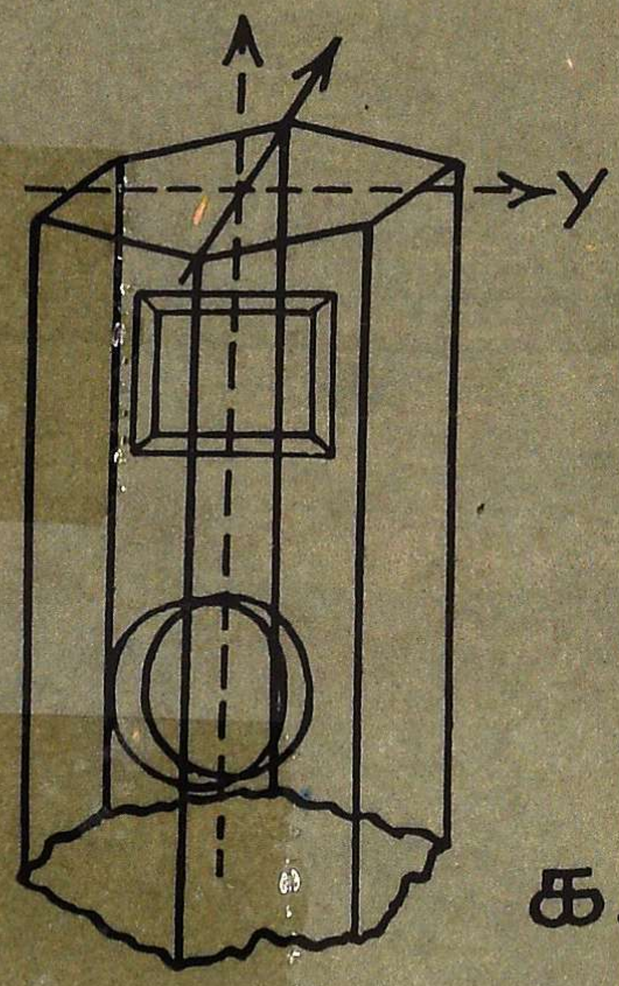
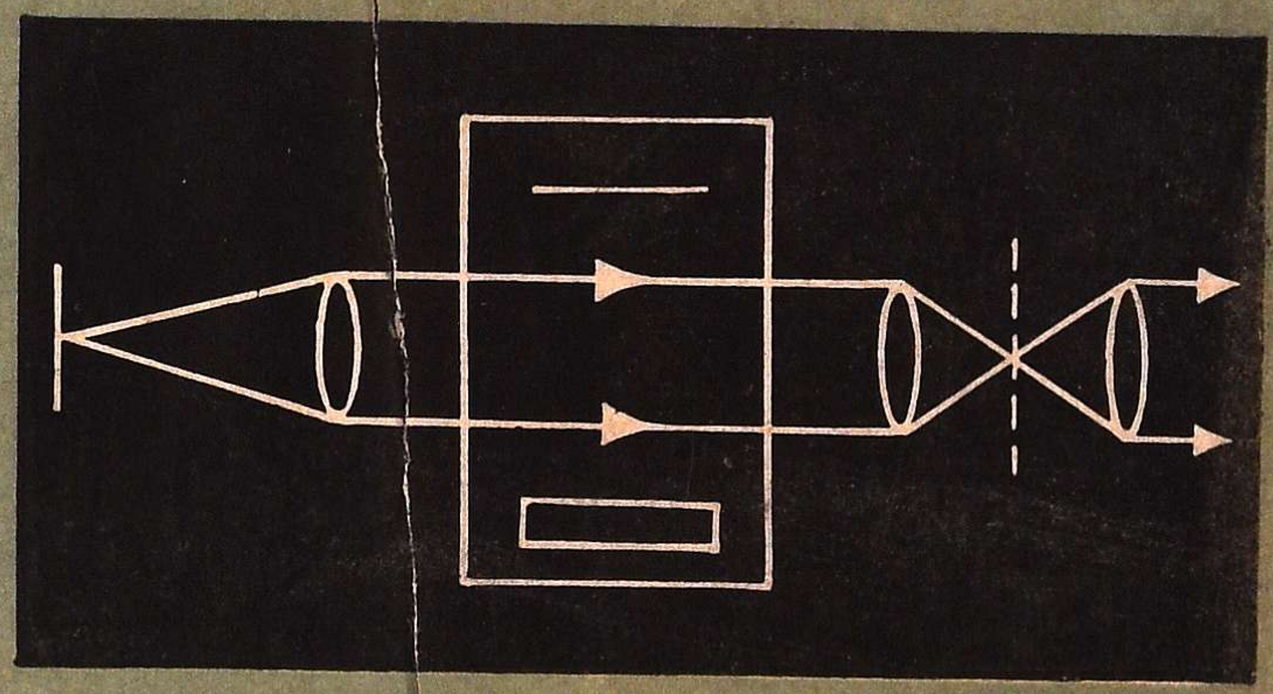
மீயொலி

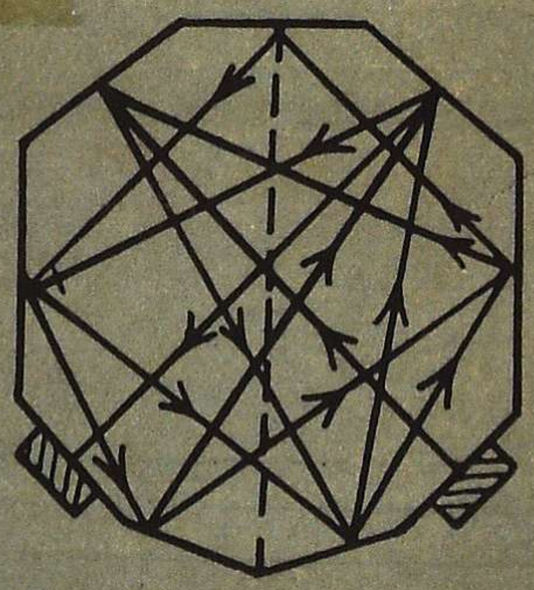
ஓர் அறிமுகம்

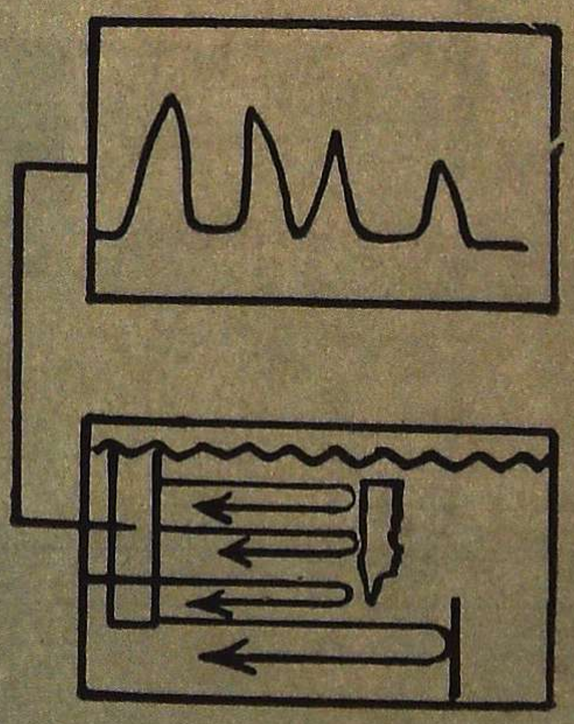
(AN INTRODUCTION TO ULTRASONICS)





க.ப. இரத்தினம்





தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க.வெ.) வரிசை எண்—608

மீயொலி — ஓர் அறிமுகம்

(பட்டப் படிப்பிற்குரியது)

ஆசிரியர்

க. ப. இரத்தினம், எம்.ஏ.,
இயற்பியல் பேராசிரியர்,
கோயம்புத்தூர் மருத்துவக் கல்லூரி,
கோயம்புத்தூர்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—February, 1975

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 608

© Tamilnadu Textbook Society

AN INTRODUCTION TO ULTRASON

K. P. RATHINAM

Price Rs. 4-90

Published by the Tamilnadu Textbook Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

Printed by
VENKATESAN PRESS,
2/65, Broadway, Madras-600001.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்
(தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினன் காண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழி லேயே கற்று வந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப் படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக, இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ் வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங் களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவை யான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இருவகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'மீயொலி—ஓர் அறிமுகம்' என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 608ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளி யான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 643 நூல்கள் வெளி வந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச் சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும். அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் முளம் கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

		பக்கம்
	தோற்றுவாய் ...	1
1.	மீசோ மின்னியல் விளைவும் படிகங்களும் ...	3
2.	படிகப் பற்றிகள் ...	33
3.	காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் ...	47
4.	மீயொலி அலையியற்றிகள் ...	53
5.	மீயொலி அலைகளைக் கண்டுணர்தலும் அளத்தலும் ...	60
6.	மீயொலி விளைவுகளும் பயன்களும் ...	95
	மேற்கோள் நூற்பட்டியல் ...	118
	கலைச்சொற்கள் ...	119

தோற்றுவாய்

மனிதச் செவிப்புலனுக்கு அப்பாற்பட்ட அதிர்வெண்களை 'மீயொலி' என்ற சொல் குறிக்கிறது. அதாவது, 20,000 (20*KHz*)-க்கும் அதிகமான அதிர்வெண்களை செவி உணராது. நவீன முறைகள் பலவற்றைப் பயனித்து அதிர்வெண் 5×10^5 *KHz* வரையிலான மீயொலி அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கலாம். காற்றில் ஒலியின் வேகம் 330 மீட்டர்/வினாடி ஆகும். காற்றில் மீயொலி அலைகளின் நீளம் 1·6 செ.மீ. முதல் $0 \cdot 6 \times 10^{-4}$ செ.மீ. வரையிலும், திரவங்களில் (ஒலியின் வேகம் ≈ 1,200 மீ./வி.) 6 செ.மீ. முதல் $2 \cdot 4 \times 10^{-4}$ செ.மீ. வரையிலும், திண்மங்களில் (ஒலியின் வேகம் ≈ 4,000 மீ./வி.) 20 செ.மீ. முதல் 8×10^{-4} செ.மீ. வரையிலும் இருக்கும். எனவே, மிகக் குறுகிய மீயொலி அலை நீளங்கள், கட்புலனாகும் ஒளி அலை நீளங்களுடன் ஒப்பிடத் தக்கன. குறுகிய அலைநீளத்தின் காரணமாக மீயொலி அலைகள் பல வகையிலும் பயன்படுகின்றன. ஒலி அலைகள் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள்—குறிப்பாக அதன் வேகத்தை அளத்தல்—குறுகலான இடத்தில் மீயொலியைப் பயனித்துச் செய்ய இயலும்; கேள் ஒலியைப் (audible sound) பயன்படுத்தி ஆராயப் பரந்த இடம் தேவை; மற்றும் சுற்றுச் சுவர்களின் விளைவுகளும் ஆராய்ச்சிக்கு இடையூறாகும். கேள் ஒலி அலைகளுக்கான விதிகள் யாவும் மீயொலிக்கும் பொருந்தும்; மேலும்; இதற்கு முன்னர்க் கேள் ஒலி வாயிலாக அறியப்படாத பல நிகழ்வுகள் (phenomena) மீயொலி வாயிலாக எழுகின்றன.

மீயொலியைத் தோற்றுவிக்கும் முறைகள்

மீயொலியைப் பலமுறைகளில் தோற்றுவிக்கலாம். மீயொலியின் அதிர்வெண் நெடுக்கத்தையும், அந்த அலைகள் அளிக்கும் திறன் வெளியீட்டையும் (power output) பொறுத்துச் செயல்முறை அமையவேண்டும். இசைக்கவை, கால்டன் ஊதல் (Galton whistle) போன்ற எந்திரவியல் அதிர்விகள் (mechanical generators) ஏறத்தாழ 10,000 ஹெர்ட்சு வரையில் பயன்படும். மின்னாற்றலால் செயல்படும் ஊதல்கள் நிரம்ப ஆற்றலைத் தரும். பாய்வாயு அலையியற்றி (gas current generator) என்ற

ஒரு தனிவகையான ஊதலும் சில சமயங்களில் பயன்படுகிறது. கண்ணாடி அல்லது உலோகத்தாலான தண்டு ஒன்றினை அதிர்வித்து மீயொலி அலைகளைத் தோற்றுவித்தல் மற்றோர் எந்திரவியல் முறையாகும்.

பொறி மின்னிறக்கம் (spark discharge) அல்லது மின்வில் சுடரைப் (electric arc) பயன்படுத்தியும் சில மீயொலி இயற்றிகள் செயல்படுகின்றன; இவை வெப்பவியல் தத்துவங்களால் அமைந்தவை; ஆனால், இவை தற்காலத்தில் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.

உயர் அதிர்வெண் மீயொலியைத் தோற்றுவிக்கப் பரவலாக இரண்டு முறைகள் பயன்படுகின்றன; இவையாவன: (1) காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் முறை (Magnetostriction method), (2) படிகங்களைப் பயன்படுத்தும் பீசோ மின்னியல் முறை (Piezo electric method). இம் முறைகள் எளிமையானவையுமாம். 30,000 ஹெர்ட்சுகள் வரிசையில் அதிர்வுகள் தேவையெனில் காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் பயன்படும். அதற்கும் மேற்பட்ட மெகாஹெர்ட்சு (*MHz*) வரிசையிலான அதிர்வுகளைத் தோற்றுவிக்கப் படிகங்கள் உதவும். இவற்றைக் கொண்டு 15*MHz* வரையிலும்கூட அதிர்வுகளைத் தோற்றுவிக்கலாம். அதற்கும் உயர்வான அதிர்வெண்களைப் பெற, படிகம் தனது மேற்சுரங்களைத் (harmonics) தரும் வகையில் அதிர்விக்கப்பட வேண்டும்.

1. பீசோ மின்னியல் விளைவும் படிகங்களும்

1–1. மீயொலியைத் தோற்றுவிக்கப் பயன்படும் படிகங்கள் (Crystals for ultrasonic use)

மீயொலி அலைகளைத் தோற்றுவிக்கப் பல வழிவகைகள் உள்ளன. இவற்றில் பரவலாகப் பயன்படுவது படிக ஆற்றல் மாற்றி (crystal transducer) ஆகும். பீசோ மின்னியல் விளைவு (Piezo-electric effect) அல்லது அத்தகையதொரு விளைவைக் காட்டும் இயற்கையான அல்லது செயற்கையான பருப்பொருளை ஈண்டுப் படிகம் (crystal) என்கிறோம்.

பீசோ மின்னியல் விளைவு மிகவும் முக்கியமானது; இயற்கையான அல்லது செயற்கையான படிகங்கள் பலவற்றில் இவ்விளைவு தோன்றுகிறது. படிகத்தின் முகங்களில் மின்னூட்டம் செலுத்தப்படப் படிகத்தின் பரிமாணங்களில் (dimensions) மாற்றங்கள் தோன்றுவதே பீசோ மின்னியல் விளைவு ஆகும்; மின்னியல் பரிமாண மாற்றவியல் விளைவையும்(electrostriction) இங்குப் பீசோ மின்னியல் விளைவுடன் சேர்த்துக் கூறுகிறோம். பேரியம் டைடனேட் (barium titanate) போன்ற படிகங்கள் மின்னியல் பரிமாண மாற்றவியல் விளைவைக் கணிசமாகக் காட்டுகின்றன. எனினும், ஒரு முறை அப் படிகங்கள் முனைவாக்கப்பட்டுவிட்டால் (polarized) அவை பீசோ மின்னியல் விளைவைக் காட்டுகின்றன.

முன்னுள்களில், திண்மங்களிலும் திரவங்களிலும் மீயொலி அதிர்வுகளைத் தோற்றுவிக்கக் குவார்ட்சு படிகங்களே பரவலாகப் பயன்பட்டன. தற்பொழுதும் அவை குறைந்த திறனுடைய (low power) மீயொலி அலைகளைத் தோற்றுவிக்கவும் ஏற்றுக்கொள்ளவும் பயன்படுகின்றன. உயர்ந்த திறன் (high power) மட்டங்களில் அப் படிகங்களைப் பயன்படுத்தும் முயற்சிகள் முற்றிலும் வெற்றிபெறவில்லை; உயர்ந்த மின்னழுத்தம்

செலுத்தப்பட, வகையான பற்றிகள் (holders) அமைத்தலில் சிக்கல்கள் தோன்றியதே இதற்குக் காரணமாகும்.

உயர் அதிர்வெண் மீயொலி அமைப்புகளில் ஆற்றல் மாற்றிக்கும் ஒரு திண்ம ஊடகத்திற்கும் இடையே தொடுகை (contact) உள்ளபொழுதோ, உயர்ந்த ஆற்றல் தேவையில்லை யெனிலோ நெட்டலைவுகள் (longitudinal waves) அல்லது சறுக்கு அலைவுகளைத் (shear waves) தோற்றுவிக்கும் குவார்ட்சு படிகங்கள் இன்றும் பரவலாகப் பயன்படுகின்றன.

குவார்ட்சு பலகைகள் (quartz plates) அடிப்படையாக அதிர்ந்து தோற்றுவிக்கும் அதிர்வுகள் சில நூறு கிலோ ஹெர்ட்சு (*KHz*) களிலிருந்து 25 மெகாஹெர்ட்சு (*MHz*) வரை யுள்ளன. அவை மேற்சுர வகைகளில் (harmonics) அதிரும் பொழுது அதிர்வெண் மேலும் பல மடங்கு உயரும்

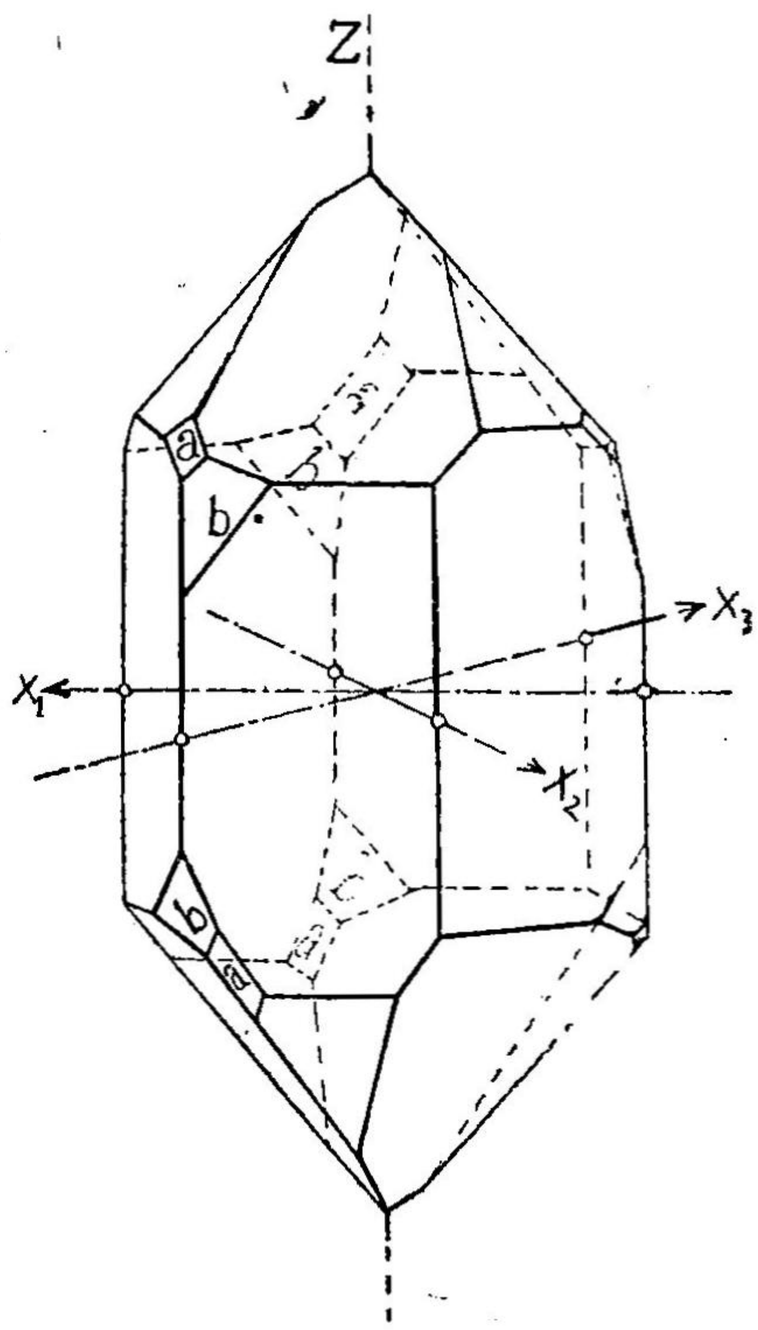
மீயொலி அலைகளைத் தோற்றுவிக்கக் குவார்ட்சைத் தவிர, ரோஷெல் உப்பும் (Rochelle salt) பயன்படுகிறது; இதனைக் குறை அதிர்வெண்களிலும், திரவங்களில் ஆழ்ந்து மூழ்கிய சோதனைகளிலும் பயன்படுத்தலாம். ரோஷெல் உப்பின் பீசோ மின்னியல் விளைவு குவார்ட்சில் தோன்றுவதைவிடப் பல மடங்கு வலிமையானது. ஆனால், ரோஷெல் படிகத்துண்டுகள் மென்மை யானவை; எனவே, எளிதில் உடையவும் சிதையவும் கூடும். ஆனால், நீர்மூழ்கிய (submarine) பயன்களில் ஆற்றல் மாற்றியை ஒரு பெட்டகம் (housing) பாதுகாக்கிறது; எனவே, ரோஷெல் உப்பினைப் பயன்படுத்தலாம்.

நீர்மூழ்கிய பயன்களுக்கென்றே சில செயற்கைப் படிகங் களைக் கண்டமைத்துள்ளனர். இவற்றில் பேரியம் டைடனேட், லிதியம் சல்ஃபேட் இரண்டும் தொழில் வழிப் பயன்களில் (industrial applications) பரவலாகப் பயன்படுகின்றன. நீண்ட உழைப்பு, சிக்கனம், எளிதில் தயாரித்தல், எளிமை என்று எதை நோக்கினும், குவார்ட்சு படிகமே மீயொலி அலையியற்றிகளில் பயன்பட சிறந்தது. அதிலும், நெட்டலைவுகளைத் தோற்று விக்கும் *X*-வெட்டுப் படிகமே (*X*-cut crystal) பரவலாகப் பயன் படுகிறது.

1–2. பீசோ மின்னியல் விளைவு

அழுத்தம் அல்லது இழுவிசைக்கு உட்பட்ட படிகங்களின் சில குறிப்பிட்ட முகங்கள் மீது மின்னூட்டங்கள் தோன்று கின்றன என்று கியூரி (Curie) சகோதரர்கள் 1880 ஆம் ஆண்டில் கண்டனர். இதுவே, பீசோ மின்னியல் விளைவு ஆகும்.

இப்படித் தோன்றும் மின்னூட்டங்கள் அவற்றைத் தோற்றுவிக்கும் எந்திரவியல் அழுத்தம் அல்லது இழுவிசைக்கு நேர் விகிதத்தில் இருந்தன; மேலும், இறுக்கும் அழுத்தம் இழுவிசையாக மாறியதால், தோன்றிய மின்னூட்டங்களின் குறியும் மாறியது. டூர்மலின், குவார்ட்சு, சின்க் பிளெண்டி, சோடியம் குளோரைடு, டார்டாரிக் அமிலம், கரும்புச்சர்க்கரை, ரோஷெல் உப்புப் படிகங்கள் இவ் விளைவைக் காட்டின. வெவ்வேறு வடிவ அமைப்புகள் உடைய வேறுபல படிகங்களிலும் இவ் விளைவு காணப்பட்டது. இவ் விளைவு காட்டும் பல படிகங்களுக்கும் பொதுவான ஒரு பண்பு உண்டு; அதாவது, இப் படிகங்களில் சமச்சீர் மையம் (centre of symmetry) இல்லை: இப் படிகங்களில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட முனைவு அச்சுகள் (polar axes) உள்ளன. படிகவியலில் (crystallography) ஒன்றுக்கொன்று பரிமாற்ற இயலாவண்ணம் இருமுனைகள் உடைய ஒரு திசை (அல்லது அச்சு) முனைவு அச்சு எனப்படும்;—அதாவது, இரு முனைகளும் ஒத்தனவல்ல. முனைவு அச்சுக்குக் குத்தான வேறோர் அச்சினைப் பொறுத்துப் படிகத்தை 180° திருப்பினால், படிகத்தின் புதிய நிலை அதன் முந்தைய நிலையின்மீது செவ்வனே பொருந்தாது.



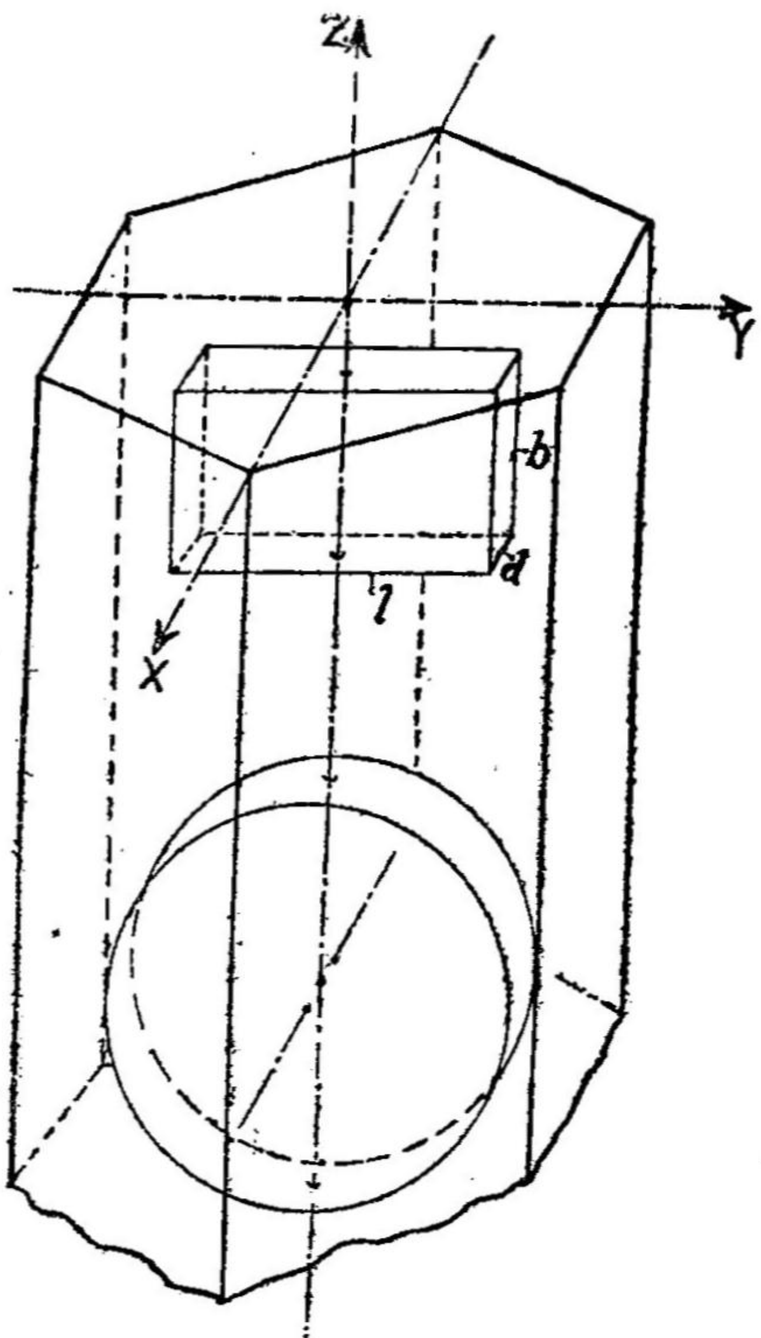
படம் 1. குவார்ட்சு படிகம்

படம் 1-ல் ஒரு குவார்ட்சு படிகம் காணப்படுகிறது. இயற்கையில்கிடைக்கும் குவார்ட்சுக்கு வேதியியல் மற்றும் இயற்பியலான நிலைப்பாடு மிக உண்டு. இரண்டு முனைகளிலும் கூம்பு வடிவம் கொண்ட அறுபக்கப் பட்டக வடிவில் இப் பட்டகம் இயற்கையில் கிடைக்கிறது. இப் படிகம் முக்கோணம் சார்ந்த (trigonal system) அமைப்புடையது.

இப் படிகத்திற்கு மூன்று முனைவு அச்சுகள் (x_1, x_2, x_3) உண்டு. இவை இரு கூருனைவை (twofold). இந்த மூன்று அச்சு

களும் ஆறு பக்கங்களுடைய பட்டகத்தின் எதிரெதிர் விளிம்புகளை இணைக்கின்றன. எதிரெதிர் விளிம்புகள் ஒத்தனவல்ல என்பது படத்தினின்றும் விளங்கும். ஒரு விளிம்பில் *a* மற்றும் *b* எனப் பெயரிட்ட பகுதிகள் அதற்கு எதிர்விளிம்பில் இல்லை என்பது காண்க. *X*-அச்சுகளை மின்னியல் அச்சுகள் (electrical axes or Piezo axes) என்றும் வழங்குவர்.

நான்காவது அச்சு—*Z* அச்சு—முக்கூருனது (threefold); இது முனைவு அச்சு அன்று. ஏனெனில், மூன்றிலொரு *X*-அச்சைப் பொறுத்துப் படிகத்தை 180° சுழற்றினால் அதன் இருநிலைகளும்ஒன்றன்மீதொன்று பொருந்தும். *Z*-அச்சைப் பொறுத்துப் படிகத்தில் ஒளியியல் சமச்சீர் (optical symmetry) உண்டு; எனவே, அதனை ஒளியியல் அச்சு என்றும் வழங்குவர். பட்டகத்தின் பக்கங்களுக்குக் குத்தான கோடுகள் *Y*-அச்சுகள் அல்லது எந்திரவியல் அச்சுகள் எனப்படும்.



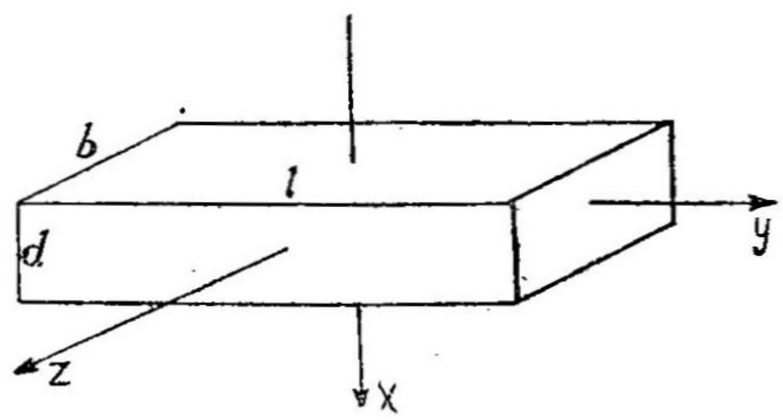
படம் 2.
குவார்ட்சு படிகத்தில் பலகையும் வட்டும் வெட்டுதல்

படிகத்தின் புற வடிவத்திலிருந்துமட்டுமன்றி, அவ் வச்சுகளின் முனைகளில் இயற்பியல் மற்றும் வேதியியல் பண்புகள் வெவ்வேறானவை என்பதனின்றும்கூட முனைவு அச்சுகளை இனம் காணலாம். அழுத்தம் அல்லது இழுவிசையால் படிகத்தில் மீட்சியியல் தகைவு ஏற்படுத்தினால், முனைவு அச்சுகளின் முனைகளில் (அல்லது அவற்றுக்குக் குத்தான தளங்களில்) எதிரெதிரான மின்னூட்டங்கள் தோன்றுகின்றன.

படிகத்தின் பீசோ மின்னியல் விளைவிற்குக் காரணத்தைச் சுருங்கக் கூறலாம். முனைவு அச்சின் திசையில் அழுத்தம் அல்லது இழுவிசை செயல்பட, படிக அணிக்கோவை (crystal lattice) தளங்களில் உள்ள அயனிகள் வெவ்வேறு அளவிற்கு

இடப் பெயர்ச்சி அடைகின்றன. எனவே; நிகரமாகத் தனி மின்னூட்டங்கள் (free charges) தோன்றுகின்றன.

பெருமமான மின்னூட்டங்கள் முனைவு அச்சின் முனைகளில் தான் தோன்றுகின்றன என்று தெரிவதால், பீசோ மின்னியல் தண்டுகள் அல்லது பலகைகளின் இரண்டு இணையான முகங்கள் முனைவு அச்சின் முனைகளுக்குக் குத்தாக இருக்கவேண்டும். படம் 2-ல் இத்தகைய செவ்வக அல்லது உருளையான பலகைகளைப் படிகத்திலிருந்து வெட்டும் வகை காட்டப்பெற்றுள்ளது. படத்தில் விளிம்பு *d* முனைவு அச்சு *X*-க்கு இணையாகவும், விளிம்பு *b* ஒளியியல் அச்சு *Z*-க்கு இணையாகவும், நீளம் *l* ஆனது அச்சு *Y*-க்கு இணையாகவும் உள்ளன. இவ்வாறு வெட்டப்பட்ட குவார்ட்சு பலகை படம் 3-ல் தனியே காணப்



படம் 3. குவார்ட்சு பலகையில் அச்சுகள்

படுகிறது. இதனை *X*-வெட்டு (*X*-cut) என்பர். பலகையின் முகங்கள் *Y*-அச்சுக்குக் குத்தாக விருப்பின் அதனை *Y*-வெட்டு (*Y*-cut) என்பர்.

X-வெட்டு பலகையைக் கொண்டு பின்வரும் விளைவுகளைச் சோதனையிட்டுக் காணலாம்:

(1) *X*-அச்சுத் திசையில் செலுத்தப்படும் அழுத்தமானது, அந்த அச்சுக்குக் குத்தான *bl* என்ற இருமுகங்களில் ஒன்றில் நேர் மின்னூட்டத்தையும் மற்றதில் எதிர் மின்னூட்டத்தையும் தோற்றுவிக்கும். இதனை நீளவாகு பீசோ மின்னியல் நேர் விளைவு (Longitudinal direct Piezo electric effect) என்று வழங்கப்படும்.

(2) *Y*-அச்சுத் திசையில் செலுத்தப்படும் இழுவிசையானது *bl* என்ற இருமுகங்களில் முன்போலவே முறையே நேர் அல்லது எதிர்மின்னூட்டங்களைத் தோற்றுவிக்கும். இது குறுக்குப் பீசோ மின்னியல் நேர் விளைவு (Transverse direct Piezo electric effect) எனப்படும்.

(3) முதல் சோதனையில் இழுவிசையும், இரண்டாவதில் அழுத்தமும் செலுத்தப்பட்டால் முகங்கள் *bl*-ல் தோன்றும் மின்னூட்டங்களின் குறிகள் மாறிவிடும்.

(4) *Z*-அச்சுத் திசையில் செலுத்தப்படும் அழுத்தமோ இழுவிசையோ எந்தவிதப் பீசோ மின்னியல் விளைவையும் தோற்றுவிக்காது.

பீசோ மின்னியல் விளைவுகள் நேர்–எதிர் பண்பு (reversible) உடையவை. இந்த எதிர் விளைவு இருக்கக்கூடும் என்று 1881-ல் லிப்மன் (Lippmann) வெப்ப இயக்கவியல் கொள்கையினின்றும் கணித்துக் கூறினர். சின்னுள்களுக்குப் பிறகு கியூரி சகோதரர்கள் இந்த எதிர் விளைவு குவார்ட்சு படிகத்தில் தோன்றுவதைக் கண்டனர். எதிர்விளைவைப் பின்வரும் சோதனையாற் காணலாம். ஒரு மின்புலத்தினுள் அதன் திசைக்கு இணையாக பீசோ அச்சு இருக்குமாறு ஒரு குவார்ட்சு படிகத்தைக் கொண்டு செல்ல, அப் படிகம் சுருங்குவது அல்லது விரிவது தெரியவரும். இந்த விளைவைப் பின்வருமாறு பகுத்தறியலாம். படம் 3-ல்,

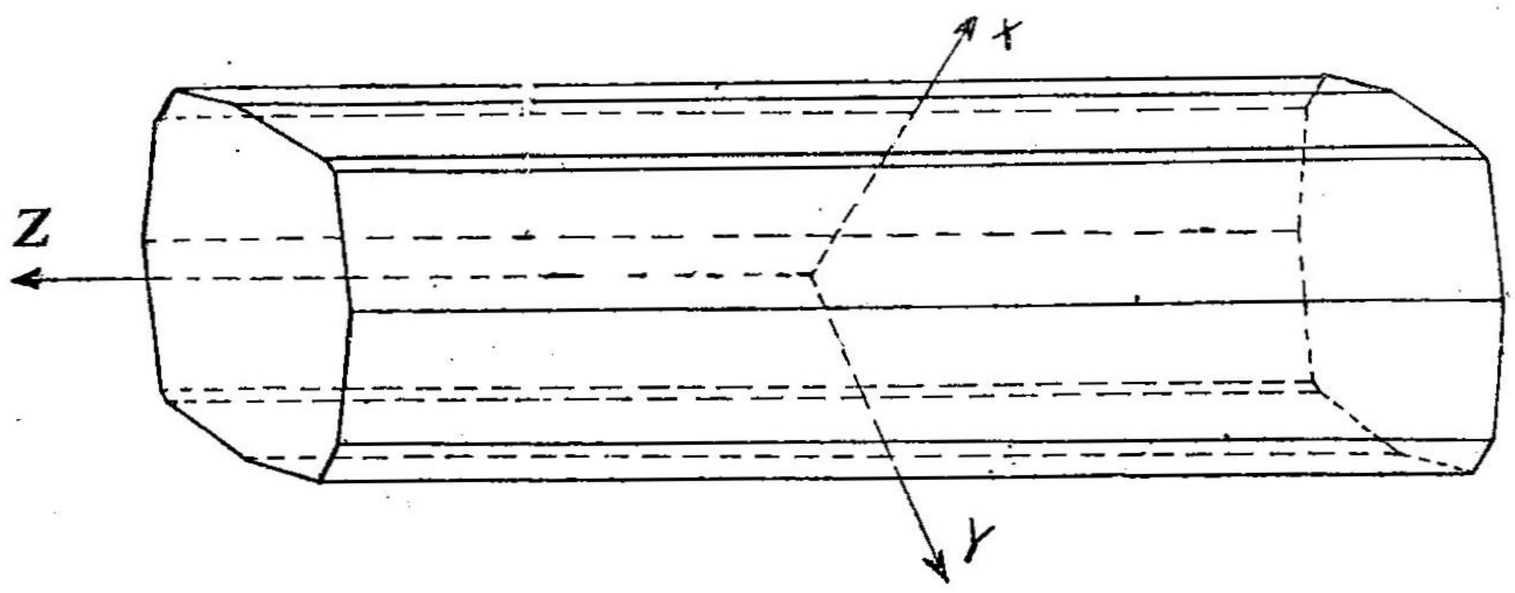
(1) முகம் *bl* மீது நேர் மின்னூட்டமும் அதற்கு எதிர் முகத்தில் எதிர் மின்னூட்டமும் இருப்பின், படிகமானது *X*-அச்சுத்திசையில் விரிவடையும். இது நீளவாகு பீசோ மின்னியல் எதிர் விளைவு ஆகும்.

(2) முகம் *bl* மீது நேர் மின்னூட்டமும், அதற்கு எதிர் முகத்தில் எதிர் மின்னூட்டமும்இருப்பின், படிகமானது *Y*-அச்சுத் திசையில் சுருங்கும். இது குறுக்குப் பீசோ மின்னியல் எதிர் விளைவு ஆகும்.

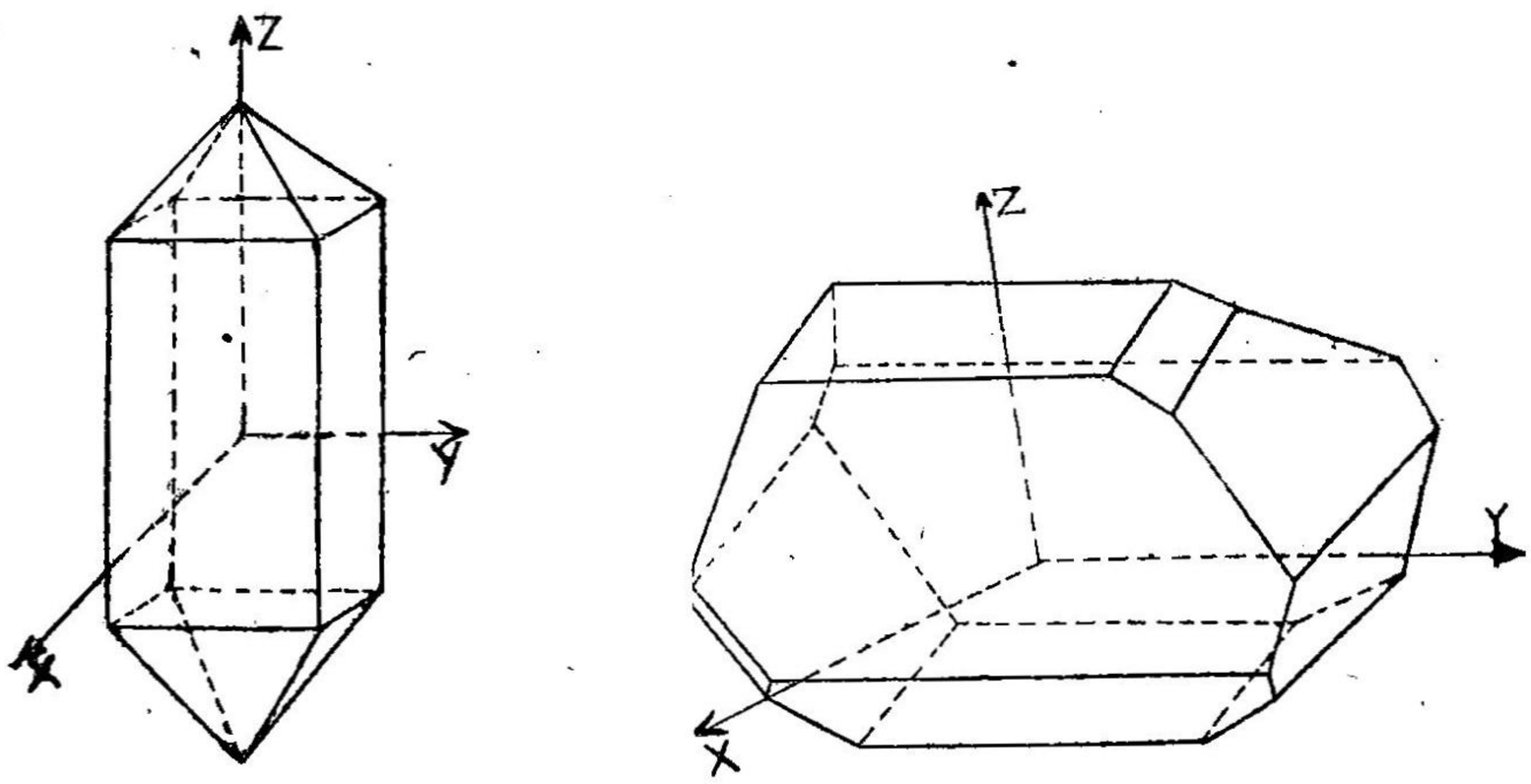
முகங்களின் மீதுள்ள மின்னூட்டங்களின் குறி மாறினால் விரிவு சுருக்கமாகவும், சுருக்கம் விரிவாகவும் மாறிவிடும் என்பது தெளிவு. எதிரெதிரான முகங்கள் *bl* இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு *u*-வினால் தோன்றும் விரிவு அல்லது சுருக்கம் δ-வை (delta) வாய்ட் (Voigt) சொன்ன வழியில் கணக்கிடலாம். நீளவாகு விளைவிற்கு $\delta = d_{11}\, u$ மற்றும் குறுக்கு விளைவிற்கு $\delta = d_{12}\, u\, \frac{l}{d}$ ஆகும். இங்கு d_{11} மற்றும் d_{12} என்பன பீசோ மின்னியல் குணகங்களாம் (piezo electric modulus) பீசோ மின்னியல் குணகம் = முகங்களிடையே ஓரலகு மின்னழுத்த வேறுபாடு தோற்றுவிக்கும் சுருக்கம் அல்லது விரிவு. குவார்ட்சுக்கு $d_{11} = -d_{12} = -\frac{6 \cdot 9}{3} \times 10^{-12}$ MKS அலகுகள் ஆகும். நீளவாகு விளைவில் படிகத்தின் எந்திரவியல் மாற்றங்

கள் அதன் பரிமாணங்களைப் பொறுத்தல்லாமல், செலுத்தப் படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைச் சார்ந்துள்ளது. இதனில் 3;000 வோல்ட் இழுவிசை (மின்னழுத்தம்) X-அச்சுத்திசையில் செலுத்தப்பட்டால், $6 \cdot 36 \times 10^{-7}$ செ.மீ. சுருக்கம் அல்லது விரிவு ஏற்படும். இவ் விளைவு மிகச் சிறியதாயிருப்பதால் பீசோ மின் னியல் எதிர் விளைவை நேரிடையாகக் காண்பதரிது; மீநுட்ப வுணர்வு கொண்ட எந்திரவியல் அல்லது ஒளியியல் கருவிகளா லேயே கண்டறிய இயலும்.

குவார்ட்சு மட்டுமன்றி, டூர்மலின் படிகமும் பீசோ மின்னி யல் மீயொலி அலையியற்றிகள் அமைக்கப் பயன்படும். டூர்ம லினும் முக்கோணம் சார்ந்த அமைப்புடையதே. டூர்மலினில்



(அ)



(ஆ) (இ)

படம் 4. (அ) ரோஷெல் உப்பு,
(ஆ) பேரியம் டைடனேட் மற்றும் (இ) லிதியம் சல்பேட்டின் அச்சுகள்

ஒரேயொரு முனைவு அச்சுதான் உண்டு; அதுவும், ஒளியியல் அச்சுடன் ஒன்றுகிறது. எனவே, டூர்மலினுக்கான எண் கோவைகள் எளிமையானவை. டூர்மலினின் பீசோ மின்னியல்

குணகம் — $\frac{5 \cdot 77}{3} \times 10^{-12}$ MKS அலகுகளாம். பீசோ மின்னியல் டூர்மலின் பலகைகள், அவற்றின் முகங்கள் ஒளியியல் அச்சுக்குக் குத்தாக இருக்குமாறு வெட்டப்படுகின்றன.

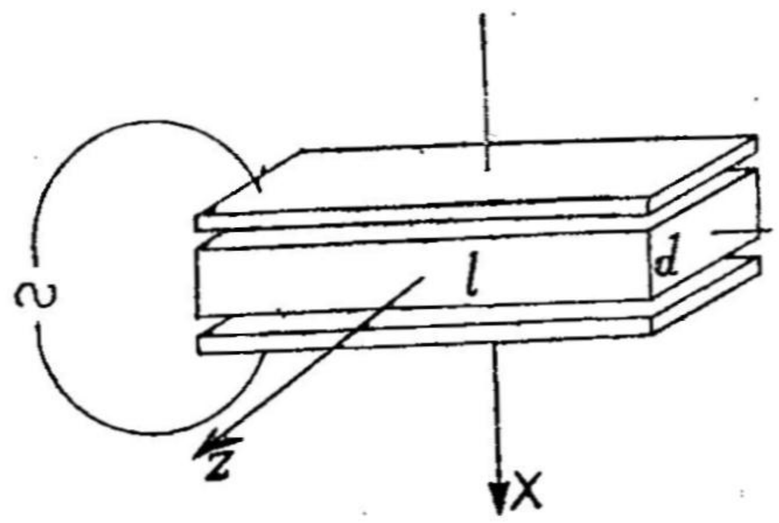
1-3. குவார்ட்சைத் தவிர, ரோஷெல் உப்பும் மீயொலி அலையியற்ற உதவும்

குறைந்த அதிர்வெண் நெடுக்கத்திலும், நீர்மூழ்கிய பயன்களிலும் ரோஷெல் உப்புப் பயன்படுகிறது. ரோஷெல் உப்பில் தோன்றும் பீசோ மின்னியல் விளைவு குவார்ட்சில் தோன்றுவதைவிடக் கணிசமாக உயர்ந்திருக்கும். ஆனால், இவை மென்மையானவை; எனவே, எளிதில் உடையவும் சிதையவும் கூடும். நீர்மூழ்கிய பயன்களில் ஆற்றல் மாற்றியிலுள்ள படிகம் ஒரு பெட்டகத்தினுள் வைக்கப்படுவதால், அதனில் ரோஷெல் உப்பைப் பயன்படுத்தலாம். இதன் வடிவமைப்பும் அச்சுகளும் படம் 4-ல் காணப்படுகின்றன. ரோஷெல் உப்பின் பீசோ மின்னியல் குணகம் $d_{14} = \frac{1000}{3} \times 10^{-12}$ MKS அலகுகள் ஆகும்.

படம் 4-ல் காணப்படும் பேரியம் டைடனேட் மற்றும் லித்தியம் சல்ஃபேட் படிகங்களும் ஆற்றல் மாற்றிகளில் அதிரும் படிகங்களாகப் பயன்படுகின்றன. பேரியம் டைடனேட்டின் பீசோ மின்னியல் குணகம் $d_{15} = 250 \times 10^{-12}$ MKS அலகுகள் ஆகும்; அதுவே லித்தியம் சல்ஃபேட்டுக்கு $d_{14} = \frac{11 \cdot 3}{3} \times 10^{-12}$ MKS அலகுகளாம்.

1-4. அதிரும் பீசோ படிகம் (The vibrating Piezo crystal)

ஒரு மின்தேக்கியின் (condenser) இரண்டு தகடுகளுக்கிடையே குவார்ட்சு படிகத்தை வைத்து, அத் தகடுகளை மாறு



படம் 5.

மின்புலத்தைத் தோற்றுவிக்கும் மின்வாய்களிடையே குவார்ட்சுப் பலகை

திசை மின்னியக்கு விசைக்குட்படுத்துவோம். மின்புலத்தின் திசை பீசோ மின்னியல் அச்சுடன் ஒன்றுமாறு அமைப்பு உள்ளது

(படம் 5). மாறுதிசை மின்புலத்தின் ஓர் அரை சைக்கிளில் குவார்ட்சு இறுக்கப்படும்; மற்ற அரை சைக்கிளில் அதே அளவிற்கு அது விரிவுபடும். எனவே, மின்புலத்தின் அதிர் வெண்ணுடன் — அல்லது சமமான அலைவு நேரத்துடன் — குவார்ட்சும் மீட்சியியல் அலைவுகளுக்குட்படும்; மின்புல அதிர் வெண்ணும், குவார்ட்சின் இயல்பு அதிர்வெண்ணும் சமமாயின் அலைவுகள் பெரும வீச்சுடன் (இயைவுடன்—resonance) நிகழும். நீளவாகு மற்றும் குறுக்குப் பீசோ மின்னியல் அதிர்வுகள் என இருவகை இருப்பதால், குவார்ட்சு தோற்றுவிக்கும் அலைவு களில் இருவகைகளுண்டு.

(1) குவார்ட்சு *X*-திசையில் நீளவாகு மீட்சியியல் அதிர்வு களுக்குட்படுகிறது. இவற்றைத் 'தடிப்பு அதிர்வுகள்' (thickness vibrations) எனலாம்.

(2) குவார்ட்சு *Y*-திசையில் நீளவாகு மீட்சியியல் அதிர்வு களுக்குட்படுகிறது. இதனை 'நீள அதிர்வுகள்' (length vibrations) எனலாம்.

தடிப்பு அதிர்வுகளின் மீட்சியியல் இயல்பு அதிர்வெண் $N_d = \frac{1}{2d}\sqrt{\frac{C_{11}}{\rho}}$ என்ற சமன்பாட்டால் தரப்பெறும்.

இங்கு d செ.மீ. = தகட்டின் தடிப்பு;

ρ $\frac{\text{கிராம்}}{\text{க.செ.மீ.}}$ = அடர்த்தி.

C_{11} $\frac{\text{டைன்}}{\text{ச.செ.மீ.}}$ = குறிப்பிட்ட திசையில் மேற்சொன்ன அதிர்வுகளுக்கான மீட்சியியல் குணகம் ஆகும்.

குவார்ட்சுக்கு $\rho = 2 \cdot 65$ கிராம் / க.செ.மீ. மற்றும்

$C_{11} = 85{\cdot}46 \times 10^{10}$ டைன் / ச.செ.மீ. = 8711 $\frac{\text{கி. கிராம்}}{\text{ச.மி.மீ.}}$.

எனவே, $N_d = \frac{2,85,500}{d}$ ஹெர்ட்சுகள்.

இதுபோன்றே 'நீள அதிர்வுகளுக்கு' அடிப்படை இயல்பு அதிர்வெண் $N_l = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ ஆகும்.

இங்கு $E = 7871$ கி. கிராம் / ச.மி.மீ. எனவே,

$N_l = \frac{2,72,500}{l}$ ஹெர்ட்சுகள்.

$N_d d$ மற்றும் $N_l l$ என்ற பெருக்குத் தொகைகள் அதிர்வுகள் நிகழும் குறிப்பிட்ட திசைகளுக்கான மாறிலிகளாம். இவற்றை 'அதிர்வுக் குணகங்கள்' (vibration coefficients) என்பர்.

இயைவு (ஒத்ததிர்வு) நிகழும்பொழுது மின்புலத்தின் அதிர் வெண் N-க்குச் சமமாகும். அதாவது,

$$N_d = N_l l = f_{\text{மின்னியல்}} = \frac{C}{\lambda_{\text{மின்னியல்}}}$$ இங்கு $C = 3 \times 10^{10}$ செ.மீ./வினாடி; மற்றும் $\lambda_{\text{மின்னியல்}}$ = மாறுதிசை மின்புலத்தைத் தோற்றுவிக்கும் மின்னியல் அலைவுகளின் அலை நீளம் ஆகும். மேற்கண்ட சமன்பாடுகளை ஆராய,

$\frac{\lambda_{\text{மின்னியல்}}}{d} \approx 1{,}05{,}000$; $\frac{\lambda_{\text{மின்னியல்}}}{l} \approx 1{,}10{,}000$ எனப் பெறப்படும். நடைமுறையில் λ ஆனது மீட்டரிலும், d அல்லது l மில்லிமீட்டரிலும் அளக்கப்படுவதால், 'அலைக் குணகங்கள்' (wave coefficients)

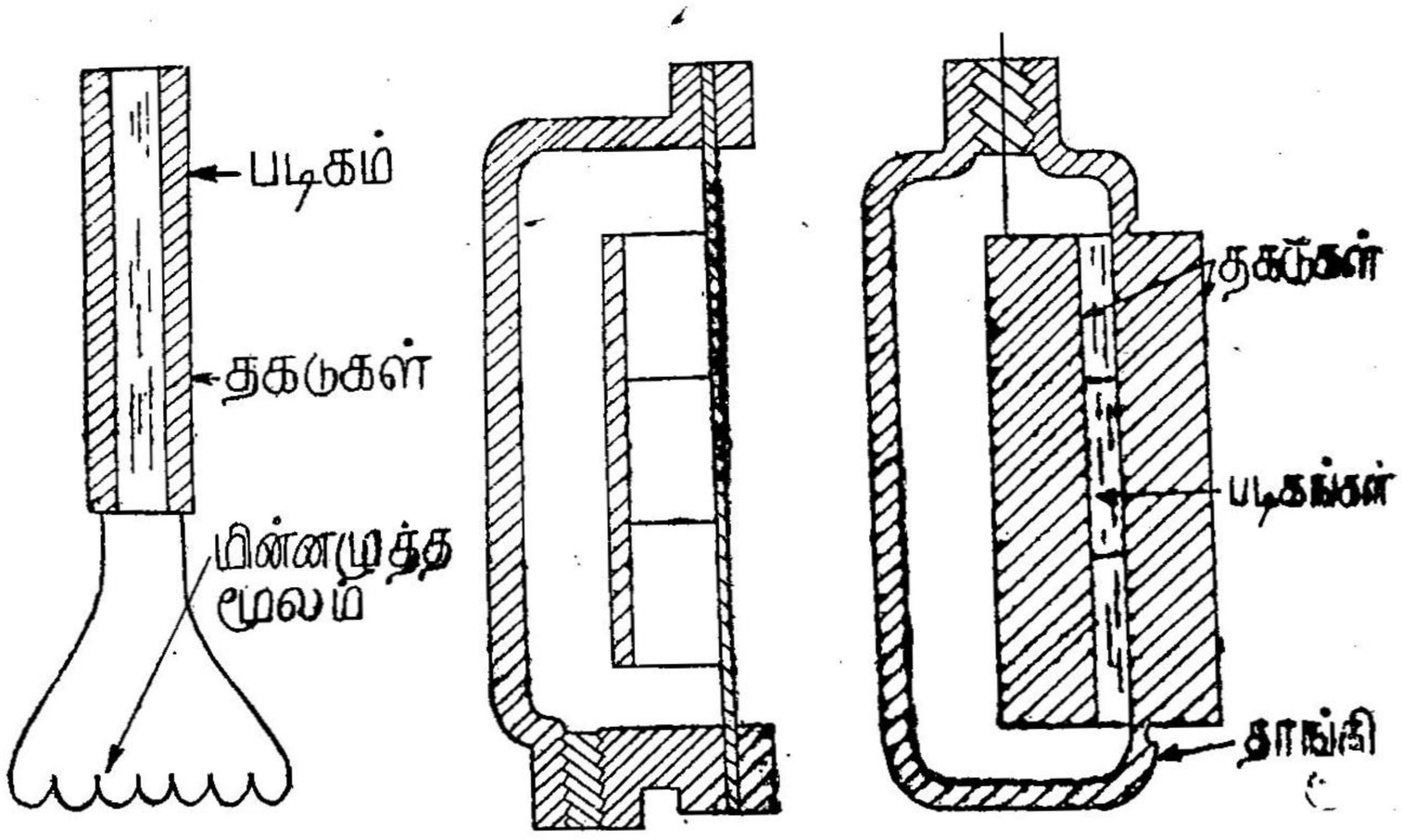
$\frac{\lambda^{\text{மீ.}}_{\text{மின்னியல்}}}{d^{\text{மி.மீ.}}} \approx 105$; $\frac{\lambda^{\text{மீ.}}_{\text{மின்னியல்}}}{l^{\text{மி.மீ.}}} \approx 110$

ஆகின்றன. (மீ.—மீட்டர்; மி.மீ.—மில்லி மீட்டர்).

இந்த எளிய தொடர்புகளையும், குவார்ட்சு பலகைகள் அல்லது தண்டுகளின் நீளம், அகலம், தடிப்பு ஆகியனவற்றை யும் கொண்டு, அப் படிகங்களில் எந்திரவியல் அதிர்வுகளைத் தோற்றுவிக்கத் தேவையான மின்னியல் அலைவுகளின் அலை நீளத்தைக் கணக்கிடலாம். மேற்சொன்ன தொடர்புகள் தோராயமானவையே; ஏனெனில், ஒரு திசையில் படிகம் விரிய அதற்குக் குத்தான திசையில் சுருக்கம் ஏற்படுவதை இத் தொடர்புகள் கணக்கிலெடுக்கவில்லை. சோதனைகளின் மூலம், தடிப்பு d உள்ள ஒரு குவார்ட்சு பலகையின் தடிப்பு அதிர்வு களுக்கு அடிப்படை அதிர்வெண் $N_d = \frac{287 \pm 5}{d}$ KHz என்றும், நீளம் l உடைய குவார்ட்சுத் தண்டின் Y-திசையில் நெட்டலைவு களுக்கு அடிப்படை அதிர்வெண் $N_l = \frac{278 \cdot 5 \pm 30}{l}$ KHz என்றும் தெரிய வந்துள்ளன.

குவார்ட்சு படிகம் காற்றில் அதிரும்பொழுது அதன் இயைவின் கூர்மை மிக அதிகம். லாகரிதத் தடையுறுதல் (logarithmic damping) 10^{-4} என்ற வரிசையில் உள்ளது. குவார்ட்சு, டூர்மலின், ரோஷெல் உப்பு மற்றும் சில பீசோ மின்னியல் படிகங்களுக்கான லாகரிதத் தடைக்கூறுகள் (logarithmic damping decrements) கோக்கெல் (Gockel) என்பவரால் நிர்ணயிக்கப்பட்டன. ஒலியின் திசைவேகம் குறையும் பொழுது தடையுறுதல் பொதுவாகவே கூடுகிறது என்றும், படிகத்தளத்தின் தன்மையை அதிகமாகச் சார்ந்துள்ளது என்றும் கோக்கெலின் சோதனைகளிலிருந்து தெரிந்துள்ளது. படிகத்திற்குத் தரப்படும் வார்னிஷ் (varnish) பூச்சுகூடத் தடையுறுதலை உயர்த்தப் போதுமானது. தடைக்கூறின் மிகக் குறைந்த மதிப்பு காரணமாக, அதிர்வூட்டும் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்திற்கும், குவார்ட்சின் இயல்பு அதிர்வெண்ணிற்கும் இடையே மிக நல்ல இயைவு ஏற்படுத்த வேண்டியுள்ளது. இயைவுக் கூர்மை உயர்வாதலின், உயர் அதிர்வெண்களில் ஒத்ததிர்வு தரும் குவார்ட்சு படிகங்கள் அதிர்வெண் படித்தரம் (standardisation of frequency) காணப் பயன்படுகின்றன.

படிகங்களின், ஒலி அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும் பண்பில் தான் நமக்கு நாட்டம் உண்டு. படிகங்களின் நீளவாகு அலைவுகள், தடிப்பு அலைவுகள் இரண்டுமே ஒலி அலைகளைத்



படம் 6. லான்ஜிவின் ஆற்றல் மாற்றிகள்

தோற்றுவிக்கப் பயன்படுகின்றன. குவார்ட்சுத் தண்டொன்று நீளவாகு அலைவுகளுறும் பொழுது, ஒலியானது அதன் முனை முகங்களிலிருந்து வெளிப்படுகின்றது. தடிப்பு அதிர்வுகள்

எழுமாயின் தண்டின் தளத்திற்குக் குத்தான திசையில்தான் ஒலி அலைகள் பெரும்பாலும் தோன்றி வெளிப்படுகின்றன. இந்தத் தடிப்பு அலைவுகளே 200 *KHz* வரையிலான மீயொலியைத் தோற்றுவிக்கப் பெரும்பாலும் பயன்படும். இதற்குக் குவார்ட்சுப் பலகையின் தடிப்பு 13·6 மி.மீ. வரையில் இருக்கும். இதற்கும் நீளமான அலைகளைத் தோற்றுவிக்கக் குவார்ட்சுத் தண்டுகள் நெட்டலைவுகளுக்குட்படுத்தப்படும்; ஆனால், இந்த ஒலி அலைகள் அதிகமான பரப்பிலிருந்து வெளிப்பட வாய்ப்பில்லை. ஆனால், இக் குறைக்கும் லான்ஜிவின் (Langevin) ஒரு நிவர்த்தி கண்டார். சமதடிப்பு உடைய பல குவார்ட்சுப் பலகைகளை எஃகு தகடுகளுக்கிடையே ஒட்டி அந்த அமைப்பை இயல்பு அதிர்வெண்ணில் அதிரச் செய்தால் குறைவான மீயொலி அதிர்வெண்களில் ஆற்றல் மிகுந்த ஒலி அலைகளை அதிகமான பரப்பிலிருந்து பெறலாம் என்று அவர் கண்டார்.

பீசோ குவார்ட்சு படிகங்களைக் கொண்டு தோற்றுவிக்கப் படும் அதிர்வெண்களின் உயர் வரம்பு 50,000 *KHz* ஆகும். இந் நிலையில் *X*-வெட்டுமுகம் உடைய குவார்ட்சுப் படிகத்தின் தடிப்பு 0·054 மி.மீ. தான்; எனவே, எளிதில் உடையக் கூடியது. மேலும், செலுத்தப்படும் மின்புல வலிமை உயர்ந்தாலும் படிகம் சிதைவுறும். ஆனால், இந்த அதிர்வெண்ணில் டூர்மலின் படிகத்தின் தடிப்பு அதிகமாகும். டூர்மலினின் மீட்சியியல் குணகம், அதன் பீசோ அச்சுத் திசையில், $E = 16{\cdot}03 \times 10$ நியூட்டன் / ச. மீ. ஆகும். அதன் அடர்த்தி எண் 2·94-லிருந்து 3·35 வரையாகும். எனவே, d செ.மீ. தடிப்புடைய டூர்மலின் படிகத்தின் இயல்பு அதிர்வெண் $N_d = \frac{363620 \pm 9110}{d}$ H_z ஆகும்; மற்றும் $\lambda = 82{\cdot}5\ d$ ஆகும். ஆகவே, ஒரு குறிப்பிட்ட இயல்பு அதிர்வெண்ணில் பயன்படும் குவார்ட்சுபடிகத்தின்தடிப்பைப்போல, அதே அதிர்வெண்ணில் டூர்மலின் படிகத்தின் தடிப்பு 35 மடங்கு ஆகும். அடிப்படை அலைவுகளுக்கு உட்படும் பொழுது 1,50,000 *KHz* அதிர்வெண் தரக்கூடிய டூர்மலின் பலகைகள் தயாரிக்கப்படுகின்றன.

இதனைவிட உயர்வான மீயொலி அதிர்வெண்களைத் தோற்றுவிப்பதற்கு, குறைவான அதிர்வெண்ணில் படிகத்தை அதிரவைத்து அதன் மேற்சுரங்களைத்தான்கொள்ளவேண்டும். அப்பொழுது படிகம் வெளியிடும் ஆற்றல் குறையும்; ஆனால்,

சிதைவுறுமே என்ற அச்சமின்றிப் படிகத்திற்கு மிகுந்த மின்னுற்றலை ஊட்டலாம். அளவீடுகள் செய்ய வேண்டிய பொழுது, மேற்சுரங்களைத் தோற்றுவிக்கும் முறை பயனுள்ளதே; ஏனெனில், ஒரு படிகத்தைக் கொண்டே பல்வேறு மேற்சுர அதிர்வெண்களைத் தோற்றுவித்துக் கொள்ளலாம். தடிப்பைவிடப் பரப்பு பெரியதான படிகங்கள் தடிப்பு அலைவுகளுக்குட்படும் பொழுது, அதன் மேற்சுரங்களாவன ஒரு தனிச்சீர் விதியைப் (harmonic law) பின்பற்றி அமைகின்றன. படம் 3-ல் கண்டவாறு வெட்டுமுகம் உடைய குவார்ட்சுப் பலகையின் சோதனைவழி அளக்கப்பட்ட இயல்பு அதிர்வெண்கள் N_k அட்டவணை 1-ல் தரப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 1

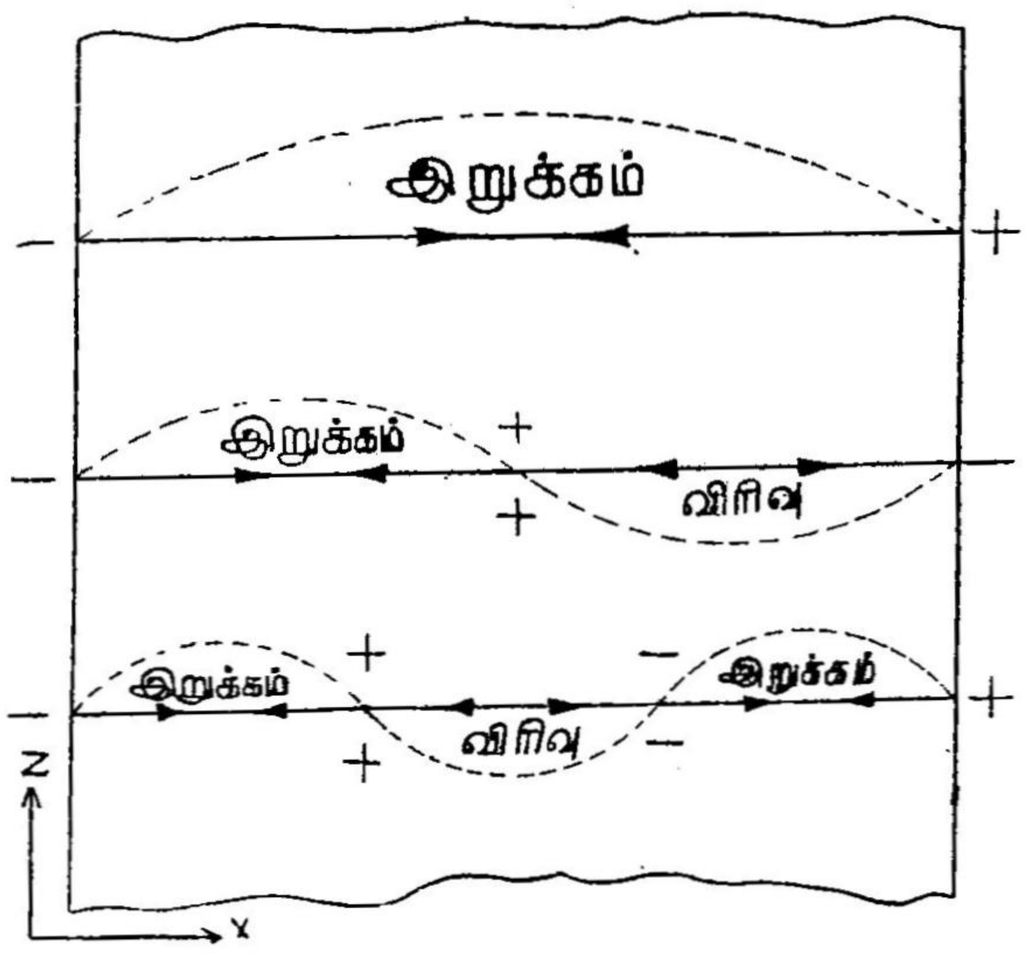
தடிப்பு அலைவுகளைத் தரும் குவார்ட்சுப் படிகத்தின் இயல்பு அதிர்வெண்கள்: அளக்கப்பட்டவையும் (N_k) மற்றும் கணக்கிடப்பட்டவையும் (N'_k).

மேற்சுர எண் k	N_k KHz	N'_k KHz	$\triangle N$ %
11	3170	3170	0·000
21	6061	6052	+ 0·148
31	8926	8934	— 0·090
41	11816	11816	0·000
51	14713	14697	+ 0·109
61	17585	17579	+ 0·034

இக் குவார்ட்சுப் பலகையின் $l=b=19{\cdot}96$ மி.மீ. மற்றும் $d=9{\cdot}9$ மி.மீ. தனிச்சீர் விதிப்படி கணக்கிட்ட அதிர்வெண் N'_kயும் இவ்விரண்டு அதிர்வெண்களுக்கிடையேயான விலகல் விகிதமும் அட்டவணையில் காணப்படுகின்றன. அலைவுகள் தனிச்சீர் விதிக்கு நன்கு கட்டுப்படுவது புலப்படும்.

ஒற்றைப்படையான மேற்சுரங்களைத்தான் வலிமையுடன் தோற்றுவிக்க இயலும்; அதுவும் பீசோ மின்னியல் படிகம் அதிர்விக்கப்படும் பாங்கினைப் பொறுத்தது. ஏனெனில், ஒற்றைப்

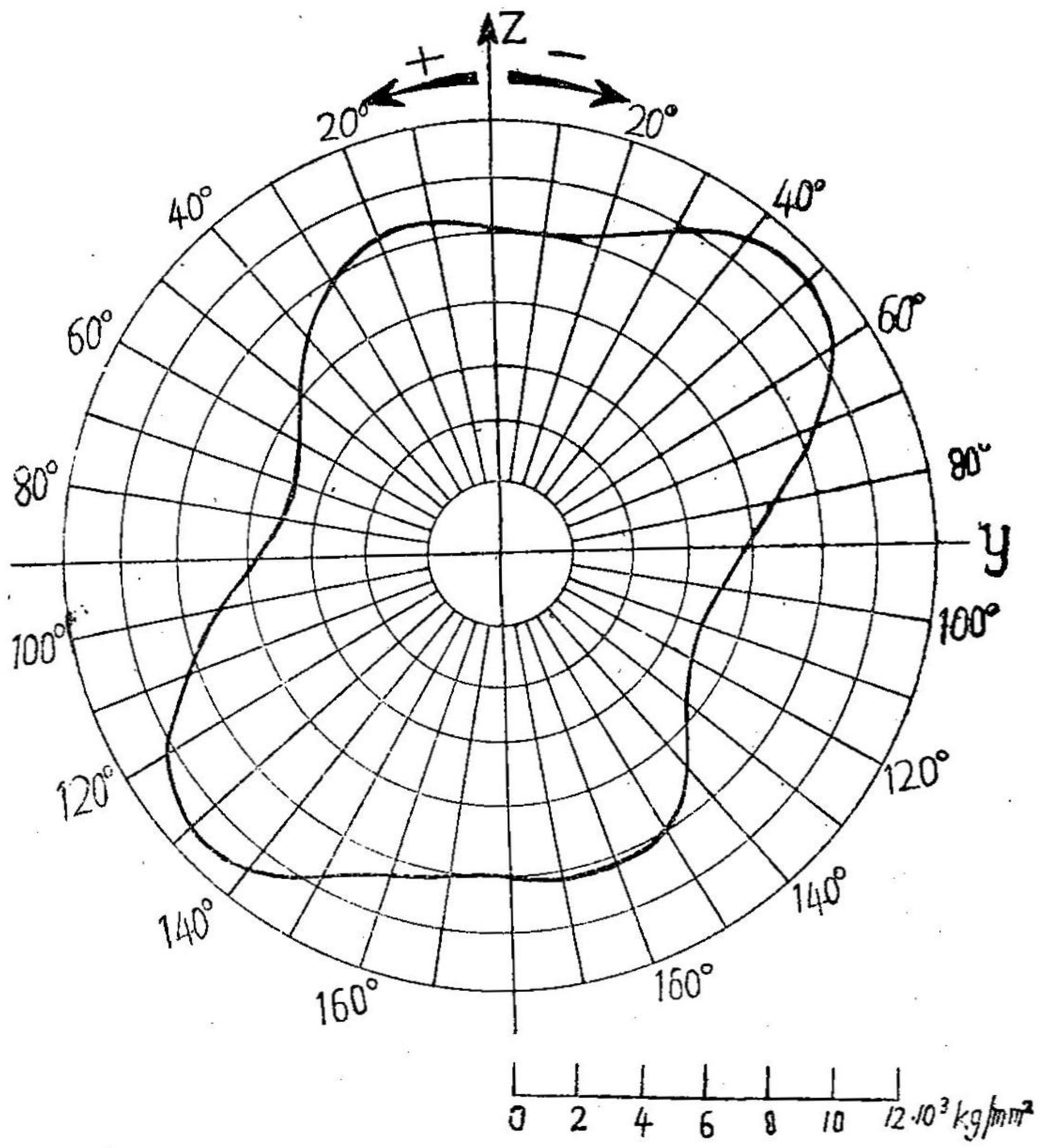
படை மேற்சுரங்கள் தோன்றும்பொழுது, படிகத்தின் இரு முகங்களிலும் எதிரெதிரான மின்னூட்டங்களுள. இடையில் தோன்றும் மின்னூட்டங்கள் ஒன்றையொன்று சமனப்படுத்தி விடும். இரட்டைப்படையான மேற்சுரம் தோன்ற வேண்டுமாயின், படிகத்தின் இருமுகங்களிலும் ஒரே வகை மின்னூட்டம் இருத்தல் வேண்டும்; மையத்தில் இவ் வகைக்கு எதிரான மின்னூட்டம் இருக்தும். இந்நிலை குவார்ட்சுப் படிகத்தில் நடைமுறையில் பெற இயலாது என்பது வெளிப்படை (படம் 7 காண்க).



படம் 7. அடிப்படையான அதிர்வெண், இரண்டாவது மேற்சுரம், மற்றும் மூன்றுவது மேற்சுரங்களில் அதிரும் குவார்ட்சினுள் மின்னூட்ட விவரணம்.

குவார்ட்சுத் தண்டுகளில் நெட்டலைவுகளை உயர்சுரங்களில் தோற்றுவிக்க இயலும். எனினும், இம் முறைகள் பயன்படுவதில்லை. ஏனெனில், தடிப்பு அலைவுகளை நிகழ்த்தும் குவார்ட்சு படிகங்களிலிருந்தே அதிக வீச்சுடைய அலைகளை அதிகமான பரப்பிலிருந்து பெற இயலும். தடிப்பு அதிர்வுகளைத் தோற்றுவிக்கும் குவார்ட்சுப் படிகத்திலிருந்து ஒலி அலைகள் வீசப்படுவதற்கு, படிகப் பலகையின் தளங்கள் அவற்றின் சமநிலைக்கு இணையாகவே முன்னும் பின்னுமாக அதிரவேண்டியது அவசியப்; அவை வடிவ மாற்றம் பெறக்கூடாது. ஆனால், அப்படி நிகழவில்லை என்று சோதனைகள் காட்டுகின்றன. தளத்தின்சில பகுதிகள் அதிகமான வீச்சுடன் அதிர, வேறு சில பகுதிகள் அதிராமலே இருப்பதும் தெரியவந்துள்ளது. ஒளியியல் ஒரு படித்தான (optically homogeneous) குவார்ட்சில்கூட வெவ்

வேறுன இயக்கம் கொள்ளும் இப் பண்பு காணப்படும். இதற்கு முக்கியக்காரணம் நெட்டலைவுகளுள்ளபொழுது குத்தான இறுக்கங்கள்(transverse contractions)தோன்றுவதேயாம். இதனல்படிகம் சிதைவுற வாய்ப்புண்டு. மேலும் Y_z தளத்தில் படிகத்தின் மீட்சியின் குணகம் E மாறிலியாக விலலை; எனவே படிகப் பலகையில் வெவ்வேறு திசைகளில் நெட்டலைவுகளின் இயல்பு அதிர்வெண்கள் வெவ்வேருக உள்ளன. ஆகவே, சிறிதளவு (distening) தோன்றினலும் பலகையின் ஒரு சில பகுதிகள் மிகு ஆற்றலுடன் அதிர்வுறும். படம் 8 கோணதூரக் கூறுகள்

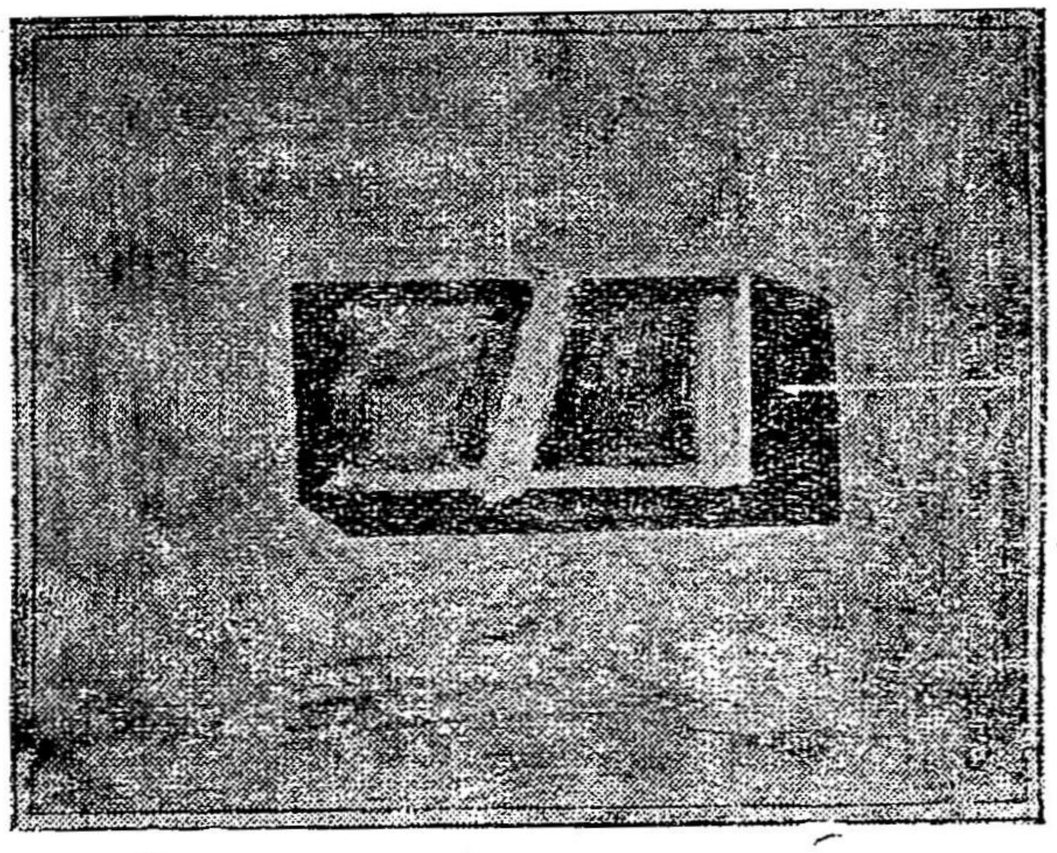


படம் 8.

குவார்ட்சின் மீட்சியியல் தளம் Y_z தளத்துடன் வெட்டுதல்

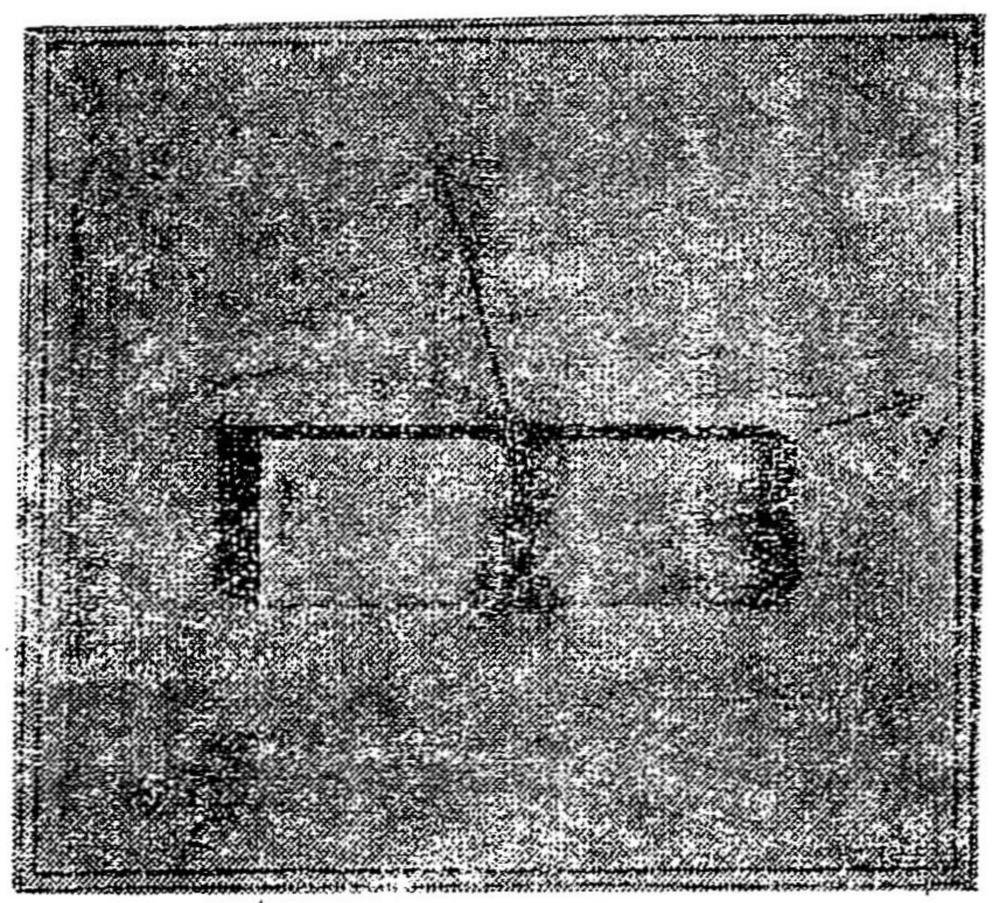
(polar coordinates) கொண்டு வரையப்பட்டது. இதனில், குவார்ட்சு படிகப் பலகையின் Y_z தளத்தில் மீட்சியியல் குணக மதிப்புகள் (கிலோ கிராம்/ச.மி. மீ.) காண்கின்றன. —48°19′ல் இக் குணகம் பெருமம் ஆகி, +71° 32′ல் சிறுமம் ஆகிறது. இப் பெரும மதிப்பு=13,050 கி. கிராம் /ச. மி. மீ. மற்றும் சிறும மதிப்பு = 7,060 கி. கிராம்/ச. மீ. ஆகும். மீட்சியியல் குணகத்

தின் பெரும, சிறும மதிப்புடைய இவ்விருதிசைகளில்தான் குவார்ட்சு பலகை அதிர்கிறது என்று சோதனைகள் காட்டுகின்றன. படம் 9-ல் கண்டவாறு வெட்டப்பட்டு நெட்டலைவுகளுக்குட்பட்ட குவார்ட்சு தண்டும், சரியான Y திசையில் அதிர்வில்லை என்று ஸ்ட்ராபெல் (Straubel) கண்டார். படம் 9-ல்



படம் 9. (அ), (ஆ)

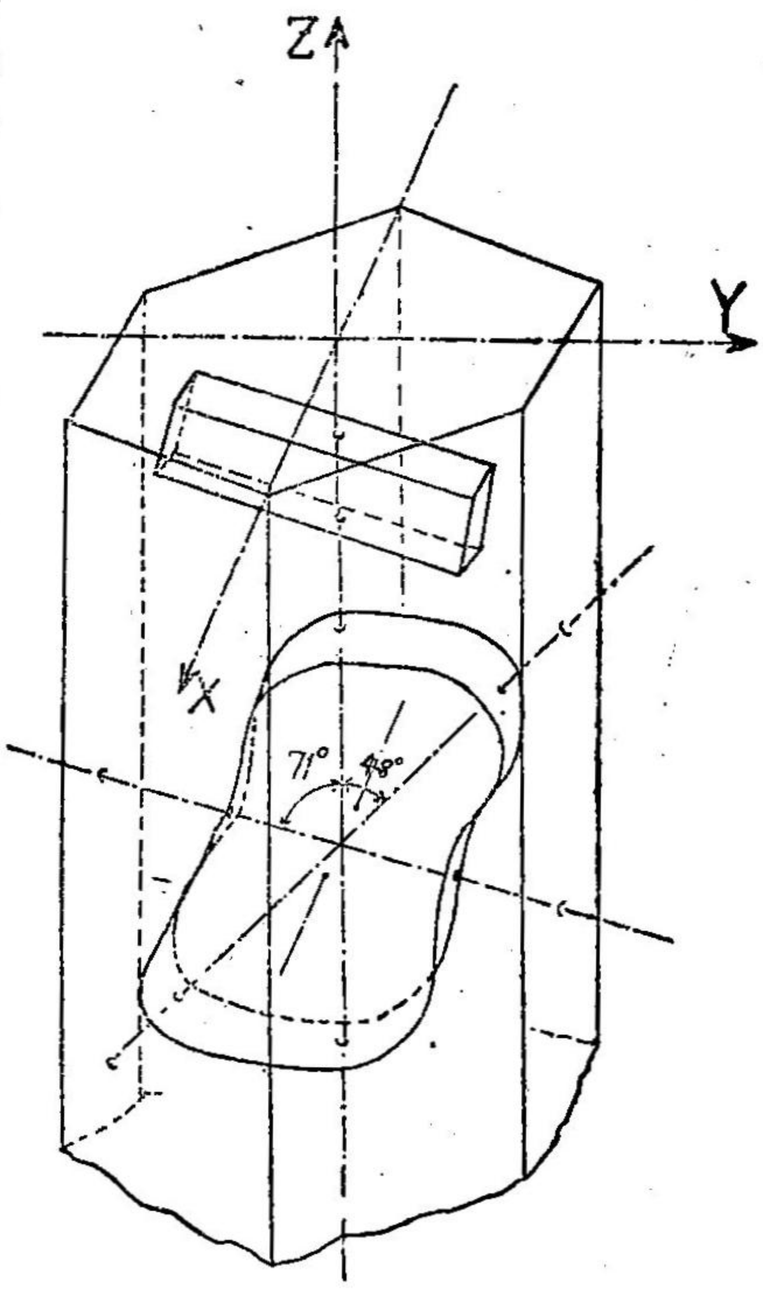
(அ) இயல்பாக வெட்டப்பட்ட குவார்ட்சு Y-திசையில் அதிரும் பொழுது அதனில் கணு



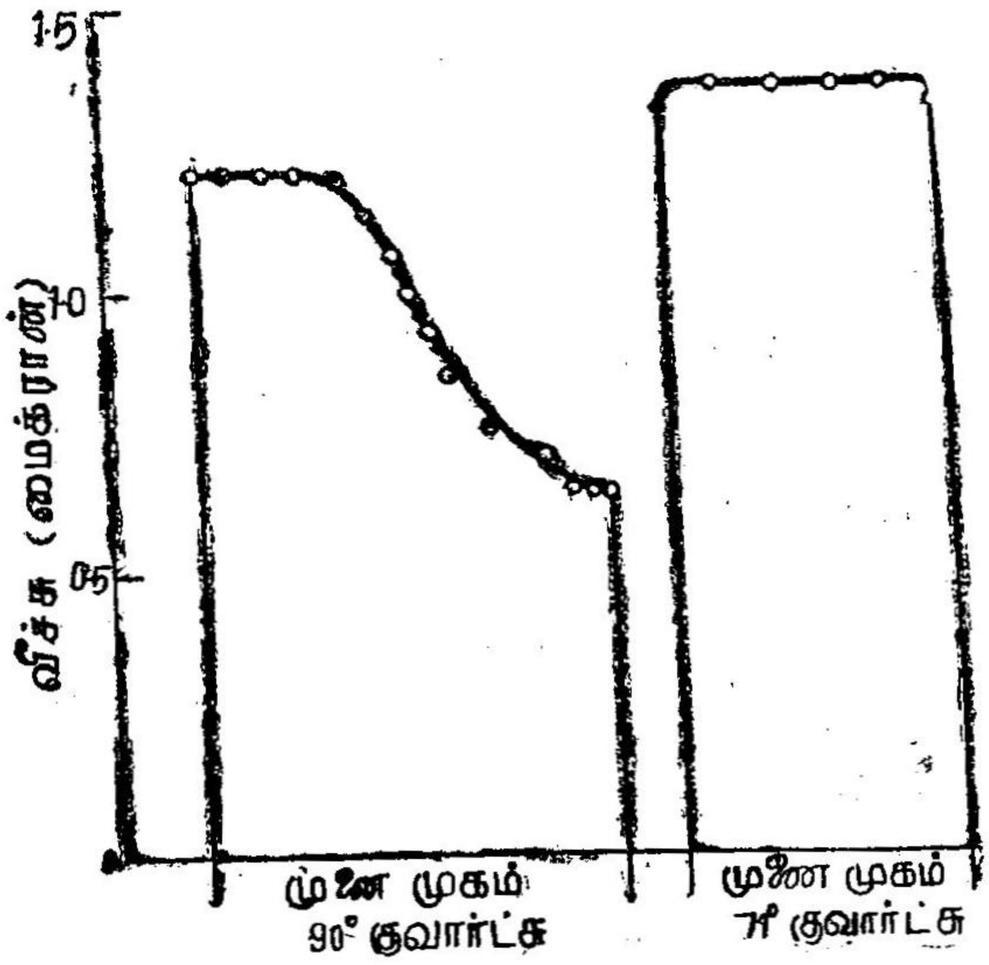
(ஆ) 71°-யில் வெட்டிய குவார்ட்சில் கணு

கண்டதண்டு '90° வெட்டு' (90° cut.) உடையது எனப்படும். இத்தகைய தண்டு அதிரும் பொழுது அதனில் கணுவின் (node)

நிலை படம் 9 (அ)-ல் காணப்படு கிறது. அதனில் அதிர்விலாக் கோடானது (nodal line) Z-அச் சுக்கு 13° சாய்ந்துள்ளது. சிறும மீட்சியியல் குணகத்தின் திசையில் தண்டு அதிர்வதை இந்தநிலை காட்டுகிறது. ஆனல் தண்டின் நீளமான அச்சா னது (longest axis) சிறும மீட்சி யியல் குணகத்தின் திசையில்[71° வெட்டு (71°cut) ஒரலை குவார் ட்சு-single wave quartz]-படம் 10 காண்க — பொருந்தினல், தண்டின் வடிவத்துடன் ஒத்து அதிர்வுகள் நிகழ்வது படம் 9 (ஆ)-லிருந்து புலப்படும். இவ் விருவகை (90° மற்றும் 71°) வெட்டுஉடைய குவார்ட்சு தண் டுகளின் முனைகளில் தோன்றும் அதிர்வின் வீச்சுகள் படம் 11-ல் காணப்படுகின்றன. படத்தின் தளத்திற்குக்குத்தான திசை



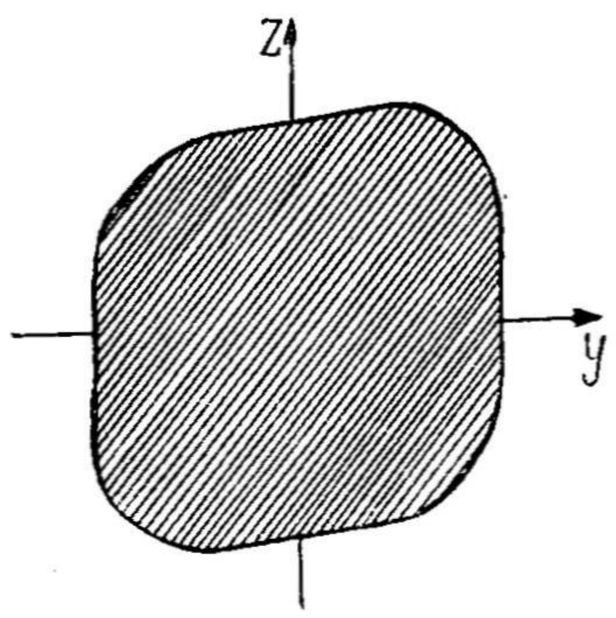
படம் 10. 71°-ல் குவார்ட்சு பலகையும் வட்டும் வெட்டுதல்



படம் 11. குவார்ட்சு தண்டின் முனைமுகங்களில் அதிர்வின் வீச்சு

யில் மின்னழுத்தம் செலுத்தப்பட்டது. இப் படத்தினின்றும் 71° குவார்ட்சுதான் சீராக அதிர்கிறது எனத்தெரியும்.

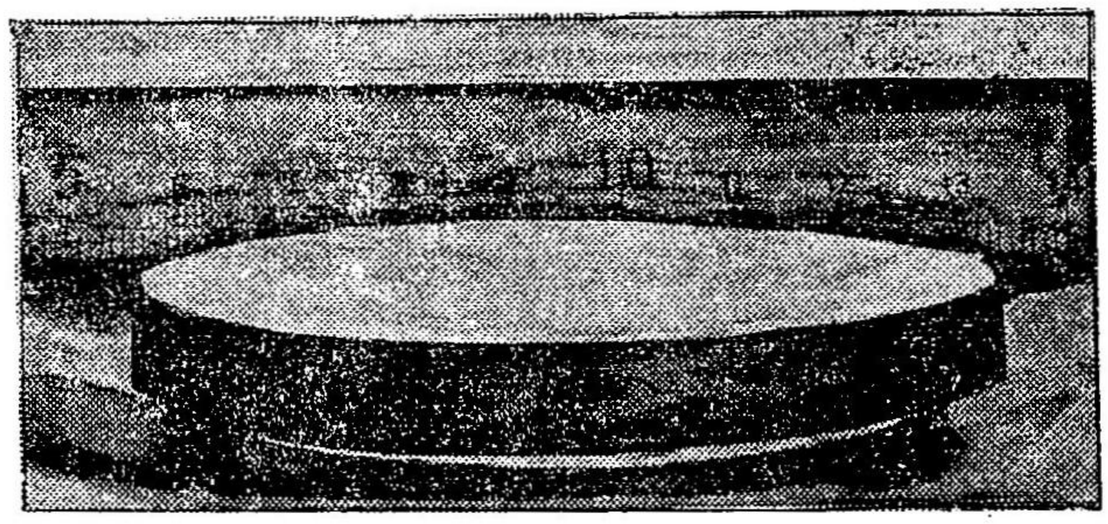
தடிப்பு அதிர்வுகளைத் தோற்றுவிக்கும் பலகையின் முகங்கள் இன்னும் அதிக அளவில் சீராக இயங்கும் வகையில் அப் பலகைக்குத் தகுந்த பரிதிவடிவம் (contour) தரலாம் என ஸ்ட்ராபெல் (Straubel) கண்டார். இவர் அமைத்த படிகப் பலகையின் முகங்கள் X-அச்சுக்குக் குத்தாக இருந்தன. பலகையின் மையத்திற்கும் அதன் விளிம்பிலுள்ள ஓவ்வொரு புள்ளிக்கும் உள்ள தொலைவு அத் திசையில் மீட்சியியல் குணகத்தின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்விகிதத்திலிருந்தன. அப்படியமைந்த பலகையின் வடிவம் படம் 12-ல் காணப்படுகிறது. படிகத்திலிருந்து அப்பலகை வெட்டப்படும் முகப்புநிலை (orientation) படம் 10-ல் காணப்படும் முழுமையான. படிகத்தில் இப்படி வெட்டப்படும் பலகையின் நிலைதான் தெறிகிறதேயன்றி அதன் சரியான வடிவம் (படம் 12-ல் காண்பது) படம் 10-ல் தெரியவில்லை. படம் 12-ல் காணும் பலகையின் வடிவத்தைப் பெற, படம் 8-ல் உள்ளகோணதூர வரை படத்தில் E மதிப்புகளுக்குப் பதிலாக $\sqrt{E}$ மதிப்புகள் குறிக்கப்பட வேண்டும். இதன் விளைவாக எல்லாக் குறுக்கலைவுகளும் சம அதிர்வெண்ணுடையனவாகின்றன; எனவே, தடிப்பு அதிர்வுகளைத் தோற்றுவிக்கும் பலகையின் முகங்கள் இன்னும் அதிக அளவில் சீராக இயக்கம் கொள்கின்றன. எனினும் பலகையின் முகங்கள் ஒரு பிஸ்டன் (piston) போல முற்றிலும் முன்னும் பின்னுமாக இயங்க இயலாது. ஆயினும் இவ்வகைப் பலகைகள்—ஒப்புமையாக—அதிகப் பளு (மின்னழுத்தம்) தாங்கக்கூடியன.



படம் 12.
ஸ்ட்ராபெல் பரிதிவடிவம்
(Straubel Contour)

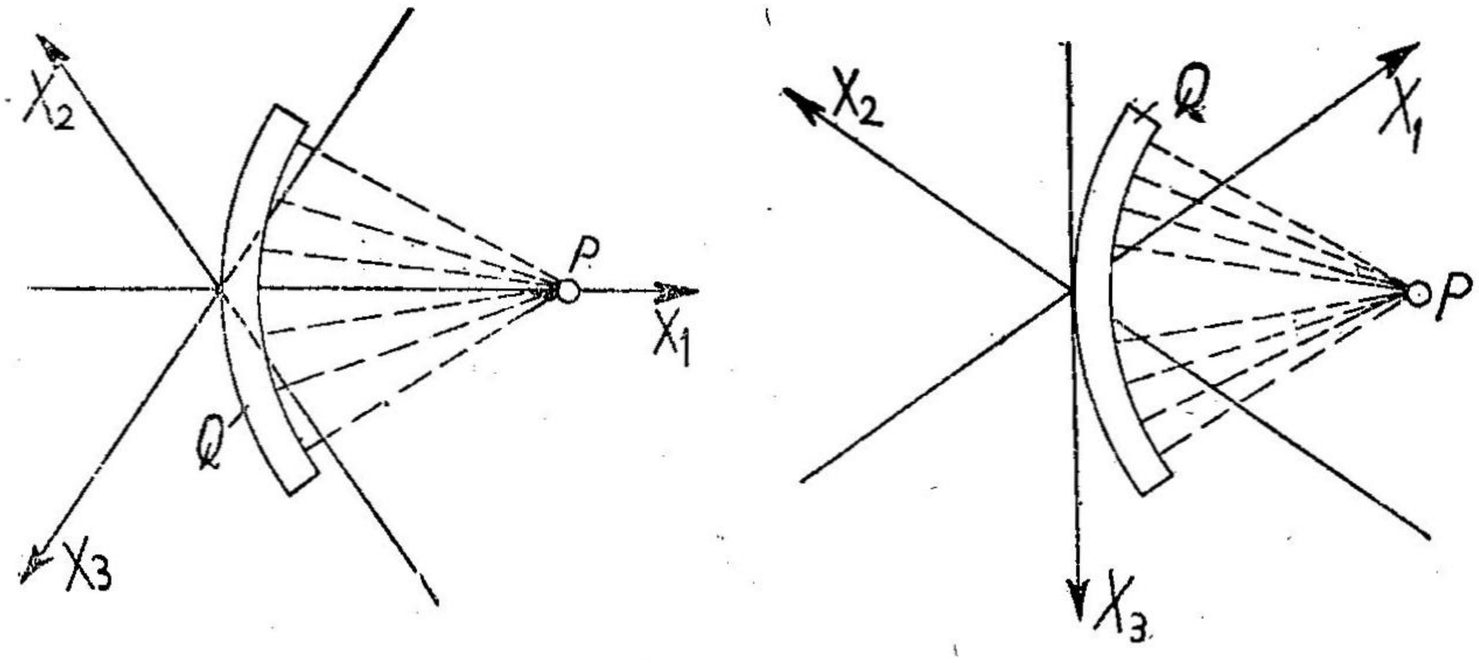
அதிரும் குவார்ட்சு படிகத்தின் முதத்திலிருந்து தோன்றும் மீயொலி அலைகளைக் குவியப்படுத்தும் வகையிலும் குவார்ட்சு படிகங்கள் அமைக்கப்படலாம் (படம் 13). இதனால் மீயொலி விளைவுகளின் செறிவு அதிகமாகும். இதற்காக, குவார்ட்சானது ஒரு குழிஆடி (concave mirror) போல வெட்டப்படுகிறது. படிகத்தின் அச்சுகளுடன் இதன் முகப்பு நிலைகள் (orientation) படம் 14-ல் காணப்படுகின்றன. படம் 14 (அ)-ல், மின்னியல்

அச்சுகள் X_1, X_2 மற்றும் X_3-ல் ஒன்றுமட்டும் (X_3) குழிக்கோளத் தளத்தின் மையத்திற்குக் குத்தாக உள்ளது. படம் 14 (ஆ)-ல் X_3-யும் ஒளியியல் அச்சும் அடங்கிய தளமானது கோளத்தளத்



படம் 13. குழிதளமுடைய குவார்ட்சு

திற்குத் தொடுதளமாக (tangential surface) படத்தின் தளத்திற்குக் குத்தாக உள்ளது. குவார்ட்சானது அதன் தடிப்புக்கு இணையான திசையில் அதிரும் பொழுது, ஒலிக்கதிர்கள்; அதன்



படம் 14. மீயொலிக் கதிர்களைக் குவியப்படுத்தும் வகையில் குவார்ட்சினை வெட்டுதல்

தளத்திற்குக்குத்தான திசைகளில் சென்று புள்ளி P-ல் குவிகின்றன. புள்ளி P-யானது குழிக் கோளத்தளத்தின் வளைவுமையமாகும். இதன் பயனாக, குவியத்தில் மிகப்பெரும் அளவில் ஆற்றல் சேர்கிறது. இத்தகைய படிகத்தைப் பயன்படுத்துவதால், மிகக் குறைந்த ஆற்றல் கொண்டு படிகத்தை அதிர்வித்து, மிக அதிகமான வீச்சுடன் மீயொலி அதிர்வுகளைப் பெற இயலும். அதனுடன் படிகம் சிதைவுறுமோ என்ற அச்சமுமில்லை.

1–5. டூர்மலேன்

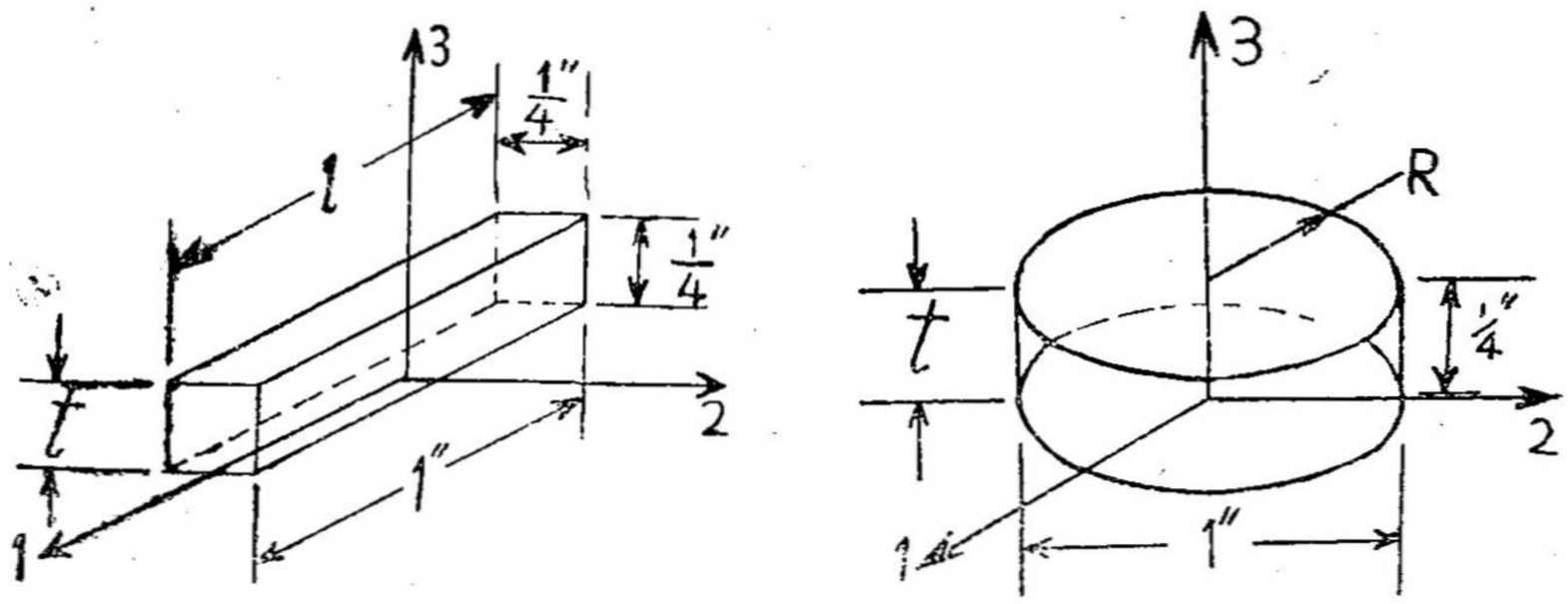
குவார்ட்சைவிட அதிக உயர்வான அதிர்வெண்களில் மீயொலி இயற்ற டூர்மலேன் பயன்படும். குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் f ஐத் தோற்றுவிக்கும் படிகத்தின் தடிப்பு t செ.மீ. $= \frac{3,64,000}{f}$ ஆகும். எனவே, குவார்ட்சைவிட 35% அதிகத் தடிப்பான படிகம் கிடைக்கிறது. இப்படிகத்தை அதிர வைக்கும் மின்னியல் அலையின் நீளம் $= 82{\cdot}5t$ மி.மீ. ஆகும். டூர்மலேனின் பீசோ மின்னியல் குணகம் $= \frac{5{\cdot}78}{3} \times 10^{-12}$ *MKS* அலகுகளாம்.

1–6. பேரியம் டைடனேட் படிகம் (Barium titanate)

மின்புல ஆட்சிக்குட்படும் சில படிகங்கள் தங்கள் பரிமாணங்களில் மாற்றம் காட்டுகின்றன. அவற்றில் மின்னியல் பெயர்ச்சியின் (electric displacement) இருமடிக்கு நேர்விகிதத்தில் உருக்குலைவு (distortion) (திரிபு, வடிவ மாற்றம் எனவும் கூறலாம்) தோன்றுகிறது. இப் பண்பு மின்னியல் பரிமாண மாற்றவியல் (electro-striction) ஆகும். பேரியம் டைடனேட் படிகங்களுக்கு இப் பண்பு கணிசமாக உண்டு. ஒரு முறை இப் படிகம் முனைவுபடுத்தப்படின் (polarised), பின்னர் அது பீசோ மின்னியல் விளைவினைக் காட்டும்; பீசோ படிகங்களுடன் அதனையும் சேர்க்கலாம். படம் 4–ல் இதன் அச்சுகள் காட்டப்பட்டுள்ளன.

மின்னியல் பரிமாணமாற்றவியல் காட்டும் வகையில் படிகங்களாக்கப்படும் பல்வகைக் கூறுகளும் பொதுவாகப் பேரியம் டைடனேட் எனப் பெயர் பெற்றுள்ளன. படிகமாக்கப்பட்ட பின்னர் இவற்றை முனைவுபடுத்தினால் அவை பீசோமின்னியல் விளைவு காட்டும். முனைவு படுத்துதல் இன்றியமையாதது; ஏனெனில், அதற்கு முன்னர் அப் படிகங்கட்குப் பீசோ மின்னியல் பண்பு கிடையாது. ஏறத்தாழ 120°C. மதிப்புடைய கியூரி வெப்பநிலைக்கு (Curie point) உயர்வான வெப்ப நிலையிலுள்ள படிகத்தை ஒரு மின்புலத்தில் வைத்துப் பின்னர்ப் படிப்படியாக அதனைக் குளிர்விக்க வேண்டும். இதற்குத் தேவையான மின்னழுத்தம் படிகத்தின் தடிப்பு ஒவ்வொரு செ.மீ–க்கும் 2,000 வோல்ட் ஆகும். இப்படி முனைவு படுத்திய பேரியம் டைடனேட் தண்டு அல்லது வட்டு ஒன்றின் வடிவப் பரிமாணங்கள் (physical dimensions) அதன்மீது செலுத்தப்படும் மின்னழுத்த வலிமைக்கு நேர்விகிதத்தில் மாறுகின்றன. செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தமானது முனைவுபடுத்தும் மின்னழுத்தத்தை

விடக் குறைவாயிருத்தல் வேண்டும். முனைவுபடுத்தப்பட்ட படிகமானது குவார்ட்சு போலவே செயல்பட வல்லது; ஆனால் அப் படிகத்தின்மின் எதிர்ப்பு (electric impedance) மிகக் குறைவு; அதனல் அது செயல்படத் தேவையான மின்னழுத்தமும் குறைவு. குவார்ட்சினை அதிர்விக்கத் தேவையான மின்னழுத் தத்தில் நூற்றில் ஒரு பங்கு (1/100), டைடனேட் படிகத்தை, அதே ஆற்றலுடன், அதிர்விக்கப் போதுமானது. டைடனேட் டுக்கு வட்டுகள், தண்டுகள், உள்ளீடற்ற உருளைகள், கோளப் பகுதிகள் போன்ற பல வடிவங்கள் தரலாம். இவற்றின் தளங் கள் மீது வெள்ளிப் பூச்சுக் கொடுக்கப்படுகிறது. படிகங்கட்கு மின்னழுத்தம் செலுத்தும் மின் வாய்களாக இந்த வெள்ளிப் பூச்சு செயல்படுகிறது. படம் 15-ல் தண்டும், வட்டும் காணப் படுகின்றன.

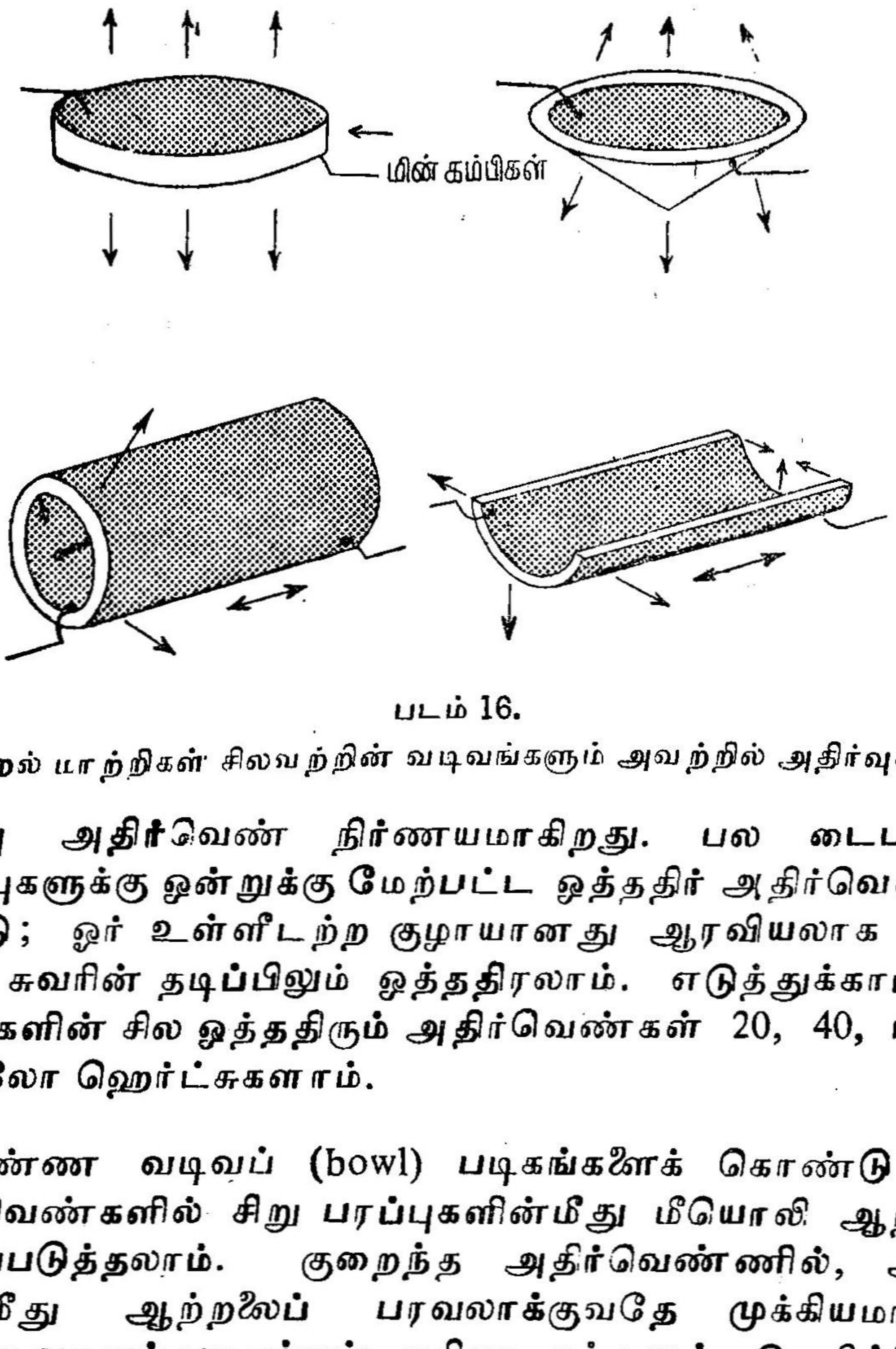


படம் 15. (அ), (ஆ)
(அ) பேரியம் டைடனேட் தண்டு
(ஆ) பேரியம் டைடனேட் வட்டு

என் 1 இட்ட அச்சின் திசையில் பரிமாண மாற்றங்களால் நீளவகை அதிர்வுகள் (length mode vibrations) தோன்றும். என் 3 இட்ட அச்சின் திசையில் பரிமாண மாற்றங்களால் தடிப்பு வகை அதிர்வுகள் (thickness mode vibrations) தோன்றும். வட்டில், அதன் ஆரங்கள் திசையில் ஏற்படும் பரிமாண மாற்றங்களால் ஆரவியல்வகை அதிர்வுகளும் (radial mode vibrations), அதன் தடிப்பில் ஏற்படும் மாற்றங்களால் தடிப்பு வகை அதிர்வுகளும் தோன்றும்.

பேரியம் டைடனேட்டுடன் காரீயத்தைக் கலந்தால் அதன் வெப்பநிலைப் பண்பியல்புகளையும் (temperature characteristics), காலப் போக்கு (aging) மாற்றங்களையும் செம்மைப்படுத்தலாம். படம் 16-ல் டைடனேட் ஆற்றல் மாற்றிகளின் (transducers) வடிவங்களையும், அவற்றில் எந்திரவியல் இயக்கங்களின்

(mechanical motion) வகைகளையும் காணலாம். டைடனேட்டின் மூனைவாக்கம், அதிர்வு இவற்றின் வகைகளையும், மற்றும் அதன் வடிவம், பருமன் ஆகியவற்றையும் பொறுத்து அதன் ஒத்ததிரும்



படம் 16.

ஆற்றல் மாற்றிகள் சிலவற்றின் வடிவங்களும் அவற்றில் அதிர்வுகளும்

இயல்பு அதிர்வெண் நிர்ணயமாகிறது. பல டைடனேட் உறுப்புகளுக்கு ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஒத்ததிர் அதிர்வெண்கள் உண்டு; ஓர் உள்ளீடற்ற குழாயானது ஆரவியலாக நீளத்திலும், சுவரின் தடிப்பிலும் ஒத்ததிரலாம். எடுத்துக்காட்டாக, குழாய்களின் சில ஒத்ததிரும் அதிர்வெண்கள் 20, 40, மற்றும் 400 கிலோ ஹெர்ட்சுகளாம்.

கிண்ண வடிவப் (bowl) படிகங்களைக் கொண்டு உயர் அதிர்வெண்களில் சிறு பரப்புகளின்மீது மீயொலி ஆற்றலைக் குவியப்படுத்தலாம். குறைந்த அதிர்வெண்ணில், அதிகப் பரப்புமீது ஆற்றலைப் பரவலாக்குவதே முக்கியமாதலின் கிண்ண வடிவப் படிகங்கள் அதிகமாகப் பயன்படுவதில்லை.

குறை அதிர்வெண் படிகங்களை எளிதில் பலகைகளுடன் ஈப்பாக்சி (epoxy) பசை அல்லது அது போன்ற சிமிட்டி கொண்டு ஒட்டலாம். உயர் அதிர்வெண் படிகங்களையும் இது போல் செய்தால், ஆற்றல் அதிகமாக வீணாகிறது; ஏனெனில் பசையும், படிகமும் ஒத்த மின்கடத்தாப் பொருட் பண்புகள் dielectric properties) உடையன.

பேரியம் டைடனேட்டின் பண்புகள் காலப் போக்கில் மாறக் கூடியன. முனைவாக்கம் செய்யப்பட்டபின் ஏறத்தாழ 48 மணி நேரத்திற்கு, டைடனேட்டின் செயலாக்கம் (activity) மிக வேக மாகக் குறையும்; அதற்குப் பின்னர், அகன் பிணைப்புக் குணகம் (coupling coefficient) ஏறத்தாழ மாறுமலிருக்கும். எனினும், மிக இயல்பான வீழ்ச்சியும் (deterioration) இருக்கும்.

டைடனேட்டுகளைத் தயாரிப்பதில் பலவகைக் கூறுகளும் கலக்கப்படுவதால், எந்த ஒரு வகைக்கும் வெப்பநிலை எண்ணினை ஆராய்ந்தறிய வேண்டும். பொதுவாக 130°C. வரையில் பல டைடனேட்டுகளும் நல்லமுறையில் பயன்படும்.

பல டைடனேட் படிகங்களும் தடிப்புவகை அதிர்வுகளைத் தோற்றுவிக்கவே பயன்படுகின்றன. எனவே, தடிப்பைப் பொறுத்து அதன் அதிர்வெண் அமைகிறது. 1 மெகா ஹெர்ட்சியனில் 2·5 மி.மீ. 100 கிலோ ஹெர்ட்சியனில் 25 மி.மீ. தடிப்புடைய படிகங்கள் செயல்படும். தடிப்புக்கும் அதிர்வெண் ணுக்கும் உள்ள சார்பு நேர்போக்கானது (linear).

1–7. லிதியம் சல்பேட் (Lithium Sulphate)

மீயொலி இயற்றிகளில் லிதியம் சல்ஃபேட்டையும் பயன் படுத்தலாம் எனக் கண்டுள்ளனர். 2·7178, 1·143, 0·5436. மி.மீ. தடிப்பு உடைய படிகங்கள் முறையே 1 *MHz*, 2·25 *MHz* 5 *MHz* அதிர்வெண்களைத் தரும். இப் பொருள் நீரில் கரையும் என்பது ஒரு குறையாகும். ஆதலால் அதனை நீர் புகாச் சிமிழ் போன்ற பற்றியில் (holder) பொருத்தியே பயன்படுத்த வேண்டும்.

குவார்ட்சைவிட லிதியம் சல்ஃபேட் அதிகமான வீச்சுடைய அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும். மேலும், அதன் ஒலியியல் எதிர்ப்பு (acoustic impedance) குவார்ட்சைவிடக் குறைவு; எனவே, பிணைத்தல்(coupling) எளிதாகும். இப் படிக அலையியற்றிகளைக் கொண்டு மருத்துவத் துறைப் பயன்கள் பல ஆராயப்பட்டுச் செம்மைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன.

1–8. படிக வடிவமைப்பு—பொதுவான கருத்துகள்

வெப்பநிலைக் குணகம். (Temperature coefficient): படிகங் களின் பீசோ மின்னியல் குணகங்கள் மாறுவதால் மட்டுமன்றி வெப்ப நிலை மாற்றங்களாலும் அதிர்வெண்கள் மாறுகின்றன. வெப்ப நிலை T-ல் படிகத்தின் அதிர்வெண் N என்று கொள்ள. வெப்பநிலைக் குணகம் $\frac{1}{N}\frac{dN}{dT}$ எனப் பெறப்படுகிறது.

பொதுவாகவே வெப்பநிலைக் குணகம் மிகக் குறைமதிப்புடைய தாயிருத்தல் விரும்பத்தக்கது. வெப்பநிலை மாற்றத்தால் அதிர்வெண் உயர்ந்தால் குணகம் நேர்க்குறி (positive) உடையது; அதிர்வெண் குறைந்தால் குணகம் எதிர்க்குறி (negative) உடையது. *X*-வெட்டுப் படிகங்கள் பலவும் 15 முதல் 25 *Hz/MHz/°C* வரை எதிரான குணம் உடையன. *Y*-வெட்டுப் படிகங்கள் இன்னும் அதிக அளவில் — 20 முதல் + 100 ஹெர்ட்சு வரை வெப்பநிலைக் குணகம் உடையன; ஆனால், இவை ஆற்றல் மாற்றியாகத் திறமையுடன் (efficient) செயல் படாததால் இவை அதிகமாக மீயொலி அமைப்புகளில் பயன்படுவதில்லை. சில குறிப்பிட்ட முகப்பு நிலைகளுடன் (orientations) குவார்ட்சு பலகை வெட்டப்பட்டால் அதன் வெப்ப நிலைக் குணகம் குறைகிறது. அல்லது மறைந்து விடுகிறது. இந்த முகப்பு நிலைகளைக் குவார்ட்சின் இயற்பியல் மாறிலி (physical constants) களிலிருந்து கணக்கிடலாம்.

பல்வேறு பருப்பொருள்களின் அதிர் வெண்மாற்றங்களும் அவற்றின் மின் கடத்தாப்பொருள் மாறிலியின் மாற்றங்களும் மாற்றங்களின்சார்புகளாம். மீயொலியியற்றிகளில்அதிர்வெண் மாற்றம் பெருங்குறையல்ல; ஏனெனில், அவைஅதிகமானஅதிர் வெண் மாற்றங்களிலும் திறம்படச் செயல்படுகின்றன. சில நூறு அல்லது ஆயிரம் ஹெர்ட்சுகள் அதிர்வெண் மாற்றம் கூட மீயொலித்திறன் வெளியீட்டை அல்லது அலைகளின் பண்புகளை அதிகமாகப் பாதிப்பதில்லை. எனினும், வெப்ப நிலை உயர்வு மீயொலித்திறன் வெளியீட்டைப் பாதிக்கும். எனவே, ஆற்றல் மிகுதியும் வீணாகும், மேலும், படிகத்தைப் பற்றியுடன் ஒட்டும் சிமிட்டி வெப்பநிலையால் பாதிக்கப்படலாம்; இதனால் படிகம் அதன் இயல்பான நிலையிலிருந்து நழுவிவிடலாம்.

$$\text{வெப்ப நிலைக் குணகம்} = \frac{\Delta N}{N_{\underset{\text{மெருமம்}}{\circ}} T - T_{\underset{\text{சிறுமம்}}{}}}$$

என்ற வாய்பாடு பயனுள்ளது. இக் குணகம் ஹெர்ட்சு / மெகா ஹெர்ட்சு/°*C* என்ற அலகினால் அளக்கப்படும். பெரும, சிறும வெப்ப நிலைகளுக்கிடையே தோன்றும் அதிர்வெண் மாற்றம் ΔN; படிகம் சாதாரணமாக அதிர வேண்டிய அதிர்வெண் $N_{\circ}$ மெகாஹெர்ட்சு ஆகும். பருப்பொருட்களின் இயற்பியல் பண்புகளை (physical properties) அளக்கவேண்டிய அமைப்புகளில், மீயொலி அதிர்வெண்ணை நுணுக்கமாகக் கட்டுப்படுத்த

வேண்டும்; அதிக மாற்றங்கள் கூடாது. எனவே, இவற்றில் வெப்பநிலையை நல்லமுறையில் கட்டுப்படுத்த வேண்டும்.

1–9. மேற்சுரங்கள் (Harmonics)

படிகப் பலகையின் தடிப்பு அதன் அதிர்வெண்ணுக்கு எதிர் விகிதத்திலுள்ளது. முன்னரே கூறியதுபோல 10 முதல் 15 *MHz*-க்கும் உயர்வான அதிர்வுகள் தேவையெனில், குறைந்த இயல்பு அதிர்வெண்ணுடைய படிகத்தை அதனுடைய மேற்சுரங்கள் தோன்றுமாறு பயன்படுத்தவேண்டும். அப்பொழுதுதான் எளிதில் சிதையாதவாறு படிகத்திற்கு உறுதியான வடிவம் தர இயலும். எனிலோ, இப்படிகம் வெளியிடும், ஆற்றல் குறைந்துவிடும்; இருப்பினும் படிகம் தடிப்பாக, உறுதியாக இருப்பதால், இயைவின் பொழுது உள்ள வீச்சைவிட அதிகமான வீச்சுடன்கூட அதனை அதிர்விக்கலாம். இவ்விதமாக அதுவெளியிடும் ஆற்றலையும் உயர்த்தலாம். மிக அதிக ஆற்றல் வெளியீடு தேவையெனில்தான் இம் முறை பயன்படுத்தப் படுகிறது. குறைந்த ஆற்றலே போதும் என்ற அமைப்புகளில் (எடுத்துக்காட்டு: சைகை அமைப்புகள்-(signalling systems) மேற்சொன்ன சிக்கல் எழ வாய்ப்பில்லை. மேலும், படிகத்தின் ஒற்றைப்படையான மேற்சுரங்களைத்தான் பெற இயலும் என்பதும் முன்னரே கூறப்பட்டது.

வெவ்வேறு அதிர்வெண்களில் ஒரேபடிகத்தைச் செயல்படுத்தவும் மேற்சுரங்கள் பயன்படும். இதனால் அதிர்வெண்களுக் கேற்பப் படிகத்தை மாற்றத் தேவையில்லை. இயல்பாக உயர் அதிர்வெண்ணில் அதிரும் படிகத்தை அதனைவிடக் குறைவான அதிர்வெண்களில் செயல்படுத்தல் எளிது.

ஓத்ததிர்வு அமைப்புகளில் (resonance systems) நீளமான அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில் (wide frequency range) படிகத்தை அதிர்வித்து, அது ஓத்ததிரும் அதிர்வெண்கள் அறியப்படுகின்றன. இவ்வமைப்புகளில், தேவையான அதிர்வெண்களில் பெருமமானதைவிட உயர்வான அதிர்வெண்ணுடையதாகப் படிகம் அமையவேண்டும். இவற்றில், அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து ஆற்றல் வெளியீடு மாறும்; ஆனாலும் ஓத்ததிரும் அதிர்வெண்களை எளிதில் இனம் காணலாம். மேலும், செயல்படு நெடுக்கத்தில், படிகத்தின் அடிப்படை அல்லது மேற்சுர அதிர்வெண்கள் அமையக்கூடாது. எடுத்துக்காட்டாக, 1*MHz* வரையான ஓத்ததிர்வுக்கு 3 *MHz* அதிர்வெண்ணுடைய படிகம் பயன்படும்.

1-10. படிகத்தின் வடிவம்

சதுர, மற்றும் வட்டப் படிகங்கள் பரவலாகப் பயன்படுகின்றன. அவ் வடிவங்களை எளிதில் அடைக்கலாம்; அவை நல்ல முறையிலும் செயல்படுகின்றன. சதுர வடிவத்தைவிட வட்ட வடிவமுடைய படிகங்கள் சிறந்தவை; எளிதில் சிதிலமாகக் கூடிய மூலைகள் அவ்வடிவத்திலில்லை, சதுரப்படிகத்தின் மூலைகளிலிருந்து ஆற்றல் கணிசமாக வீசப்படுவதில்லை, வட்டப் படிகங்கள் அதிகமான ஆற்றலைவீசுகின்றன, வட்டப்படிகங்களுக்குப் பற்றிகள் (holders) அமைப்பதும் எளிது, ஸ்ட்ராபெல் பரிதிவடிவத்தைப் (Straubel contour) பற்றி முன்னரே கண்டோம்.

படிக வடிவமைப்பை அதன் வெட்டுமுகப் பரிமாணங்கள் அதிகமாகப் பாதிப்பதில்லை. *5MHz* படிகத்தின் வெட்டுமுகம் 1 அல்லது 2 செ. மி. சதுரமாகவோ, 3 அல்லது 5 செ. மீ. விட்ட முடைய வட்டமாகவோ இருக்கலாம். படிகத்தின் தடிப்பு மட்டுமே அதன் அதிர்வெண்ணை நிர்ணயிக்கிறது.

1-11. குவார்ட்சினைத் தூய்மையாக்குதல் (Cleaning quartz)

40 : 1 என்ற விகிதத்தில் தயாரித்த கந்தக அமிலம் மற்றும் பொட்டாசியம் டைக்ரமேட் கரைசலில் குவார்ட்சு படிகங்கள் வைக்கப்படும். கரைசலைக் கொதிநிலைக்கு உயர்த்த, அது ஐந்து நிமிடம் கொதிக்க வேண்டும். பின்னர்க் கரைசல் குளிர்விக்கப்பட்டுப் படிகங்கள் வாலைவடிவ நீரில் (distilled water) நனைக்கப்படும். பின்னர்க் கொதிக்கும் பொட்டாசியம் ஹைட்ராக்சைடில் 3 நிமிடத்திற்குப் படிகங்களை வைத்து மீண்டும் வாலைவடிநீரில் நனைக்கவேண்டும். பின்னர், முறையே வாலைவடி நீரிலும், ஈதைல் ஆல்கஹாலிலும் கொதிக்க வைக்கவேண்டும். முடிவில் படிகங்களைக், கம்பிவலைமீது காய வைக்கவேண்டும்.

1-12. படிக முகங்களுக்குப் பூச்சுகள் (Crystal plating)

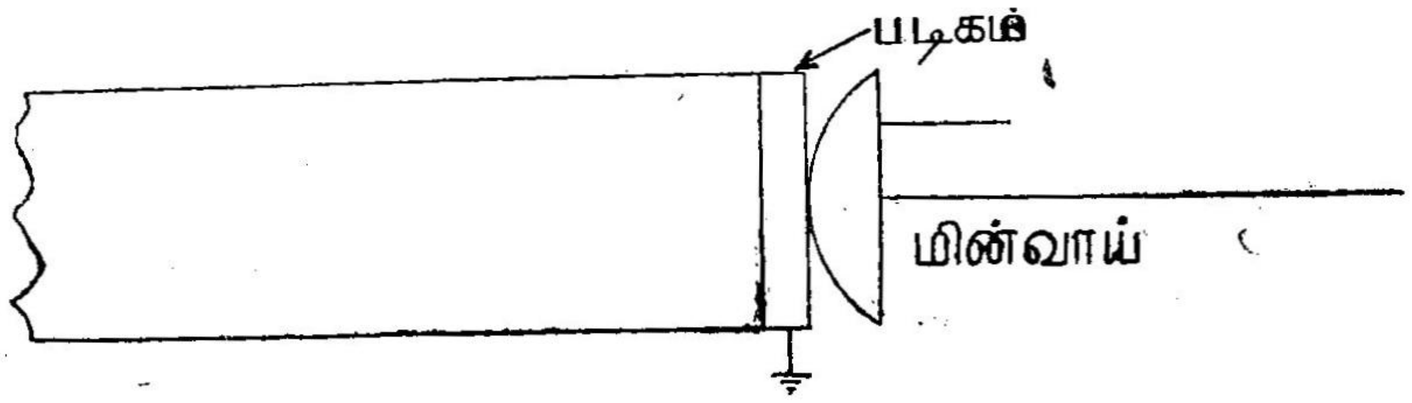
பூச்சுகள் எளிதிலும் உறுதியாகவும் படிக முகத்தில் பற்றிக் கொள்ளுமாறு படிகமுகங்கள் தூய்மையாயிருக்க வேண்டும். படிகத்தைப் பாதுகாக்கவும், மின்னழுத்தம் செலுத்தவும் வசதியாக உலோகங்கள் படிகமுகங்கள் மீது பூசுப்படுகின்றன. குவார்ட்சு படிகத்தின் முகங்கள் மீது அலுமினியம், வெள்ளி, தங்கம், குரோமியம் போன்ற உலோகத்தைப் பூசலாம். ஏடாகப் பூசப்பட்ட உலோகம் படிக முகத்தின் மீது மின்னூட்டத்தைச் சீராகிப் பரப்ப உதவுகிறது. இரண்டு முகங்கள் மீதுள்ள உலோக

ஏடுகளிடை பொறிச்சிதறல் (flash over) நிகழாத வகையில் பூச்சின் வடிவம் அமையவேண்டும். உலோகப் பூச்சின் ஒரு முகம் புவியிணைப்புப் (grounding) பெறவேண்டும்.

குரோமியம் பூச்சு பரவலாகப் பயன்படுகிறது; அது உறுதியானதும் ஆகும். குரோமியத்தை வெற்றிடத்தில் ஆவியாக்கிப் (vacuum evaporation) பின் படிகத்தின்மீது படியுமாறு செய்யப்படுகிறது. இதே முறையில், அதன்மீது செம்பு பூசப்படுகிறது. பின்னர்ப் படிகத்தை வெற்றிடத்திலிருந்து வெளியே எடுத்து, அதற்கு முதலில் செம்பு முலாமும் பின்னர்க் குரோமியம் முலாமும் பூசப்படும். இப்படிப் பூசப்பட்ட உலோக ஏடுகள் இணையாக இருக்கவேண்டும். கடைசியாக உராய்பொருளுடன் (abrasive) சேர்த்துத் தேய்த்துப் படிகத்தின் விளிம்புகளிலிருந்து மட்டும் உலோகப்பூச்சு நீக்கப்படும். முடிவில், கூர்மையான ஆயுதங்கொண்டு, பூச்சு உறுதியாகப் பற்றிக்கொண்டதா என்று சோதிக்க வேண்டும். பூச்சு எளிதில் உரிந்துவிட்டால், அதை நீக்கிவிட்டுப் படிகத்திற்கு மீண்டும் மேற்சொன்னவாறு முலாம் பூசவேண்டும்.

படிகத்தின்மீது உலோகமென் தகடுகளும் (metal foils) பசை கொண்டு ஒட்டப்படலாம். இவ்வகையில், தகடானது முகத்தின்மீது மேடு பள்ளமின்றிச் சீராக, சமதளமாக ஒட்டப்பட வேண்டும். மிகுதியான பசை ஆவியாகுவதற்கு வசதியாக, மென்தகடானது நுண்துளையுடையதாக (porous) இருத்தல் நலம். ஒட்டப்பட்ட தகட்டின்மீது வெள்ளிப் பூச்சுத் (silver plating) தேவையில்லை; ஏனெனில், அப் பூச்சுகள் படிகத்தின் அதிர்வு வீச்சைக் குறைக்கும். மாறுக, வெள்ளிச் சாயங்கள் (silver paints) தூய்மையான படிகத்தின்மீது பூசப்படலாம்; அவை நல்ல முறையில் படிகமுகத்துடன் ஒட்டிக்கொள்ளும்.

படிக முகப் பூச்சுடன் மின்தொடர்பு (electrical contact)



படம் 17.
ஒரேயொரு வகையில் மட்டும் படிகம்
அதிருமாறு மின்வாயை இணைத்தல்.

ஏற்படுத்தும் வகையில் மின்கம்பியைப் (electric leads) பற்ற

வைக்கலாம்; அல்லது சுருள்வில்லைப் பயன்படுத்தலாம். படிக முகப் பரப்பின்மீது முழுவதுமாக மின்வாய் (electrode) படிந்திருந்தால் சில சிக்கல்கள் எழுகின்றன. சில அதிர்வு வகைகள் (modes) தோன்றுகின்றன: வேறு சில அழிந்துவிடுகின்றன. இச் சிக்கல்களைத் தவிர்க்கப் படம் 17-ல் காணும் வகையில் மின்வாய் இணைக்கப்படலாம்.

1-13. படிக முகப்புகள் (Facings of crystals)

படிகம் நெடுநாள் உழைக்க ஏதுவாக அதற்கு எஃகு முகப்பு அமைக்கலாம்; எஃகு போன்ற வேறு உறுதியான பொருளும் பயன்படுத்தலாம். இந்த முகப்புகள் பொதுவாக இரு வகைப்படும். முதல் வகையில் எஃகானது படிகத்துடன் ஒட்டப் படுகிறது; எஃகும் படிகமும் சேர்ந்து ஓரமைப்பாகக் குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் கூட்டு அலையியற்றியாகச் (compound oscillator) செயல் படுகின்றன.

இரண்டாவது வகையில் எஃகுத் தகடொன்று படிகத்தின் மீதோ. அதற்குப் பின்புறத்திலோ வைக்கப்படும். இருந்த போதிலும் படிகமானது அதன் இயல்பு அதிர்வெண்ணில் அல்லது அதற்கு அருகில்—அதிரும். இவ்வகையில் படிக அமைப்பிற்கு உறுதி அதிரும்; ஆனால், மீயொலித்திறன் வெளியீடு சிறிது குறையும். தகடானது படிகத்துடன் மெழுகு அல்லது பசை கொண்டு ஒட்டப்படும், மெழுகினை எளிதில் பயன்படுத்தலாம்; சூடான ஓரு பலகையில் மெழுகை உருக்கி, அதேபொழுது பற்றியையும் படிகத்தையும் மெழுகின் உருகு நிலைக்குச் சூடேற்றவும். பின்னர், சூடாக உள்ளபொழுதே பற்றியையும் படிகத்தையும் ஒன்றோடொன்று அழுத்திப் பொருத்தி, படிப்படியாகக் குளிர்விக்கவும். இடைப்பட்டு, இறுகிய மெழுகில் குமிழிகள் இருக்கக் கூடாது; மற்றும், முகப் பரப்பு முழுவதிலும் மெழுகு பரவியிருக்க வேண்டும்.

பெருமமான திறன் வெளியீடு கிடைக்க, செயல்படும் அதிர் வெண்ணில் ஒத்ததிருமாறு படிக முகப்புகள் அமைக்கப்படுகின்றன. எனவே, அவற்றின் தடிப்பானது—செயல்படும் அதிர்வெண்ணில் (operating frequency)—ஓரலைநீளம் (λ) இருக்கும். எனவே, முகப்பின் தடிப்புப் படிகத்தின் தடிப்பைப் போல் இருமடங்காகும். பேரியம் டைடனேட் போன்ற படிகங்களுக்கு முகப்பு அமைத்த பின்னர் மீண்டும் அவற்றில் செயல் ஊக்குவிக்கப்பட வேண்டும் (reactivation).

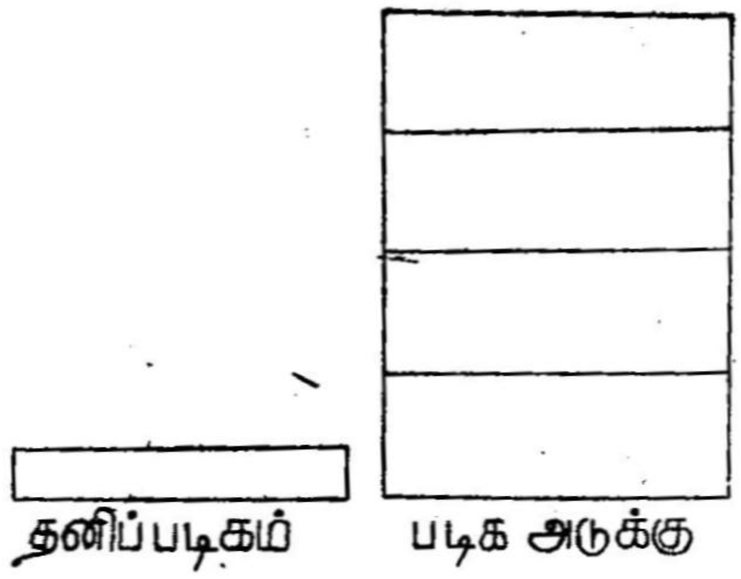
1–14. மீயொலித் திறன் வெளியீடு (Ultrasonic power output)

படிக ஆற்றல் மாற்றியில் அலைவு வீச்சின் இருமடிக்கு நேர் விகிதத்தில் மீயொலித் திறன் வெளியீடு இருக்கும்; மேலும், படிக முகத்தின் பரப்புக்கும் நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். படிகப் பலகைகள் 16 முதல் 20 சதுர செ.மீ. இருக்கையில் பெருமமான திறன் வெளியிடப்படும் என்று சோதனைகள் காட்டியுள்ளன. பலகை பெரிதாக இருப்பின், மீயளவான அதிர்வினல் (excessive vibration) அது சிதைவுறக்கூடிய வாய்ப்பு அதிகம்; ஏனெனில், பெரிய பலகைகளில் ஒரு படித்தான (homogeneous) தன்மை குறைவு, படிகம் உடையக்கூடிய வரம்பே திறன் வெளியீட்டிற்கு உச்சவரம்பும் ஆகும். பெருமமான திறன் வெளியீடு கிடைக்கப் படிகங்களின் முகங்கள் பளபளப்பாகவும், அவற்றின் விளிம்புகள் குத்தாக வெட்டப்பட்டவையுமாக இருக்கவேண்டும். மற்றும், பிடிப்புகளில் (supports) தடையுறுதல் (damping) சிறுமமாக வேண்டும்.

மின்காப்புத் தன்மை மிகுதியாக உடைய எண்ணெயில் [எடுத்துக் காட்டு; மின்மாற்றி எண்ணெய்—(transformer oil)] குவார்ட்சு மூழ்கியிருப்பின் பெருமமான ஆற்றல் கிடைக்க வழியுண்டு. அப்பொழுது, 1 மி மீ. தடிப்பு உடைய குவார்ட்சின் முகங்களிடையே 2 முதல் 3 *KV* வரை மின்னழுத்தம்—பொறிச் சிதறல் நிகழாவாறு—செலுத்தப்படலாம். 5 மி.மீ. தடிப்பு உடைய குவார்ட்சு படிகப் பலகையிலிருந்து 150 முதல் 200 வாட் வரை மீயொலித் திறன் பெறலாம். பேரியம் டைடனேட்டைப் பயன்படுத்தி ஒரு சதுர செ.மீ பரப்பிலிருந்து 100 வாட் திறன் கூடப் பெறலாம் எனக் கண்டுள்ளனர், இந்த நிலையில், வெப்ப நிலையானது கட்டுப்படுத்தப்பட வேண்டும்.

படிகத்திற்கு அளிக்கக் கூடிய ஆற்றலுக்கு வரம்புண்டு. ஒரு சதுர செ.மீ.க்கு 50 வாட் கூடச் செலுத்தலாம்; இது உச்ச வரம்பாகும். அதிக ஆற்றல் உள்ளிடப்படும் பொழுது படிகம் சிதைவதைவிட, அதன் பிடிப்புகளில்–பற்றிகளில்–தான் விரிசல் அதிகமாகத் தோன்றுகிறது. [படிகமானது சதுர செ.மீ.க்கு 10^4 வாட் கூடத்தாங்கும்.] ஆற்றலைத் தொடர்ச்சியாக ஊட்டுவதற்கு மேற்சொன்னவை பொருந்தும். ஆற்றலைத் துடிப்புகளாக (pulses) ஊட்டினல் சதுர செ.மீ.க்கு 10^3 வாட் ஊட்டலாம். எனவே, குறுகிய நேரத்தில் உயர்ந்த ஆற்றல் தேவையெனில் துடிப்பூட்டும் முறையே சிறந்தது.

படிக அடுக்குகளைப் (stacked crystal) படம் 18 பயன்படுத்துவதால் திறன் வெளியீட்டைப் பெருக்கலாம். அடுக்குகளில்



படம் 18. படிகங்களின் அடுக்கு

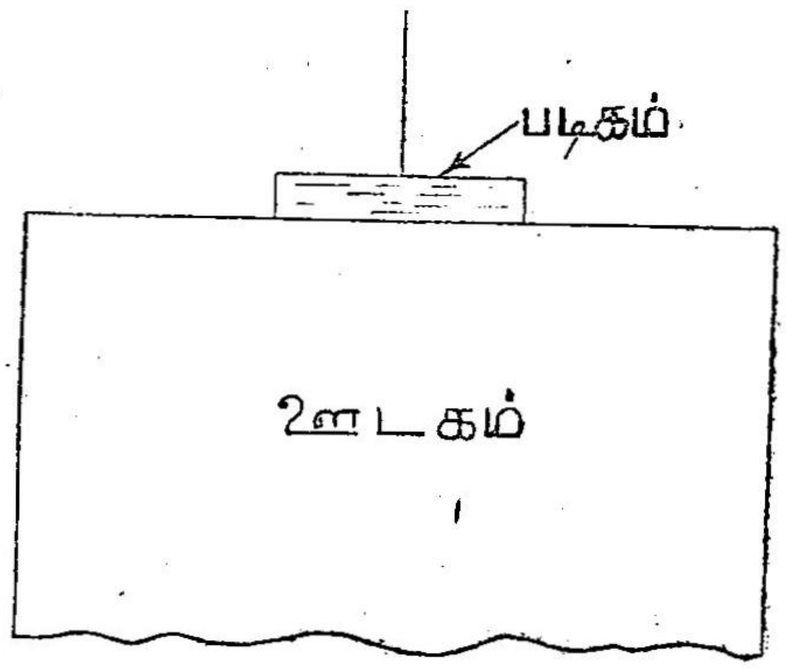
ஒரே முனைவு (same polarity) உடைய முகங்கள் ஒரு திசை நோக்கி இருக்குமாறு படிகங்கள் ஒட்டப்பட வேண்டும். அடுக்கில் உள்ள படிகங்களின் ஒரு திசை நோக்கிய முகங்கள் யாவும் ஒரே சமயத்தில் நேர் முனைவு (அல்லது எதிர் முனைவு) பெறவேண்டும்; மற்றும் ஒரே திசையில் ஏற்படும் அதிர்வுகளும் ஒரே கணத்தில்—ஒருங்கே—ஏற்பட வேண்டும். இவ் வமைப்பில் மூன்று படிகங்கள் கொண்ட அடுக்கின் திறன் வெளியீடு ஏறத்தாழ மும்மடங்காகலாம். மேலும், படிக அடுக்கிலிருந்து பெறப்படும் அலைவுகளின் கற்றையில் ஆற்றல் செறிவும் அதிகமாகிறது.

2. படிகப் பற்றிகள்
(Crystal Holders)

2–1. படிக வடிவமைப்பைப் போன்றே, படிகப் பற்றிகள் அல்லது அதற்கான பிடிப்புகளுக்கான வடிவமைப்பும் முக்கியமானதே

படிகப் பற்றிகளின் வடிவங்கள் நடைமுறையில்தான் நிர்ணயிக்கப் படுகின்றன. நீருக்கடியில் சைகை (signal) அனுப்புதல், கலக்கல் (agitation), சோதனைகள் இவற்றுக்கான பற்றிகளைப் பற்றி இங்கு விளக்கப்படும்.

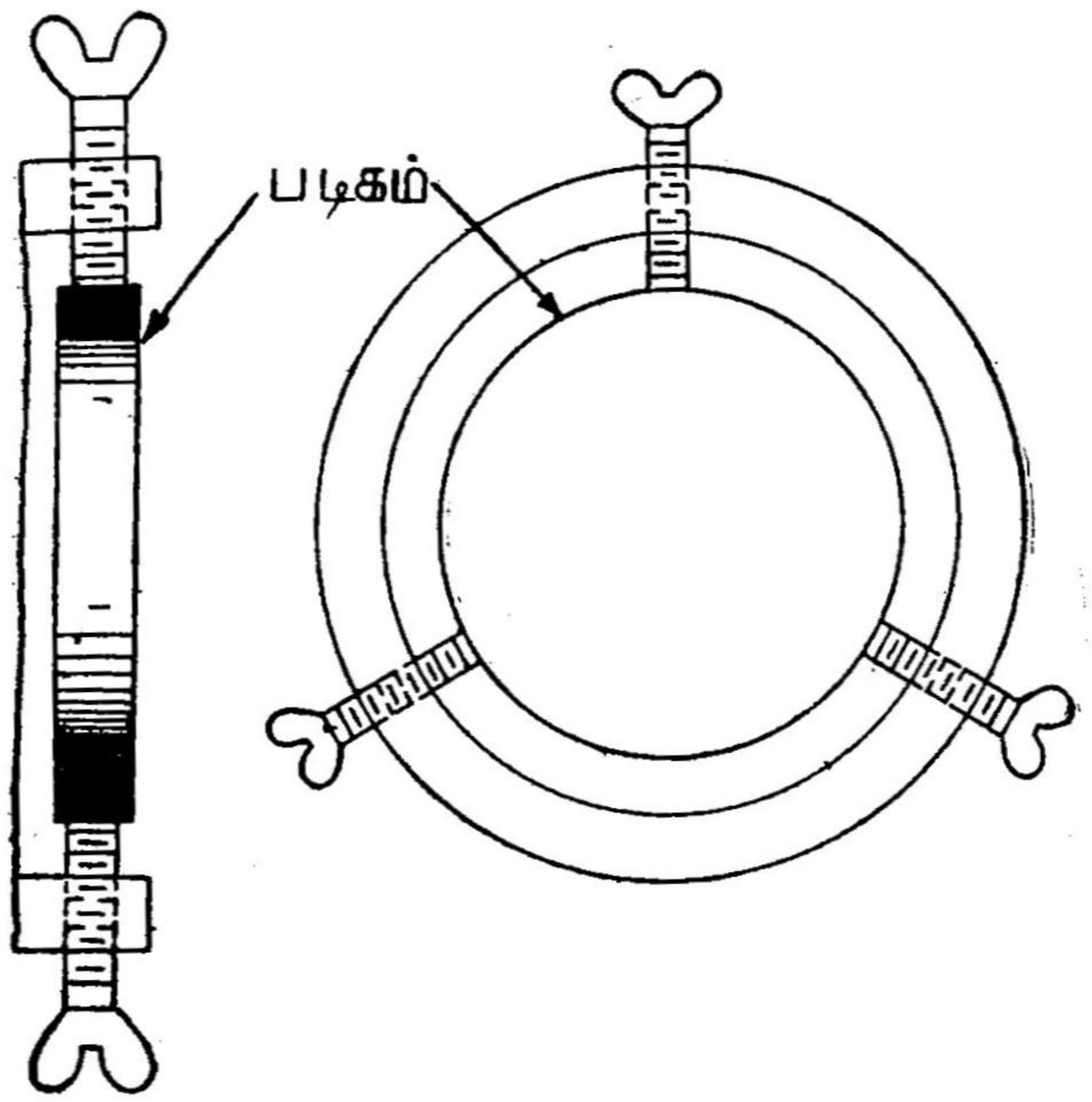
மீயொலி பரவ வேண்டிய ஊடகத்தின் மீது படிகத்தை வைத்து. அதன் மற்ற முகத்திற்கு உயர் மின்னழுத்தம் செலுத்துதல். படிகத்தைப் பொறுத்தும் மிக எளிமையான முறையாகும் (படம் 19) எனினும், படிகம் தடையின்றி அதிரும்



படம் 19. படிகத்தைப் பற்றும் எளிமையான முறை

வகையில் அதனைப் பொருத்துதல் மிகவும் விரும்பத் தக்கது. இதற்காகப் படிகத்தின் ஓரங்களைத் திருகுகள் அல்லது கத்தி முனைகள் கொண்டு பிடித்து அமைத்தல் (படம் 20) நல்லது. இந்தப் பற்றி வசதியானதன்று; ஏனெனில், இவ் வமைப்பில் படிகத்தை நகர்த்திக் கையாளுவது கடினம். சோதனைகளில்

அல்லது சைகை செலுத்தும் அமைப்புகளில் படிகத்தின் பின் முகம் திண்மமான மேடைமீது பொருத்தப்படும். இந்த



படம் 20. கத்திமுனைகளில் படிகத்தைப் பற்றுதல்

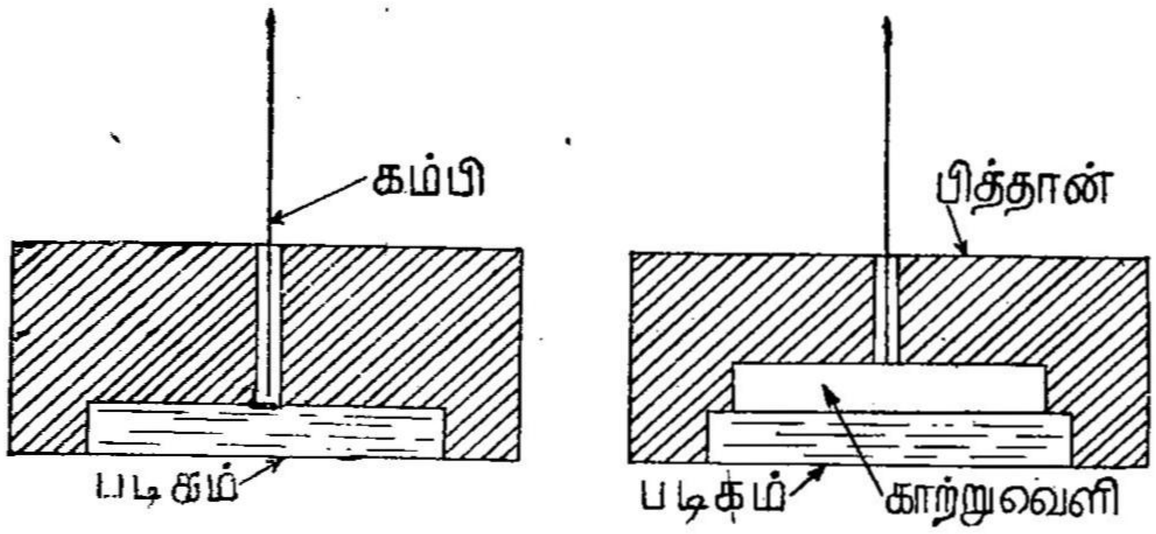
மேடையைப் பித்தான் (button) என்பர். பித்தானுடன் படிகம் பசை கொண்டு ஒட்டப்படும்.

படிகமானது தடையுறுமல் செயல்பட்டு அதிர்ந்தால் அது தனிச் சீர் இயக்கம் கொள்ளும். ஆனால், மேடைமீது பொருத்தப்படும் பொழுது அத தன் பிடிப்புகளுடன் மோதுவதால், அதன் இயக்கத்தில் சீர்மை இராது. மீயொலி அமைப்புகளில் இது குறையென்று கூறுவதற்கில்லை.

துடிப்புகள் பயன்படும் அமைப்புகளில் (pulsed systems) படிகமானது அதிர்ந்து, வெகு சீக்கிரம் அமைதி நிலைக்குத் திரும்ப வேண்டும். படிகம் தடையுறுமல் அதிர்ந்தால். அது விரைவில் அமைதி நிலைக்குத் திரும்பாது. எனினும், அதன் முன் முகத்தில் ஊடகம் தரும் தடையானது அதிர்வுகளை விரைவில் நிறுத்திவிடப் போதுமானது. மாறுக, படிகம் பலமாக பற்றப்பட்டிருந்தால்; தடை மிகுதியாகி, கணிசமான ஆற்றல் வீணாகும்.

படிகம் அதிரும் பொழுது அதன் இரு முகங்களிலிருந்தும் அலைகள் வீசப்படுகின்றன; எனவே, அதன் பின்முகத்தி

லிருந்து வெளியிடப்படும் ஆற்றல் சில விரும்பத்தகாத விளைவுகளைத் தோற்றுவிக்கலாம். எனவே, படிகத்தின் பின்முகத்திற்கான மேடையைக் காற்று, பேக்லைட் (bakelite) கேடலின் (catalin) அல்லது ஈயம் போன்ற பொருளால் அமைக்க வேண்டும். இப் பொருள்கள் மீயொலி அலைகளை எளிதில் கடத்துவதில்லை. எனவே, படிகமானது அதன் பித்தானுக்கு ஆற்றலைச் செலுத்தாது. மற்றப் பொருள்களைவிடக் காற்றானது படிகத்திற்குத் தரும் தடையின் அளவு குறைவாகும். எனவே, அதனை மேடையாகப் பயன்படுத்தலாம். இக் காரணத்தினால், திண்மத்தால் பற்றிகள் செய்யப்படும் பொழுது படிகத்திற்குக் காற்று மேடை அமைக்கப்படுகிறது. இதைப் படம் 21-ல் காண்க.



படம் 21. பித்தானில் பொருந்திய படிகம்

பொதுவாகவே படிகத்தைத் திரவம், திண்மம், வாயு இவற்றுடன் பிணைத்துச் சோதனைகள் செய்யவேண்டியுள்ளது. படிகத்தைக் கையினால் பிடித்துச் சோதனைக்குரிய திண்மங்களின்மீது மெதுவாக நகர்த்தி ஆராய வேண்டும். இப் பயனுக்காகப் படிக முகமானது சிறிது துருத்திக் கொண்டிருக்குமாறு பற்றியில் பொருத்தப்படுகிறது. திரவங்கள் அல்லது வாயுக்களில் பயன்படுத்தப் படிகத்தைப் பல வகைகளில் பொருத்தலாம். எனினும், படிகத்தின் முன்முகம் ஊடகத்துடன் தொடர்பு கொள்ளவேண்டும். அதன் பின்முகத்திற்கு இயற்றியின் உயர் மின்னழுத்தம் தரப்படும். படிகத்தின் முன்முகம் புவியிணைப்புப் பெறும்.

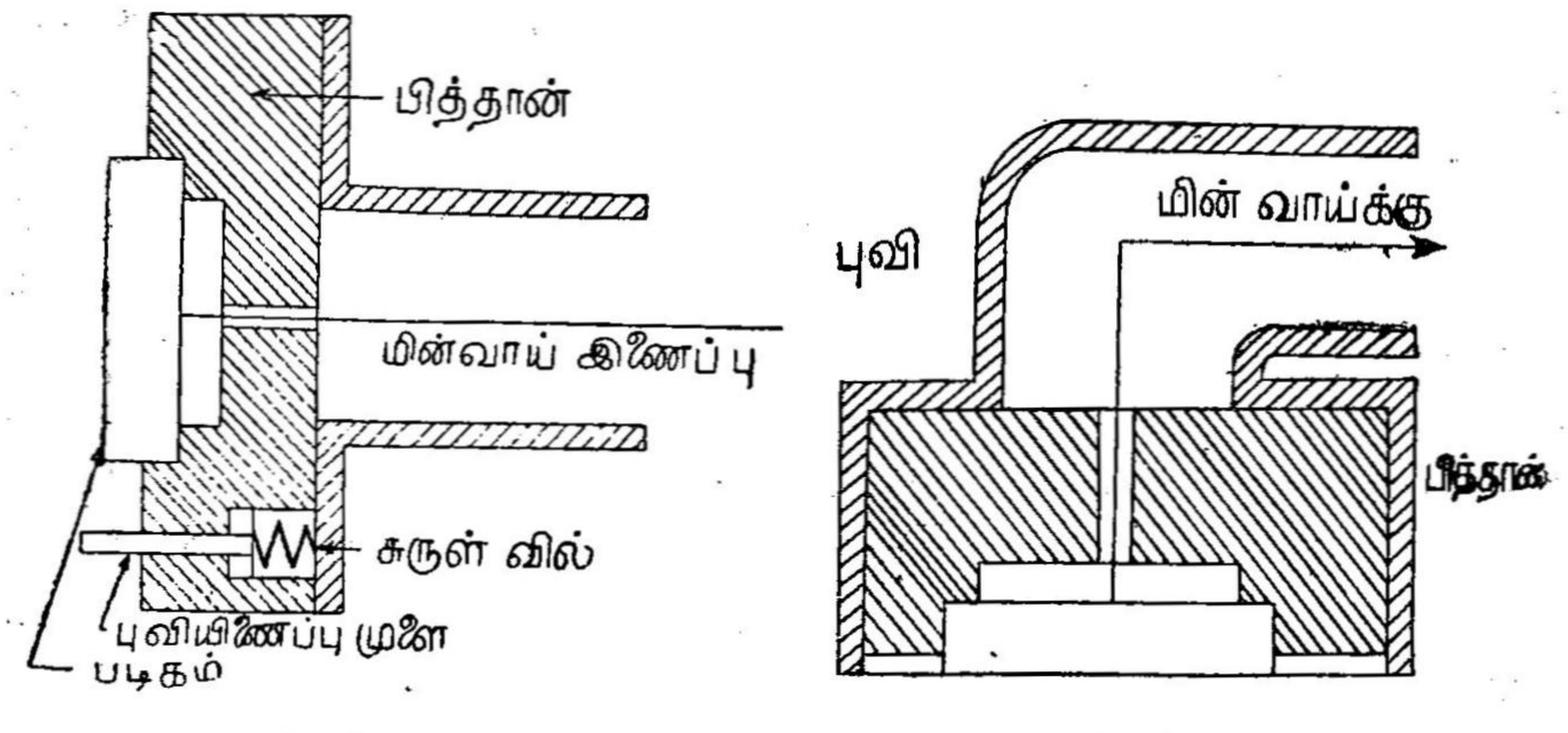
துடிப்புகளாகச் சைகைகளைப் பயன்படுத்தும் சோதனைகளில் அச் சைகைகளும், துடிப்புகளும் வலிமையுடனிருப்பின் மிகவும் நல்லது. மேலும் தொடர் அலைகள் (continuous waves) பயன்படும் பொழுது. படிகத்திலிருந்து பெருமமான திறன், தடையின்றி ஊடகத்திற்கு மாற்றப்படும் வகையில் பற்றிகள்

அமையவேண்டும். சைகைகள் மற்றும் அலைப்பண்பேறிய (modulated) அலைகளைப் பயன்படுத்தும் வேலைகளில் சிறிது திறனை இழக்க வேண்டியிருக்கும்; ஏனெனில், படிகத்தின் நேர மாறிலி (time constant) குறைந்த மதிப்புடையதாக வேண்டும். அதாவது சைகை வீசப்படும் நேரத்தைவிட, அது நின்ற பின் படிகம் தனியாக அதிர்வுறும் நேரம் (time of free vibration) குறைவாக விருக்கவேண்டும். அப்படியிருந்தால் தான் படிகம் சைகைக்கு ஏற்றவாறு அதிர்வுறும். இதற்காகவென்றே படிகத்தின் அதிர்வுக்குத் தடையைத் தோற்றுவிப்பதும் உண்டு.

கலக்கும் சோதனைகளில் (agitation) படிகமானது இயன்ற வரையில் தனிநிலையில் அதிர்வுற வழி செய்யப்படுகிறது. பெரும்பாலும் படிகத்தின் ஒரு முகம் திரவம் உள்ள தொட்டியின் சுவருடன் ஒட்டப்பட்டு அதன் பிற பகுதிகள் தளையற்றிருக்கும்.

2–2. திண்மங்களில் மீயொலி செலுத்தப் படிகப் பற்றிகள் (நெட்டலைவுகள்)

அதிர்வுகளுக்குத் தடையைத் தோற்றுவிக்காமல், படிகத்தை உறுதியாகப் பிடித்து அதன் முகம் ஊடகத்துடன் நல்ல தொடர்பு கொள்ளுமாறு பற்றிகள் அமைய வேண்டும். படிக முகங்கள் தளையற்று அதிரும் வகையில் அதனைப் பற்ற வேண்டும். மற்றும் படிகத்தின் முன்முகத்தில் செலுத்தப்படும் உயர்



(அ) (ஆ)

படம் 22. எளிமையான பற்றிகள்

அதிர்வெண் மின்னழுத்தம் சோதனையாளரைப் பாதிக்கக் கூடாது. படிகத்தின் மற்ற முகம் புவியிணைப்புப் பெறவேண்டும். பற்றியானது இலேசாகவும், கையாள்வதற்கு எளிமையாகவும்

இருக்கவேண்டும். சோதனைப் பொருள்கள் அல்லது ஊடகங்களின்மீது அல்லது உள்ளே எளிதில் பயன்படுத்தும் வகையில் அதன் வடிவமும் பருமனும் அமைய வேண்டும். பற்றியின் முன்பக்கத்தில் படிக முகத்தின் பரப்பு அதிகமாகத் தெரிய வேண்டும்.

படிகப் பித்தானுக்கான (button) ஒரு பிடிப்பே பற்றியாகும். பற்றியானது தேவைக் கேற்ப நேராக அல்லது வளைந்திருக்கலாம். உயர் மின்னழுத்தக் கம்பியைப் படிகத்துடன் இணைக்கும் வகையில் பற்றியில் திருகுகள் அமையும். படம் 22-ல் காண்க.

2–3. பித்தான்

பித்தான் ஒரு முக்கிய உறுப்பாகும். மீயொலியைக் கடத்தாத பொருளால் அமையும் பித்தானில் படிகம் செவ்வனே பொருந்த வேண்டும். படிகத்தின் ஓரங்களில் மட்டும் பிடிக்கப் பட்டு அதன் பிற பகுதிகள் தளையுறுமல் அதிருமாறு பித்தான் அமைகிறது. பித்தானில் வெட்டிய பள்ளத்தில் படிகம் செவ்வனே பொருந்தும். சோதனைக் குட்படும் திரவங்களை உட்கவராத பொருளால் பித்தான் அமைக்கப்படவேண்டும்.

காற்றில் மீயொலி பரவுதல் குறுகிய தொலைவிலேயே மிகையாகத் தடையுற்றாலும், பித்தானில் உள்ள காற்று இடைவெளி(air gap) ஒத்ததிர இயலும், பித்தானின் பின்புறத்திற்கும் படிகத்திற்கும் இடையே காற்று இடைவெளி இருக்குமாறு படிகம் பிடிக்கப்பட்டிருந்தால், மேற் சொன்ன காற்று ஒத்ததிர்வு நிகழும்: அப்பொழுது. படிகத்தின் பின்முகத்திலிருந்து புறப்படும் மீயொலிஅலையானது காற்று இடைவெளிவழியாகப் போந்து பற்றியில் பட்டுத்தெறித்து மீண்டும் படிகத்தை வந்தடையும். இப்படி அலை கடந்த தொலைவானது மீயொலி அலை நீளத்துடன் ஒப்பிடத் தக்கதாயின் குறுக்கீட்டு விளைவு (interference) தோன்றலாம். குறுக்கிடுதலின் காரணமாக, குவார்ட்சு அதிர்வுகளின் வலிமை கூடலாம்; அல்லது தடையுறலாம். காற்றில் மீயொலி அலைவேகம் 330 மீட்டர்./வினாடி. மீயொலியின் அரை அலை நீளத்திற்குச் சமமான நீளமுடைய காற்று இடைவெளி ஒத்ததிரும். எனவே, அலை நீளத்தைப் பொறுத்து, ஒத்ததிரும் காற்று இடைவெளியின் நீளமும் மாறும். எந்த ஓர் அதிர் வெண்ணுக்கும் இந்த நீளத்தைக் கணக்கிடலாம்.

சோதனைகளில் வழக்கமாகப் பயன்படும் அதிர் வெண்களில் 5 *MHz* ஒன்றும். இந்த அதிர் வெண்ணில்

$$\left.\begin{matrix}\text{அரை அலை}\\ \text{நீளம்}\end{matrix}\right\} = \frac{\lambda}{2} = \frac{33000 \text{ செ.மீ./வினடி}}{2 \times 5 \times 10^6 \text{ ஹெர்ட்சு}} = \cdot 0033 \text{ செ. மீ.}$$

நெட்டலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கும் இயற்றியில்தான் (எடுத்துக்காட்டு, X-வெட்டுப்படிகம்) குறுக்கீட்டு விளைவு தோன்றும்.

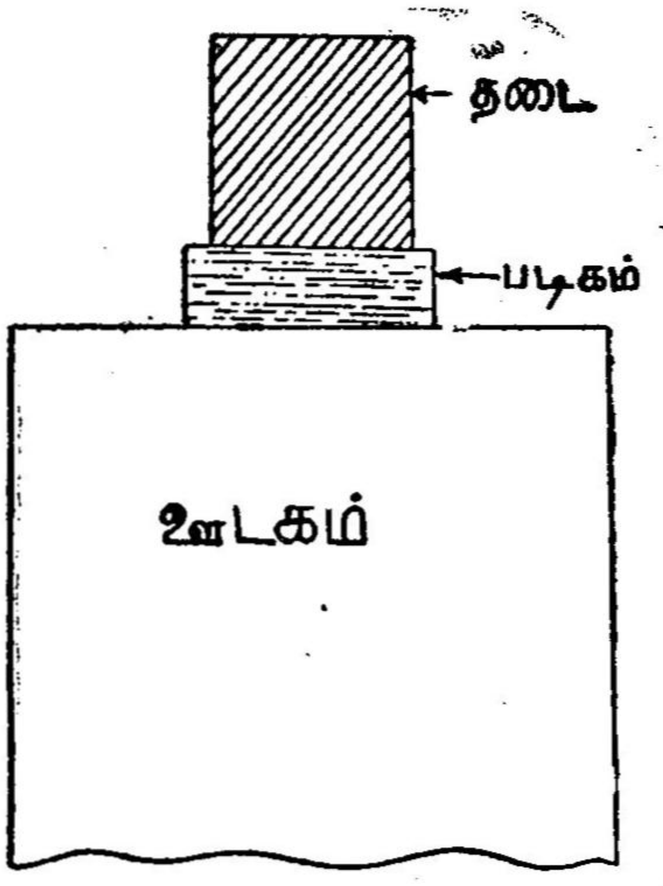
குறுக்கீட்டு விளைவு தோன்றுவதைப் பின்வறுமாறு விளக்கலாம். படிகமானது ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் முழுமையாகப் பருத்து இருக்கும் கணத்தில், ஓர் அலைத் துடிப்புக் காற்றில் ஏகி, பிரதிபலிக்கும் பின் தளத்தில் மோதிப் படிகத்திற்குத் திரும்புகிறது. ஆனால், படிகமானது எதிர்த் திசையில் அதிர்ந்தபின் அச்சமயம் தொடக்க நிலைக்குத் திரும்பிக் கொண்டிருக்கும். ஆகவே, பிரதி பலிக்கப் பட்ட காற்றலைத் துடிப்பானது (airpulse) படிகம் முதல் திசையில் வளைந்து அதிர்வதை எதிர்க்கும். படிகத்தின் அதிர்வு வலிமையூட்டப்படவேண்டுமெனில், படிகம் அதிரும் திசையும், காற்றலைத் துடிப்பு வரும் திசையும் ஒன்றுக வேண்டும். எனவே, காற்று இடைவெளி $\frac{\lambda}{4}$ நீளமிருப்பின்; காற்றலைத் துடிப்பானது படிகம் வளையும் திசையிலேயே அதன்மீது மோதி அதன் அதிர்வை அதிகப்படுத்தும்.

இத்தகைய வலிமையூட்டம் (reinforcement) தேவையில்லையெனில், காற்று இடைவெளி ஒத்ததிராமல் செய்யலாம். அநேகமாக எல்லாப் பித்தான்களுமே காற்று ஒத்ததிர்வு இன்றித்தான் அமைக்கப் படுகின்றன. தவிர, படிகத்தின் பின் முகத்திலிருந்து மீயொலி அலைகள் பரவாமலே தடுக்கும் பின் முகப்புகள் (backings) உயர் திறன் மீயொலி அமைப்புகளில் பொருத்தப்படுகின்றன.

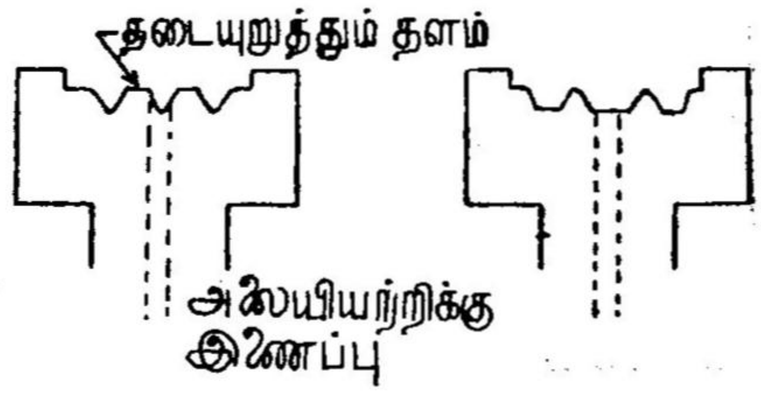
படிகமானது ஊடகத்தில் தோன்றும் அலைவுகளை விரைவாகப் பின்பற்ற வேண்டும். அதனுடன் மீயொலிச் சைகைகளில் அலைப்பண்பேற்றம் (modulation) உண்டெனில் அவற்றைச் சரிவரத் தோற்றுவிக்கவும் வேண்டும். எடுத்துக் காட்டாக மீயொலித் துடிப்பு அமைப்பில் (pulse ultrasonic system) ஒரு துடிப்பு, தோன்றியவுடன் படிகத்தின் அதிர்வு திடீரென நின்றுவிட வேண்டும்: (இல்லையெனில் சைகையின் வடிவம் குலைவுறும்), இதற்காகப் படிகத்திற்குத் தடையைக் கூட்ட வேண்டும்.

இத்தடை தேவைக்கு மேல் இருக்கக் கூடாது. இத்தடையைத் தோற்றுவிக்கப் படிகத்தின் பின்முகப்பில் மீயொலியைக் கடத்தாப் பொருள்களைப் பொருத்தலாம் (படம் 23).

இவ்வமைப்புகளில் பொதுவாக அலைவு வீச்சுக் குறைந்து நுட்ப உணர்வும் குறைவும் எவ்வளவு தடைதேவை யென்று சோதனையிட்டு நிர்ணயிக்க வேண்டும். வெவ்வேறு அளவான தடையைத் தோற்றுவிக்கும் வகைகள் படம் 24-ல் காணப்படு



படம் 23.
படிகத்துடன் தடைக்கூறு



படம் 24.
வெவ்வேறு தடைக்கூறு ஏற்படுத்தும் வகையில் பித்தானின் முகங்கள்

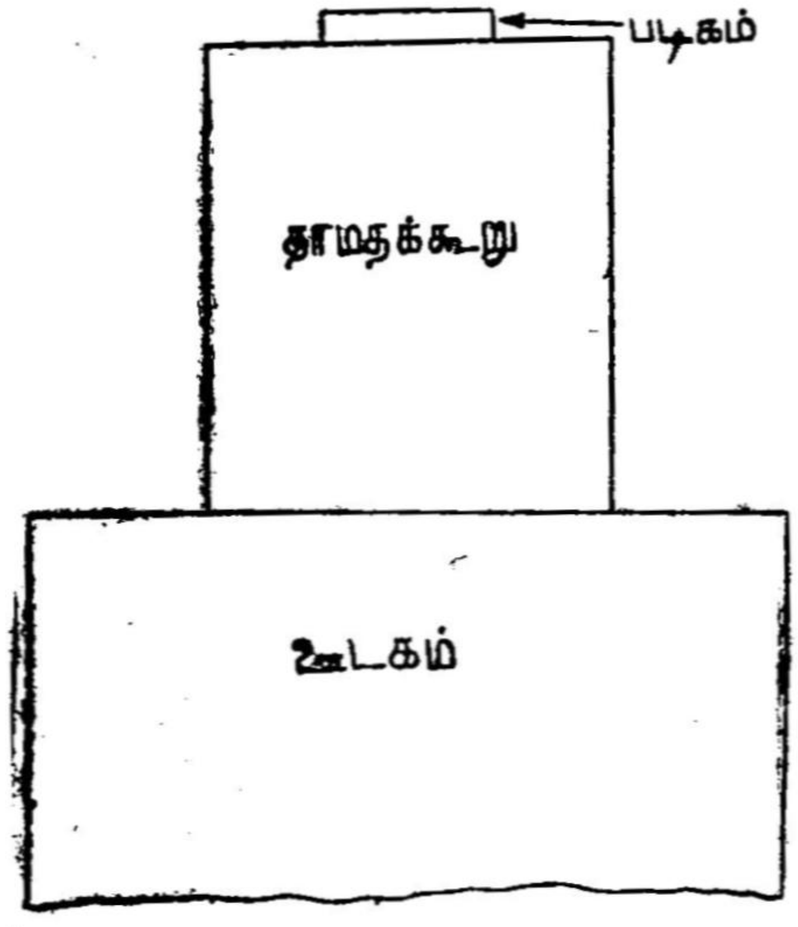
கின்றன. இவற்றில் படிக முகத்துடன் ஓட்டும் தடையின் பரப்பளவு வெவ்வேறுயிருப்பது காண்க. படிகத்தின் விளிம்புகள் மட்டும் பிடிக்கப் பட்டிருந்தால் தடைக்கூறு சிறுமமாகும். படிக முகம் முழுவதும் தடையுடன் ஓட்டியிருப்பின் தடைக்கூறு பெருமமாகும்.

2-4. தாமதக் கூறுகள் (Delay components)

ஊடகத்தின் ஓரங்களிலேயே உள்ள குறைகளைக் காணும் சோதனையில், படிகத்திற்கும், ஊடகத்திற்கும் இடையே வேறோர் ஊடகம் பொருத்தப்படும். இதனைத் 'தாமதக் கூறு' என்கிறோம். இதன் காரணமாக, துடிப்பு ஆனது சோதனை ஊடகத்தில் மோதிப் படிகத்திற்குத் திரும்பும் நேரம் அதிகப் படும், (பிரதிபலிப்புத் தாமதப்படுகிறது.) படம் 25-ல் காண்க.

துடிப்பையும் அதன் பிரதிபலிப்பையும் பிரித்துக் காட்டும் வகையில் தாமதக்கூறின் நீளம் இருக்க வேண்டும். தாமதக் கூறின் குறுக்களவும் தேவைக்கேற்றவாறு அதிகமாக அமைய வேண்டும். அப்படி அமைந்தால்தான் தடைக்கூறின் பக்கங்களில் பிரதிபலிக்கப்படும் அலையானது துடிப்பு நேரத்திற்குள்ளேயே (pulse time) திரும்பாது. செலுத்தப்படும் துடிப்பலை

யையும், பிரதிபலிக்கப்பட்ட அலையையும் பிரித்தறியும் வகையில் தாமதக்கூறு பயன்படுத்தாத பொழுது, எதிரொலிப்பு முறையில் அளக்கக் கூடிய சிறுமத் தொலைவு, எஃகில் ஏறத்தாழ 1½ செ மீ. ஆகும் (அதாவது துடிப்பு நேரம் 4 மைக்ரோ வினாடியாம்). அதனைவிடக் குறைந்த துடிப்பு நேரம்—எடுத்துக் காட்டாக 0·001 மைக்ரோ வினாடி—உடைய துடிப்பையும் அதன் பிரதி பலிப்பையும் தாமதக்கூறு பயன்படுத்தித்தான் பிரித் தறிய இயலும்.

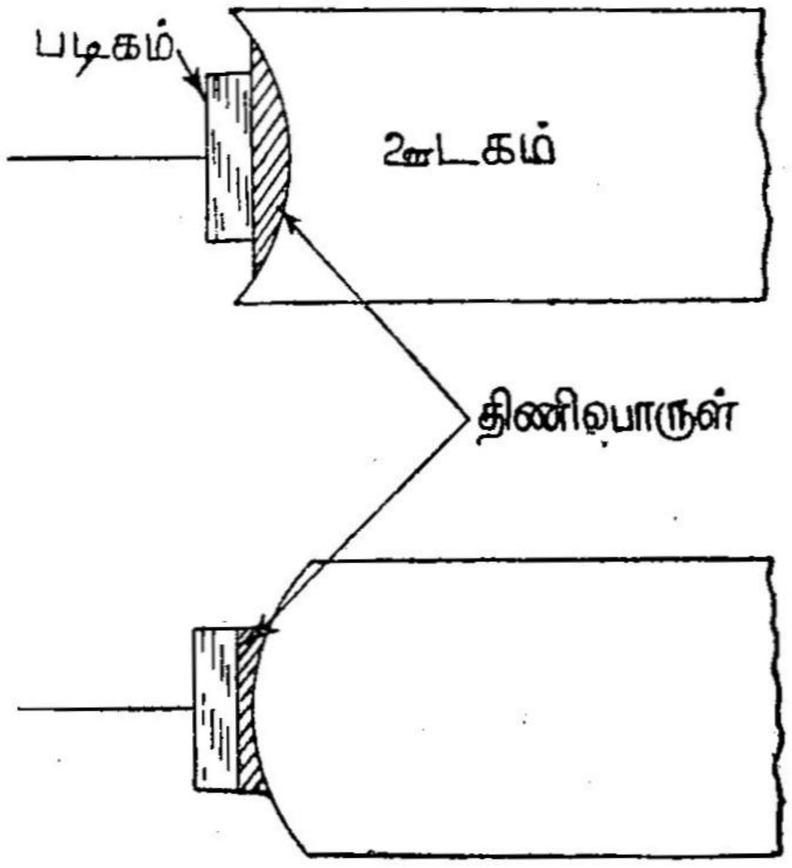


படம் 25.
தாமதக்கூறு பொருந்தும் வகை

லிதியம் சல்ஃபேட்டைச் சேராத ஊடகத்துடன் நேரடியாகத் தொடர்புப் படுத்த இயலாது. இந்த நிலையிலும் தாமதக்கூறுபயன்படும். அதனுடன் ஒலி எதிர்ப்புச் சமனம் (acoustic impedance matching) செய்யவும் தாமதக்கூறு பயன்படலாம்.

திணி பொருள் (Filler) : வளைந்த பரப்பு உடைய ஊடகத்துடன் சமதளமுகம் உடைய படிகத்திற்குத் தொடர்பு ஏற்படுத்த திணி பொருள் பயன்படும். இதனை ஊடகத்திற்கும், படிகத்திற்கும் இடையே வைப்பது வழக்கம். குவார்ட்சின் ஒலி எதிர்ப்பு = $1{\cdot}52 \times 10^6$ ஓம்கள். அலுமினியம் அல்லது டியூராலுமினியத்தின் (duraluminium) ஒலி எதிர்ப்பு = $1{\cdot}68 \times 10^6$ ஓம்கள். எனவே, இவ் விரண்டில் ஒரு பொருள் திணி பொருளாகப் பயன்படுத்தப் படுகிறது. அலுமினியத்தைவிட டியூராலுமினியம் உறுதி மிக்கது; நெடுநாள் உழைக்கும். எனவே, அதுவே விரும்பப்படுகிறது. 1·25 மி.மீ. தடிப்புடைய திணி பொருள் செவ்வனே செயல்படும். இதனைவிட மெல்லிய திணி பொருள் பயன்படுத்தினால், ஊடகத்தினுள் அதிக ஆற்றல் கடத்தப் பட்டாலும், சைகையானது தெளிவாயிராது. இதனைவிடத் தடிப்பாகத் திணி பொருள் இருப்பின் ஆற்றல் அதிகமாக வீணாகும், படம் 26-ல் ஊடகத்திற்கும், படிகத்திற்கும் இடையே திணி பொருள் பொருந்தியிருப்பதைக் காணலாம். பாதரசம், அல்லது அடர்த்தி மிகு எண்ணெயும் திணி பொரு

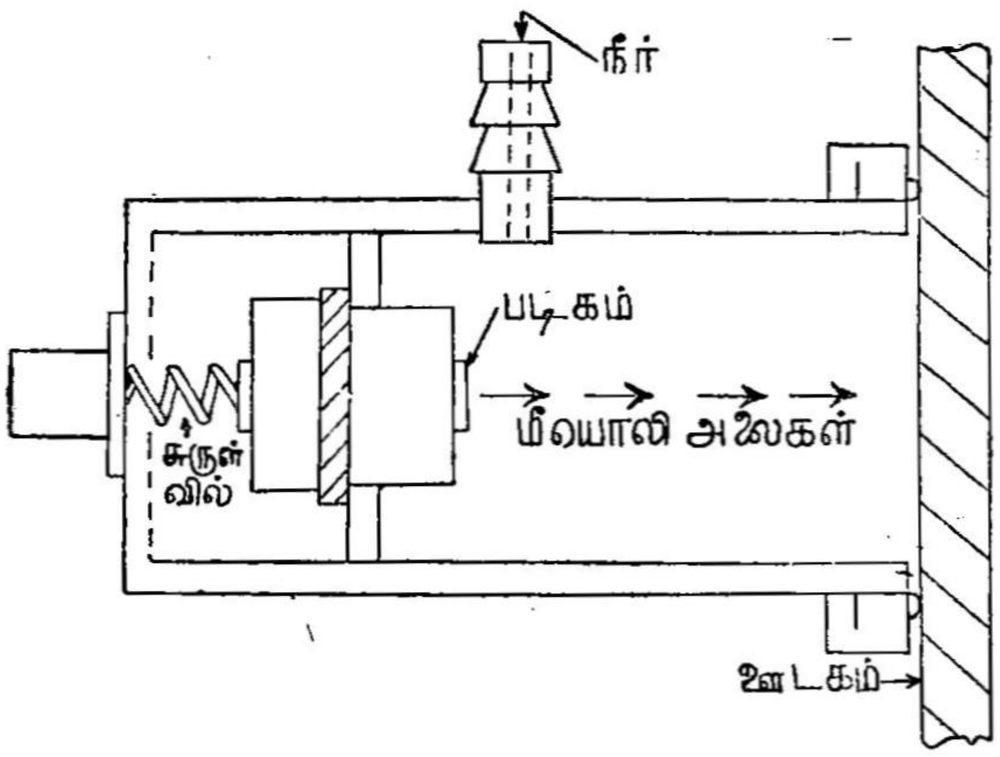
ளாகப் பயன்படும், ஊடகத்திற்கும் படிகத்திற்கும் பிணைப்பு ஏற்படுந்த நீரும் பயன்படும். ஊடகத்தின் முகம் சமதளமாக இல்லாவிடில் அல்லது வேக மான இயக்கம் தேவை யெனில் நீரைப் பயன்படுத் தலாம். சோதனைக்குட்படும் ஊடகமானது ஒரு நீர்மத் தில் மூழ்கியிருக்கும் பொழுது படிகமும் அதனுள், ஊடகத் திலிருந்து சிறிது தொலை வில்வைக்கப்படும். படம் 27 காண்க.



படம் 26.
திணிபொருள் பொருந்தும் வகை

2–5. நீர்மங்களில் பயன்படும் படிகப் பற்றிகள் (Holders for agitating liquids)

வேதியியல், உலோகத் தொழில் நுட்ப வியல், மற்றும் உயிர் நூலியலில் மீயொலி செலுத்தி நீர்மங்களைக் கலக்கிச் சோதிக்கும் அமைப்புகளில் படிகங்கள் பரவலாகப் பயன்படு



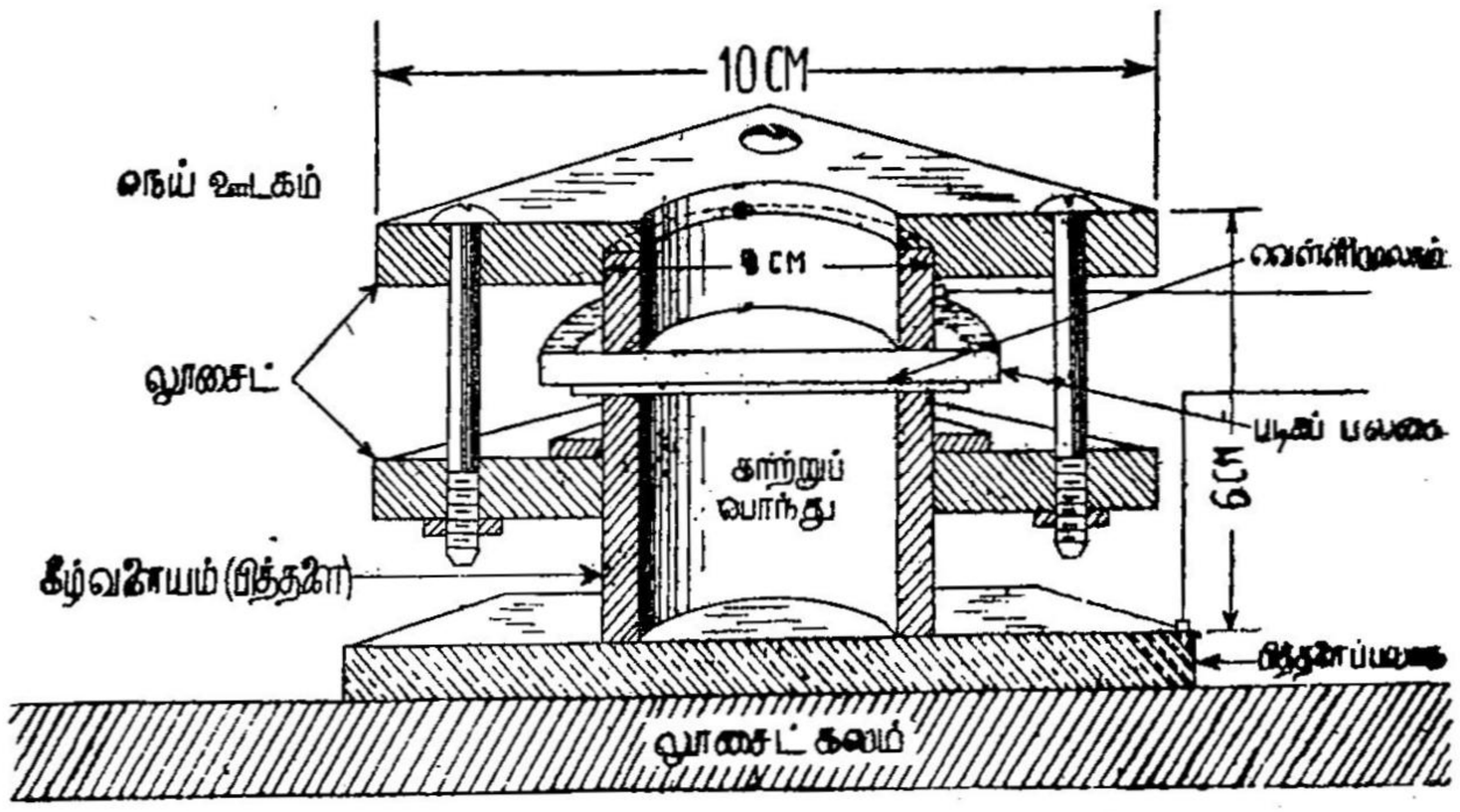
படம் 27. நீர்கொண்டு பிணைப்புத் தோற்றுவித்தல்

கின்றன. நீர்மங்களில் படிகத்தைத் தொங்கவிட்டு அதனை அதிரவைத்தல் மிக எளிய முறை. ஆனால் நீர்மமே படிகத்தின் அதிர்வுகளுக்கு அதிகமான தடையினை (damping) ஏற்படுத்தும். மேலும், சில நீர்மங்கள் படிகத்திற்குச் செலுத்தப்படும் உயர் மின்னழுத்தத்தில் மின் காப்பு (insulation) இழந்துவிடக் கூடும்.

பொதுவாகவே படிகத்தின் ஒரு முகத்திலிருந்து வீசப்படும் மீயொலிக் கதிர்களே பயன்படுத்தப் படுகின்றன. எனவே, அந்த முகம் மட்டும் நீர்மத்துடன் பிணைப்புப் பெற வேண்டும். எனவே, பயன்படும் பற்றிகள் படிகத்தைப் பிடித்துக் கொள்ளவும், மின்னழுத்த முறிவு ஏற்படாமல் பாதுகாக்கவும், பெருமான திறன் படிகத்திலிருந்து பெறவும் ஆனவகையில் அமைய வேண்டும்.

கிடக்கையான காரீயப் பலகைமீது படிகத்தை வைத்து அதன்மீது பித்தளை வளைய மொன்று பொருத்தப்பட்டு, பித்தளை வளையம் வழியே படிகத்திற்கு மின்னழுத்தம் செலுத்தப் படும். பித்தளை வளையத்திலிருக்கும் துளை வழியே மீயொலி அலைகள் வெளிக் கிளம்புகின்றன. காரீயமானது மீயொலியைக் கடத்தாது என்பதால் அது படிகத்திற்குப் பின் அணைப்பாக வைக்கப்பட்டது.

படிகத்தின் பின்முகத்திற்கு அணைப்பாக வைக்கப்படும் எந்தப் பொருளும் சிறிது மீயொலி ஆற்றலைக் கடத்தும்; எனவே, பயன்படக் கூடிய வெளியீடு சிறிது குறையும்: ஆகவே, படிகத்திற்குப் பின்புறம் பேக்லைட் வளையம் வைத்துக் காற்றையே அணைப்பாக்கும் முறை வளர்ந்தது. இதனால் மீயொலி வெளியீடு அதிகமாயிற்று, அதற்கான தடையும் குறைந்தது.



படம் 28. நீர்மத்தைக் கலக்கும் ஆற்றல் மாற்றி

படம் 28-ல் சமீப காலத்தில் பயன்படும் ஒரு பற்றியின் அமைப்புக் காணப்படுகிறது. படிகத்தை இரண்டு மின்வாய்கள் தாங்குகின்றன. அதற்குப் பின்புறம், காற்று உள்ளது. இந்த அமைப்பு லூசைட் (Lucite) பலகைகளால் தாங்கப்படு

கின்றது. லூசைட் மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தம் உள்ள பொழுதும் மின் காப்பு இழக்காது. இந்த அமைப்பில் குவார்ட்சு படிகம் பயன்படுகிறது.

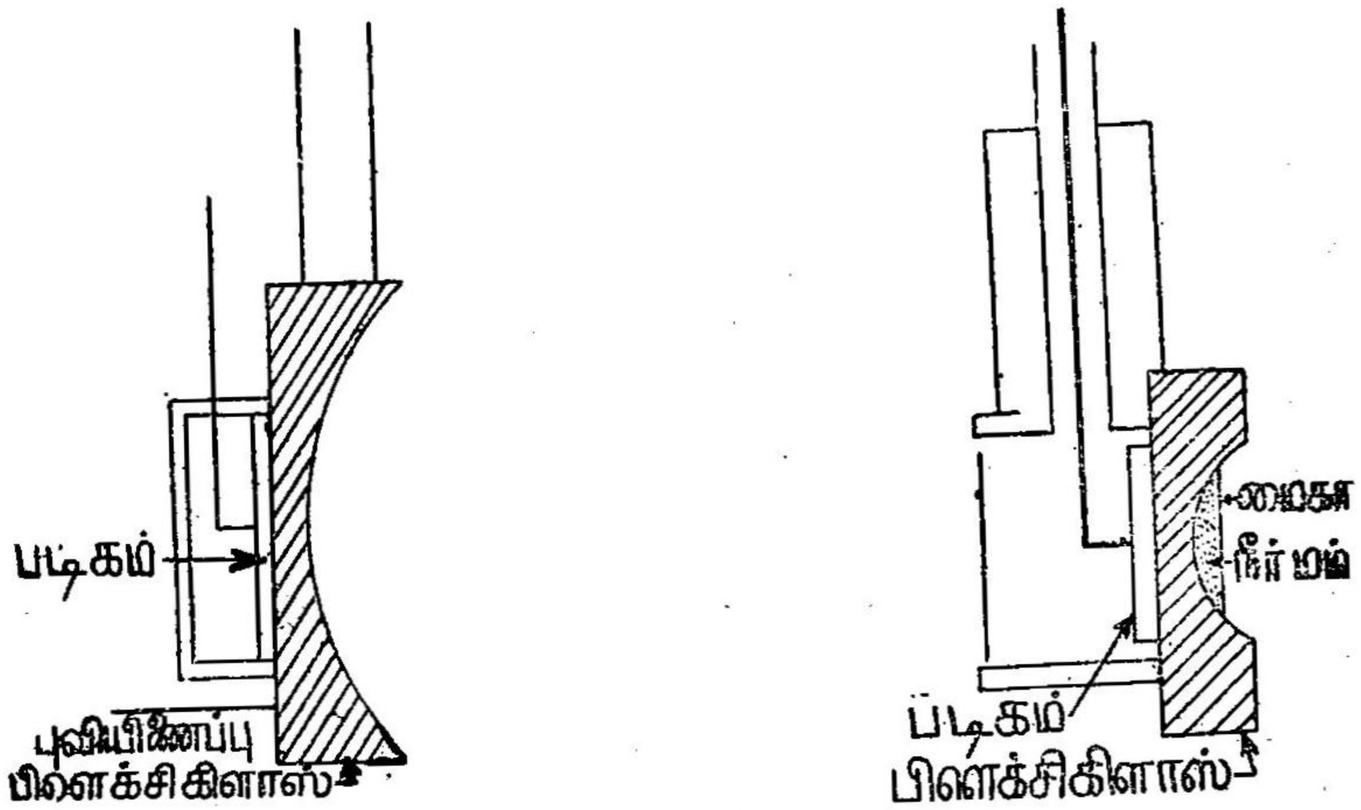
குறை அதிர்வெண்களில் பயன்படும் பேரியம் டைட னேட் படிகமாயின் அதனை நீர்மத் தொட்டியின் சுவருடன் ஒட்டிவிடலாம். சுவர் மெல்லிய தாயின் ஒட்டுவதனல் சிக்கல் எழாது. அதுவே தடித்த சுவராயின், பயன்படும் மீயொலி அலை நீளத்திற்கு ஒத்ததிரும் வகையில் அமையவேண்டும்.

நீர் மூழ்கிய பயன்களில் மீயொலி ஏற்பியாகப் (ultrasonic receiver) பயன்படுகிறது. ரோஷெல் உப்பு அல்லது செயற் கைப் படிகம் பல சேர்ந்த மொசைக்கிற்கு (mosaic) நுட்ப வுணர்வு அதிகம், (குவார்ட்சு, ரோஷெல் உப்பைப் போன்று அவ்வளவு திறமையாகச் செயல்படவில்லை) எனக்கு தகடுமீது படிகங்கள் ஒட்டப்படுகின்றன. படிகங்கள்மீது வெற்றிடப் பூச்சு (vacuum coating) முறையில் உலோகம் பூசப்படுகிறது. இவற்றின்மீது வேறோர் உலோகப் பலகையால் மூடி நீர்புகா வண்ணம் காக்கப்படும். இந்த முன்புறப் பலகணியை (window) படிகங்கள் தொட்டிரா. ஆனல், இந்தப் பெட்டகம் போன்ற அமைப்பினுள் ஊற்றப்பட்ட ஆமணக் கெண்ணெய் (castoroil) வழியாக மீயொலி அதிர்வுகள் முன்புறப் பலகையை (window) அடையும்.

2–6. லென்சுகளும், ஆடிகளும் (Lenses and Reflectors)

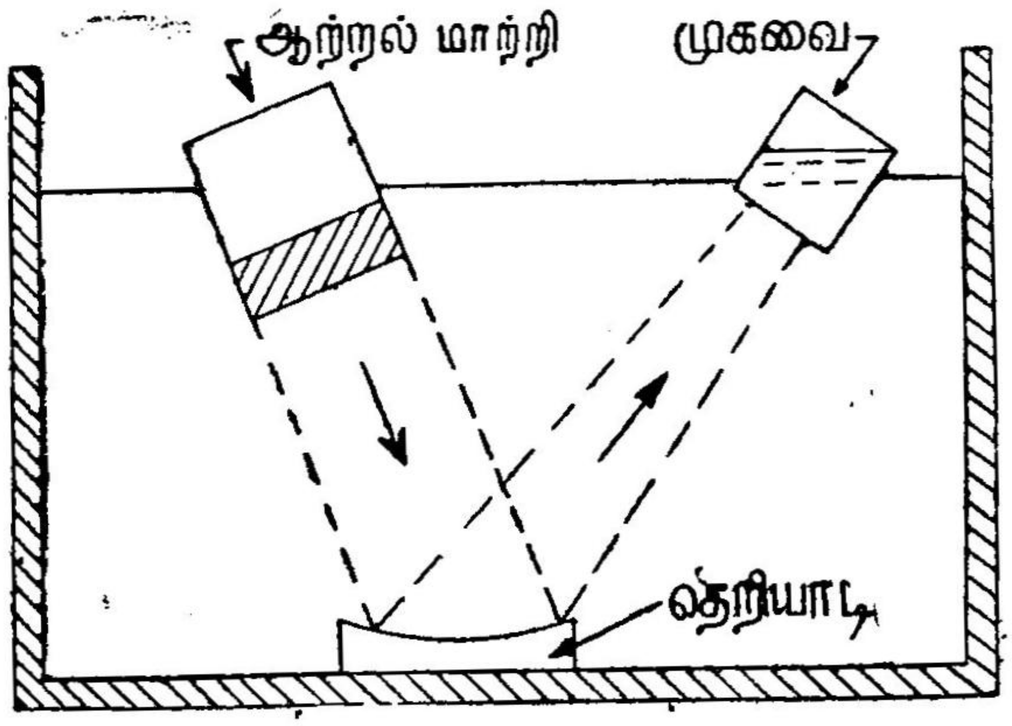
மீயொலிக் கற்றைகளைக் குவியப் படுத்தும் முயற்சிகள் ஓரளவிற்கு வெற்றி யடைந்துள்ளன. ஒளியியல் கோட்பாடு களை யொட்டி அமைக்கப்பட்ட கண்ணாடி அல்லது உலோக லென்சுகள் பயன்தரவில்லை. லென்சு வடிவத்தில் உலோகச் சிமிழ் அமைத்து அதனுள் ஒரு நீர்மத்தை நிரப்பி, அச் சிமிழை லென்சாகப் பயன்படுத்தலாம். சிமிழ் செய்ய தாமிரமும் அதனுள் நிரப்பப்படும் நீர்மமாகக் கார்பன் டெட்ரா குளோ ரைடும் பயன்படும். ப்ளெக்சி கிளாஸ் (plexi glass) அல்லது பாலிஸ்டரின் (polystyrene) லென்சுகளும் சோதனைகளில் பயனளித்துள்ளன. லூசைட்டைவிடப் பாலிஸ்டிரினுக்கு உட் கவர்திறன் குறைவு. எனவே, அது விரும்பத்தக்கது. லென் சாகச் செய்யப்படும் பொருளில் மீயொலியின் வேகம் ஊடகத் தில் அதன் வேகத்தினின்றும் மாறுபட்டதாக இருக்கவேண்டும். அதனுடன் ஊடகத்தின் ஒலி எதிர்ப்புக்கு ஏறத்தாழச் சமமான ஒலி எதிர்ப்பு உடையதாகவும், அப் பொருள் இருத்தல்

வேண்டும். மீயொலி ஆற்றலைச் சிதறடிக்காமலும், உட்கவ ராமலும் ஆற்றல் கடத்தப்படுவதை வேறு எவ்வகையிலும் பாதிக்காமலும் அப் பொருள் அமைய வேண்டும். படம் 29-ல் அத்தகைய ப்ளெக்சிகிளாஸ் லென்சு காணப்படுகிறது. மீயொலி அலைகளைப் பிரதிபலித்துக் குவியமாக்குதலும் இயலும். ஒளியியல்



படம் 29. பிளெக்ஸிகிளாஸ் லென்சுகள்
(அ) பிளெக்சிகிளாஸ் லென்சுமட்டும்
(ஆ) லென்சுடன் நீர்மமும் சேர்ந்தது

கோட்பாடுகளைப் பின்பற்றியே மீயொலித் தெறியாடிகளும் (reflectors) அமைக்கப்படுகின்றன. படம் 30 காண்க.



படம் 30. மீயொலித் தெறியாடி

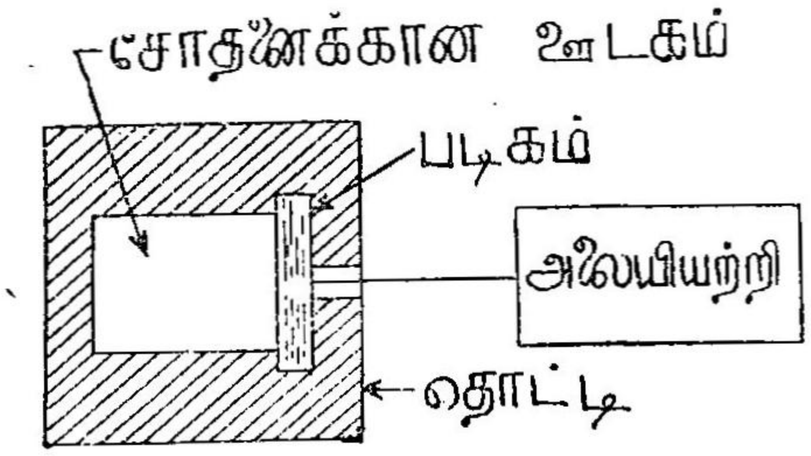
ஒத்ததிர்வுச் சோதனைகளில் பயன்படும் பற்றிகளில் படிக அதிர்வுக்கு ஏற்படும் தடை (damping) மீச் சிறுமமாக்கப்பட

வேண்டும். இல்லையெனில் ஓத்ததிர்வினைக் கண்டுணர்தல் கடினமாகும். ஓத்ததிர வசதியாகப் படிகங்கள் சுருள்வில் உதவியால் பொருத்தப்படுகின்றன. (spring mounted).

(1) மெகாஹெர்ட்சுக்கு மேலான அதிர்வெண்களில் 1 செ மீ. விட்ட முடைய படிகங்களும், *1 MHz*-க்கு குறைவான அதிர் வெண்களில் (2) செ.மீ. விட்ட முடையனவும் நல்ல முறையில் செயல்படுகின்றன. சோதனைக்குட்படும் ஊடகத்தின்மீது படிக முகம் முழுவதும் நன்கு படியவேண்டும். ஊடகம் சிறிய தாயிருப்பின் படிகமும் சிறிய தாயிருக்கவேண்டும்.

நெட்டலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கும் படிகங்கள்தான் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. படிகம் பதிந்துள்ள பித்தானைது படிக விளிம்புகளை அழுத்தமாகப் பற்றிக்கொண்டு. அப் படிகம் *Y* திசையில் அதிர்வுறுமல் தடுக்க வேண்டும். இன்றெனில் சறுக்கு அலைவுகள் (shear waves) தோன்றி (இவற்றின் வேகம் நெட் டலைவுகளின் வேகத்தினின்றும் மாறுபட்டது.) போலியான ஓத்ததிர்வுகளைக் காட்டும்.

குறுகீக்கிட்டு விளைவு அளவியலுக்கென (interferometry) படிகப் பற்றிகள் தனியே அமைக்கப்படுகின்றன. இந்தச் சோதனைகளில், அலைவடிவம் தூய்மையாயிருத்தல் அவசியம். ஒரு தெறியாடியில் மோதி மூலத்திற்குத் திரும்பும் அலைகளைக் கொண்டு மீயொலி குறுக்கீட்டு விளைவுமானி (interferometer) செயல்படுகிறது. தெறியாடி அல்லது மூலம் நகர்த்தப்பட— (மற்றது நிலைத்திருக்கும்)—கருவியமைப்பில் ஓத்ததிர்வு ஏற்



படம் 31. நுண்ணலைக்கியுடன் பயன்படும் படிகப்பற்றி

படும் புள்ளிகள் குறிக்கப்படுகின்றன. படிகத்தை அதிர்விக்கும் (மின்னியல்) அலையியற்றியில் பாய்கின்ற ஆனோடு மின்னோட்டத் தில் தோன்றும் தொய்வு (dip in the anode current of the oscillator) கண்டு, ஓத்ததிர்வினை நிர்ணயிக்கலாம்.

ஓத்ததிர்வு மிகவும் கூர்மையாகத் தெரியவேண்டுமாதலின், அமைப்பில் தடை (damping) மீச்சிறுமமாக வேண்டும். படிக மும் மிக எச்சரிக்கையாக உலோகப் பூச்சிடப்பட்டுச் சிறுமத் தடைபெற்று, பெரும வீச்சுடன் அதிர்வுறுமாறு பொருத்தப் படுகிறது.

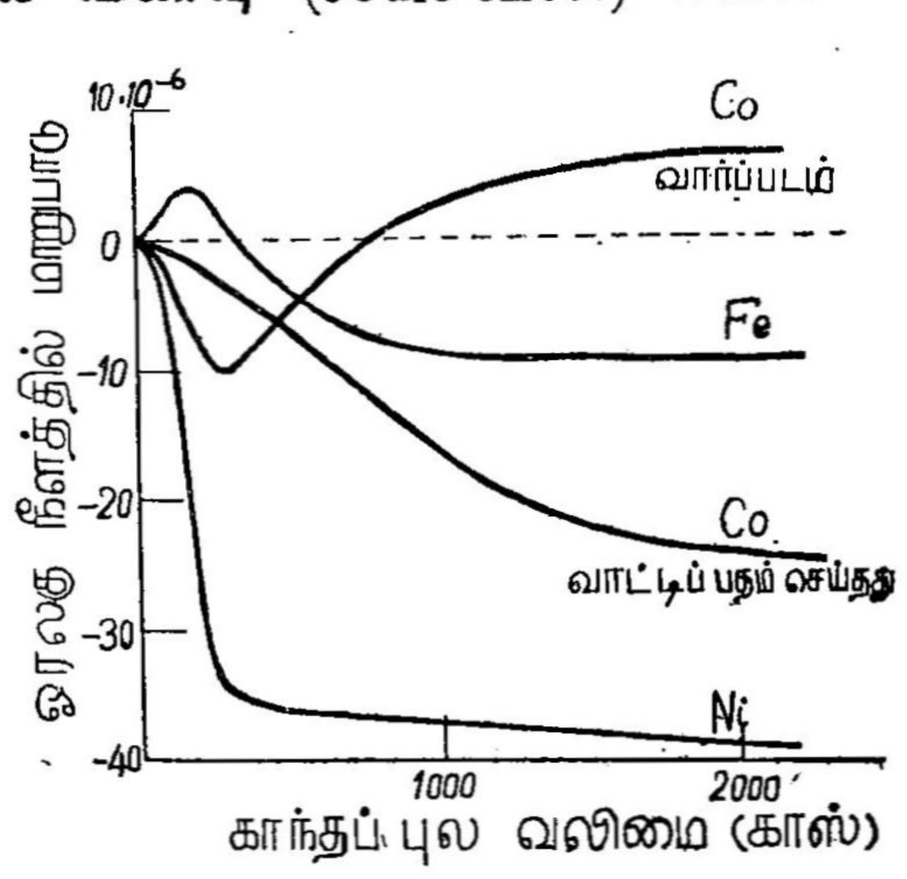
நுண்ணோக்கியின் (microscope) உதவியால் மட்டுமே காணக்கூடிய மீநுண் பொருள்களை மீயொலிச் சோதனைக்குட் படுத்தி ஆராயத் தனிப்பட்ட படிகப் பற்றி தேவை. இப் பற்றி யின் அமைப்பு படம் 31-ல் காணப்படுகிறது.

சிறு தொட்டியினுள் சோதனைப் பொருள் வைக்கப்படு கிறது. படிகம் அத் தொட்டியை கிளர்ச்சிக்குட்படுத்துகிறது. இத் தொட்டி படிகப் பற்றியினுள்ளேயே பொருந்தும். நுண் ணோக்கியின் மேடைமீது அடங்குமாறு தொட்டியும் பற்றியும் தகுந்த சிறிய பருமனுடையன. எனவே, நுண்ணோக்கியைப் பொருளின் அருகே வைத்து நேர்முகமாக ஆராய இயலும்.

3. காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல்

3–1. காந்தப் பரிமாண மாற்ற விளைவு (Magnetostriction effect)

∴பெர்ரோ காந்தப் பருப்பொருளாலான (ferromagnetic material) ஒரு தண்டு அல்லது குழாய் அதன் நீளத்திற்கு இணையாகவுள்ள காந்தப் புலத்தினுள் கொண்டுசெல்லப்பட, அதன் நீளம் சற்றே மாறுகிறது ; இந்த நீளமாற்றம் புலத்தின் திசையைச் சார்ந்திருப்பதில்லை. மேலும், அந்த நீளமாற்றம், பொருளின் தன்மை, அது கையாளப்பட்டு வந்த முறை, அது ஏற்ற காந்தத்தின் அளவு அதன் வெப்பநிலை முதலியவைகளைப் பொறுத்து, நீட்சியாகவோ சுருக்கமாகவோ அமையலாம். இந்த விளைவு 'காந்தப் பரிமாண மாற்றம் (magnetostriction) அல்லது ஜூல் விளைவு' (Joule effect) எனப் பெயர் பெறும்.



படம் 32. காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் காரணமாக நீளம் மாறுதல்

இந்த நீளமாற்றங்கள் அளவில் மிகக் குறைவானவையே. மில்லியனில் ஒரு பங்கு இருக்கலாம். இந்த மாற்றத்தை நுண்ணோக்கியால் அல்லது ஒளியியல் நெம்பு கோலால்தான் அளக்க முடியும். படம் 32-ல் வெவ்வேறு ∴பெர்ரோ காந்தப் பொருள்

களில் தோன்றும் நீளமாற்றங்கள் அவற்றைத் தோற்றுவிக்கும் காந்தப் புலவலிமையுடன் இணைத்துக் காட்டப்பட்டுள்ளன. நிக்கல், மற்றும் வாட்டிப் பதப்படுத்திய (annealed) கோபால்ட் இரண்டுமட்டுமே, எளிய, முறைப்பட்ட ஒழுகலாறு (behaviour) உடையன எனத் தெரிகிறது. காந்தப் புலவலிமை அதிகரிப்பின் இப் பொருள்களின் நீளம் குறைகிறது. மற்றப் பொருள்களுக்கானவரை படங்களில், புலவலிமை அதிகரிக்கும் பொழுது, நீளமாற்றத்தின் குறி (sign) மாறுகின்ற ஒரு திருப்பப்புள்ளி (turning point) உள்ளது. வெப்பநிலை உயரக் காந்தப் பரிமாண மாற்ற விளைவு குறைந்து, கியூரி வெப்பநிலையில் (Curie point) மறைந்து விடுகிறது, பல இயற்பியல் விளைவுகளைப் போன்று இவ் விளைவும் நேர்-எதிர் பண்பு (reversible) உடையது. காந்தமேற்ற நிக்கல் தண்டு நீட்சியுற்றால் அதன் காந்தம் குறைகிறது; அத் தண்டு சுருக்கப்பட்டால் அதன் காந்தம் கூடுகிறது. அத் தண்டின்மீது ஒரு கம்பிச் சுருள் செருகப்பட அத் தண்டில் மீட்சியியல் திரிபு ஏற்படும் பொழுதெல்லாம் சுருளில் மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது.

3-2. காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் அலையியற்றி (Magnetostriction oscillator)

நிக்கல் தண்டு ஒன்றினை மாறுதிசை காந்தப் புலத்தினுள் செருக, காந்தமாக்கல் காரணமாக அத் தண்டு பருவ ஒழுங்குடன் (periodically) சுருங்கும். இத் தண்டு முன்னரே காந்த மேற்காததாயின் அது மாறுதிசைக் காந்தப் புலத்தினைப் போல் இரு மடங்கு அதிர்வெண்ணுடன் அதிரும்; அது முன்னரே தகுந்தவாறு காந்தமாக்கப்பட்டிருந்தால், காந்தப் புலத்தின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமான அதிர்வெண்ணுடன் அதிரும். தண்டின் இயல்பான மீட்சியியல் அலைவு நேரத்திற்கும், மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அலைவு நேரத்திற்கும், ஒத்ததிர்வு இருந்தால், அலைவுகளின் வீச்சுப் பெருமமாகும்; அதே அதிர்வெண்ணுடன் ஒலி அலைகள் தண்டின் முனையிலிருந்து வெளியேற்றப்படும். இந்த ஒலியின் அதிர்வெண்ணை

$$N = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{E}{\rho}}$$ என்ற வாய்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடலாம்.

இவ் வாய்பாடு அடிப்படை அதிர்வெண்ணையே தரும். தகுந்த முறையில் கட்டப்பட்ட தண்டுகள் அல்லது குழாய்களை மேற் சுரங்களில் அதிர்வுறச் செய்யலாம். ஆனாலும், இவற்றின் வீச்சுக் குறையும். நீளம் l உடைய தண்டின் இயல்பு அதிர்

வெண் Nஐ $N_k = \frac{k}{2l}\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ என்ற வாய்பாட்டால் கணக்கிடலாம். இங்கு

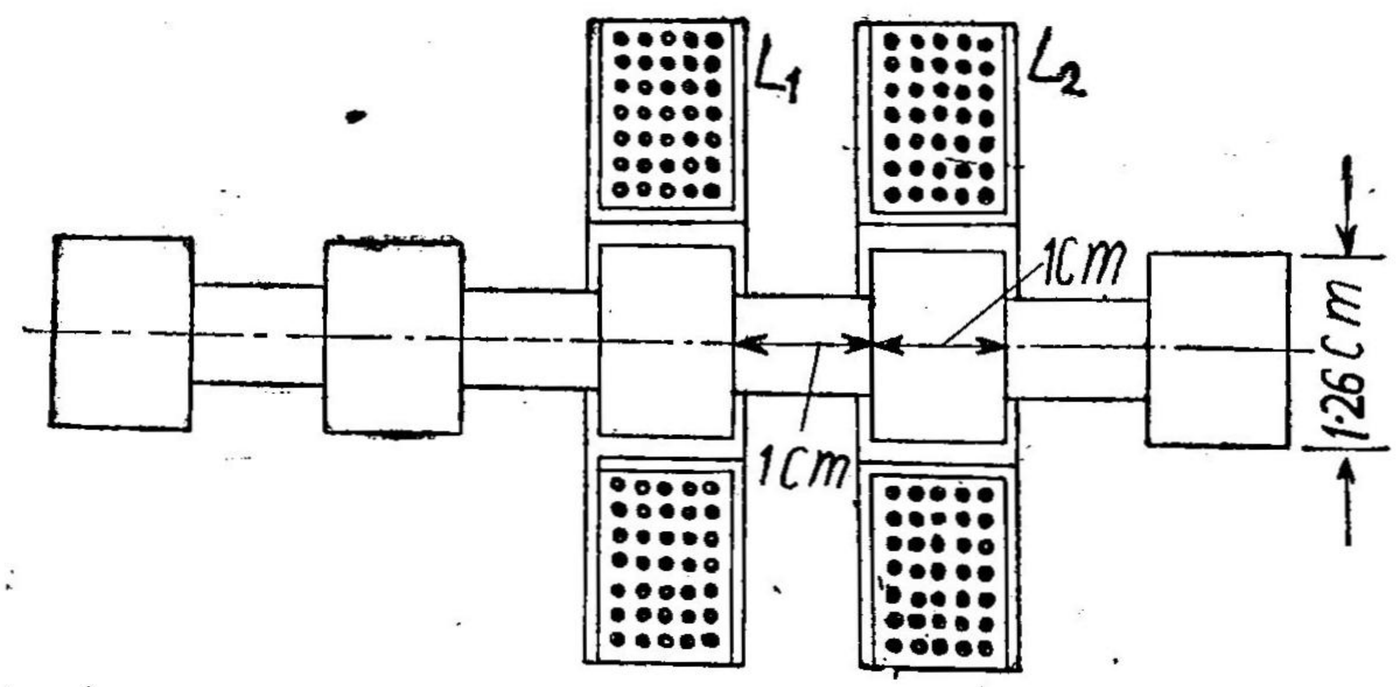
E = மீட்சியியல் குணகம்.

ρ = அடர்த்தி.

மற்றும் $E = 1, 2, 3 \ldots$ = மேற் சுரங்களின் வரிசை எண். எனவே, $E = 1$, எனில், பெறப்படுவது இயல்பான அடிப்படை அதிர்வெண் ஆகும். இவ் வாய்பாட்டின்படி 12·5 செ.மீ. நீள முடைய நிக்கல் தண்டின் இயல்பு அதிர்வெண் 20·4 KH_z ஆகும்.

நீளம் l உடைய தண்டு காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் முறையில் இயல்பு அதிர்வெண்ணுடன் அலையியற்றும் பொழுது பெறக்கூடிய வீச்சு $10^{-4}\, l$ ஆகும்.

சுமார் 60 KH_z பெரும அதிர்வெண்வரையில்தான் சிறிது கணிசமான ஆற்றலுடைய அலைகளைப் பெற இயலும். இந்த அதிர்வெண்ணில் இயல்பாக அதிரும் நிக்கல் தண்டின் நீளம் சுமார் 4 செ.மீ. தான். இதைவிடக் குட்டையான தண்டுகளைப் பயன்படுத்தினால், அடிப்படையான அதிர்வுகளைப் பெறுவது கடினம்; எனவே, மேற் சுரங்களைத் தோற்றுவிக்க நேரும். இதனால் அலைகளின் ஆற்றல் குறையும். மிக உயர்வான அதிர் வெண்களில் பயன்படக்கூடிய தண்டின் வடிவமைப்பை பியர்சு (Pierce) விளக்கியுள்ளார். படம் 33-ல் காண்க.



படம் 33. உயர் அதிர்வெண்களைத் தோற்றுவிக்கும்
காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் தண்டு

9 செ.மீ. நீளமும் 1·26 செ.மீ. விட்டமும் உடைய எஃகு தண்டில் சமதொலைவுகளில் நான்கு வரிப் பள்ளங்கள் வெட்டப்

பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு வரிப் பள்ளமும் 1 செ.மீ. நீளமும் 1·32 செ.மீ. ஆழமும் உடையன. ஒரு வரிப் பள்ளத்தின் இரு மருங்கிலும் தண்டின்மீது சுற்றப்பட்ட இரண்டு சுருள்களில் ஒன்று (L_1) வால்வு அலையியற்றியின் ஆனோடுடனும் மற்றது (L_2) கிரிடுடனும் இணைகின்றன. மேற்கண்ட பரிமாணங்களுடைய தண்டுடன் இந்த அமைப்பின் இயல்பு அதிர்வெண் 295·48 KH_z எனப் பெறப்படுகிறது. தண்டில் ஒலியின் திசை வேகமும் 5,430 மீ./செ. ஆதலின் தண்டின் அடிப்படை அதிர்வுக்கான நீளம் $\frac{54300}{2\times 295{,}480} = 0{\cdot}918$ செ.மீ. என்றாகும். இது தண்டின் மெய்யான நீளத்தில் 10 சதவீதம் குறைவு ஆகிறது. மேற்கண்ட அமைப்புக்கான தண்டுகளாகவும், குழாய்களாகவும் தூய நிக்கலும், நிக்கல் சேர்ந்த பல்வேறு கலப்பு உலோகங்களும் நல்ல பயன்தருகின்றன. நிக்கல் 36%, இன்வார் இரும்பு 64%, கலந்த கலப்பு உலோகம் நல்ல பயன் தரும். மேலும் 68% நிக்கல், 28% காப்பர் மற்றும் சிறிய அளவில் இரும்பு, சிலிகான், மாங்கனிசு, கார்பன் சேர்ந்த கலப்பு உலோகமும் (monel metal) சிறப்பாகப் பயன்படும்.

மாறுதிசைக் காந்தப் புலத்தில் மேற்சொன்ன, ∴பெர்ரோ காந்தத் தண்டுகளின் இயக்கவியல் ஓழுகலாறு விரிவாக ஆராயப் பட்டுள்ளது.

தன்னில் ஒலியின் திசைவேகம் குறைவாயுள்ள ஒரு பருப் பொருளை (எ.கு; காரீயம்) மெல்லிய சுவருடைய நிக்கல் குழாயினுள் நிரப்பினால் அக் குழாய் அதிர்வியின் இயல்பு அதிர்வெண் கணிசமாகக் குறைகிறது. சமமான ஆனால் எதிரெதிரான வெப்பநிலை நீட்சிக் குணகம் உடைய இரண்டு வெவ் வேறு உலோகங்களை அக, புறப்பகுதிகளாகப் பயன்படுத்தினால், வெப்ப நிலையைப் பொறுத்து அதிர்வெண் மாறுத வகையில் அதிர்விகளை அமைக்கலாம்.

∴பெர்ரோ காந்தமல்லாத, மின் காப்புப் பொருள்களாலான தண்டுகளின் மேல் காந்தப் பரிமாணமாற்ற விளைவு காட்டும் நிக்கல் போன்ற பொருள்களைப் பூசி, அவற்றை மேற் சொன்னவாறே அதிர்விகளாகப் பயன்படுத்தலாம். மேற் சொன்ன மின்காப்புப் பொருள்களைத் தகடுகளாக்கி, அவற்றின் ஒரு புறத்தில் அல்லது இரு புறங்களிலும் காந்தப் பரிமாண வியல் பொருளைப் பூசியும் அதிர்விகள் அமைக்கலாம். இம் முறையில் சுழியோட்டம் காரணமான ஆற்றல் இழப்பு சிறுமமாக்கப்படும்.

இதுவரை சொல்லப்பட்ட தண்டுகள் அல்லது குழாய்களில் நெட்டலைகளைக் காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் முறையில் தோற்றுவிக்கப்பட, ஒலியானது தண்டுகளின் முனைகளிலிருந்து தான் உமிழப்படும், ஆனால் எல்லாத் திசைகளிலும் சீராக, ஒலி அலைகளைப் பரப்புவதற்குத் தேவையுண்டு. ஒரு தளத்தில் எல்லாத் திசைகளிலும் சீராக, ஒலி அலைகளைப் பரப்புவதற்கு வளையமொன்றை காந்தப் பரிமாணவியல் முறையில் பயனிக்கலாம். இதனில், வளையத்தின் ஆரம்விட்டு விட்டுச் சம இடை நேரங்களில் சுருங்கி நீளும்; வளையத்தின் வெவ்வேறு பகுதிகள் ஆரக்கால் (radial) திசையில் நகரும். எனவே, ஆரக்கால் திசைகளில் ஒலி சீராகப் பரவும். இப்படி அதிரும் வளையத்தின் இயல்பு அதிர்வெண்.

$$N_k = \frac{1}{2\pi r}\sqrt{\frac{E}{\rho}}\ \sqrt{1+(1-k)^2} = \frac{v}{2\pi r}\sqrt{1+(1-k)^2}$$

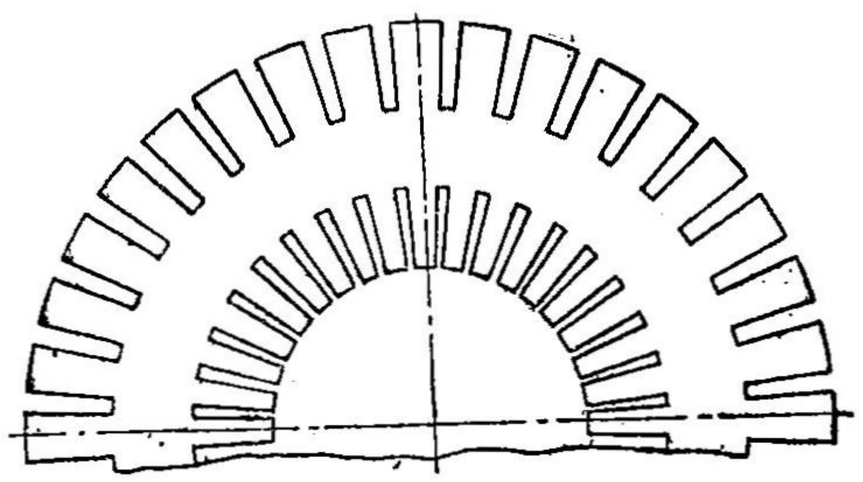
($k = 1, 2, 3 \ldots$) ஆகும். இங்கு

r = வளையத்தின் சராசரி ஆரம்.

E = மீட்சியியல் குணகம்.

ρ = அடர்த்தி.

v = வளையமான பருப் பொருளில் ஒலியின் திசை வேகம் ஆகும். முடிவில்லாத சுருளை (toroid) வளையத்தின்மீது சுற்றி, அதனில் இயைவு அதிர்வெண்ணில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சினால், வளையம் மேற்சொன்னவாறு சுருங்கி விரிந்து அதிரும். அதிர்வெண்ணுக்கான வாய்பாட்டிலிருந்து; அது பயன்படும் பொருளின் வளையத்தின் விட்டத்தை மட்டுமே சார்ந்திருப்பது தெரிகிறது. இயல்பு அதிர்வெண் மதிப்பைக்

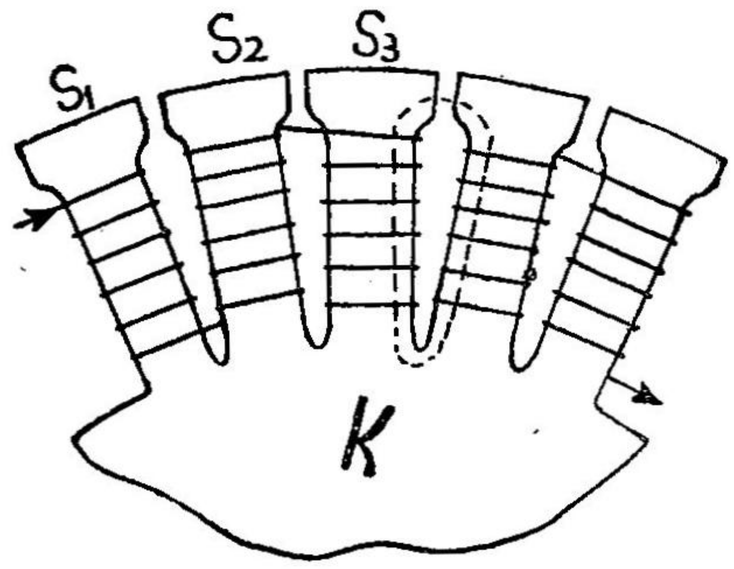


படம் 34. காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் வளைய அதிர்வி

குறைக்கவோ; குறைந்த ஆரமுடைய வளையத்தைப் பயனிக்கவோ விரும்பினால், வளையத்தின் அக அல்லது புற விளிம்பில் அல்லது இரண்டு விளிம்புகளிலும்—(படம் 34-ல் காண்க)—

பற்களை அமைக்கலாம்: இதனுல் அதிர்வுறும் பொருளின் நிறை கூடுதலாகுமேயன்றி, மீட்சியியல் கட்டுப்பாடு மாறுது. சுழியோட்டத்தால் ஆற்றல் வீணுவதைக் குறைக்க மின் காப்புடைய தகடுகளைக் கொண்ட வளையத்தை அமைக்கவேண்டும். வளையத்திலுள்ள பிளவுகளில், காந்தவியல் சுருள்களைச் (magnetic windings) சுற்ற வேண்டும்.

படம் 35-ல் காணப்படும் அமைப்பில், வரிசையாக வைக்கப்பட்ட ஆரக்கால்கள், நெட்டலைவுகளுடன் அதிர்ந்து, அவற்றின்



படம் 35. ஆரக்கால் அதிர்வி

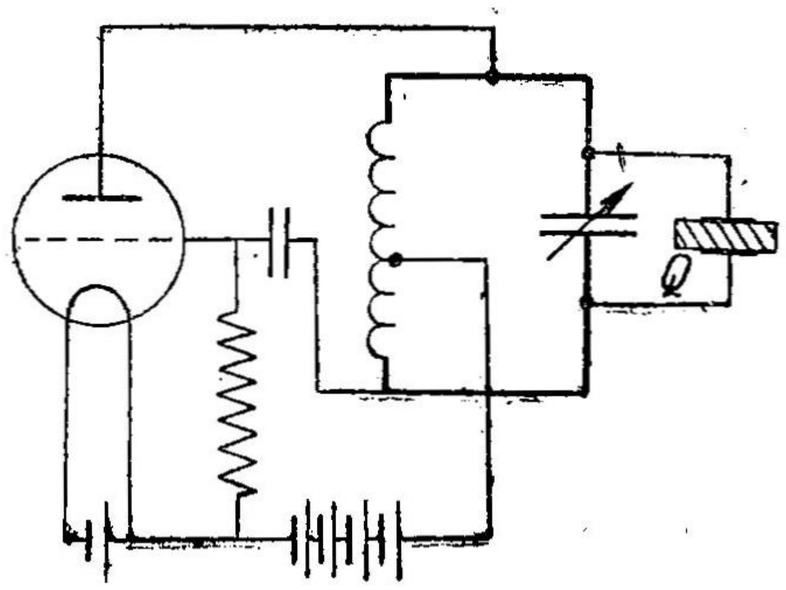
முனைகளிலிருந்து ஒலி அலைகள் உமிழப்படுகின்றன. இந்த ஆரக் கால்கள் (S), நிலைப் பாடுடைய தின்பொருள் *K*-உடன் உறுதியாகப் பிணைந்துள்ளன. அடுத்தடுத்த ஆரக் கால்களில் காந்தப் பாயங்கள் எதிர் எதிர் திசைகளில் தோன்றுமாறு கம்பிச் சுருளிகள் சுற்றப்பட்டுள்ளன. இதனுல் காந்த விசைக் கோடுகள் முடிவில்லாத கோடுகளாக உள்ளன. ஆரக் கால்களின் முனைகளைத் தகுந்த வடிவத்துடன் அமைத்தால், அமைப்பின் ஒலி பரப்பும் பண்புகளைத் தேவைக்கேற்பத் தோற்றுவிக்கலாம். இதனையே, வெவ்வேறு ஆரக் கால்களைச் சுற்றிய சுருள்களில் வெவ்வேறு கட்டங்களில் பிறைகளில் (phases) மின்னோட்டம் பாய்ச்சுவதாலும் தோற்றுவிக்கலாம்.

4. மீயொலி அலையியற்றிகள்

4–1. பீசோ மின்னியல் மீயொலி இயற்றியை அமைத்தல் (Construction of the Piezo electric Ultrasonic Generators)

வெற்றிடக் குழாய்களின் உதவியால் தேவையான அதிர் வெண்ணும்; செறிவும் உடைய தடையுரு மின்னியல் அலைவுகளை எளிதில் தோற்றுவிக்கலாம். இவற்றைக் கொண்டு வசதியாக, எளிதில் பீசோ மின்னியல் படிகங்களை அதிர்வுறச் செய்யலாம். குவார்ட்சு இயற்றியையும், மின்னியல் இயற்றியையும் பல வகைகளில் பிணைக்கலாம். அலையியற்றும் தொட்டிச் சுற்றிலுள்ள மின் தேக்கிக்குப் பக்க இணைப்பாகக் குவார்ட்சு படிகத்தை வைக்கலாம் (படம் 36).

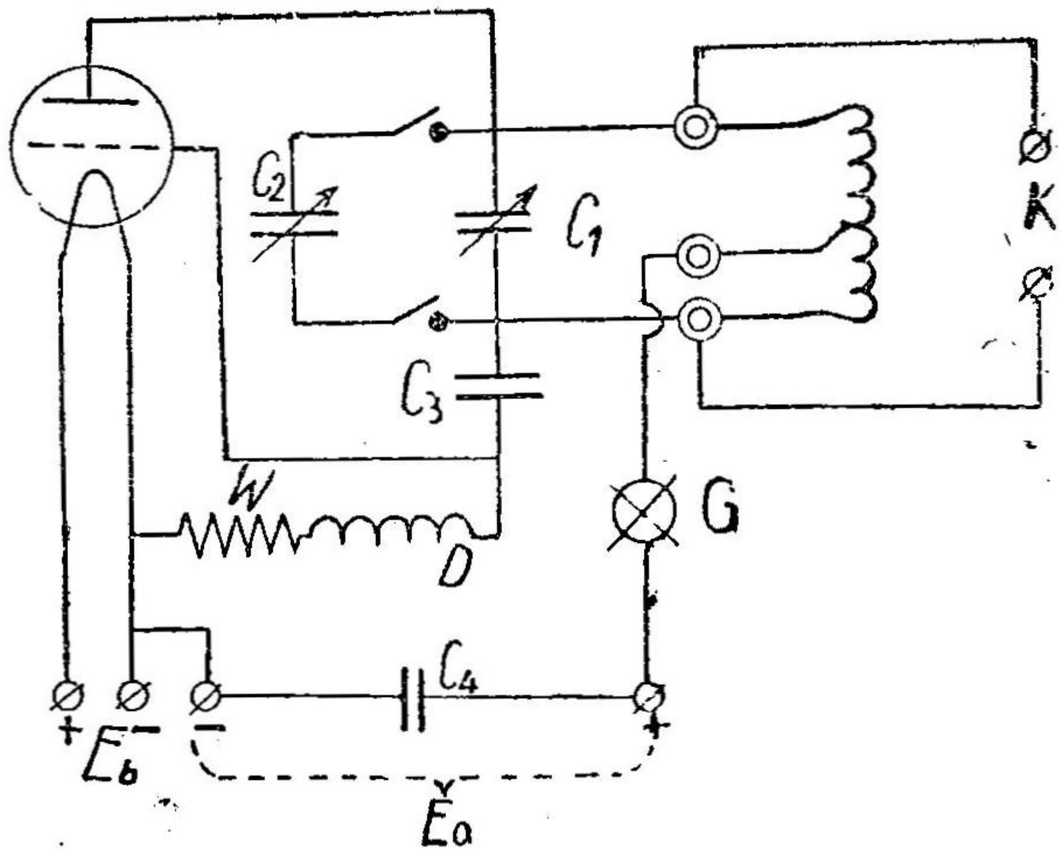
இதனில் மின்னியல் அலையியற்றும் சுற்றும் ஹார்ட்லி சுற்று எனப் பெயருடையது. மின் நிலைமமும், மாறுபடு மின் தேக்கி



படம் 36. ஹார்ட்லி சுற்றில் பொருந்திய குவார்ட்சு

யும் கொண்ட தொட்டிச் சுற்றினைக் குவார்ட்சு Q-வின் இயல்பு அதிர்வெண்ணுக்கு இயைவிக்கலாம்; இதற்காக மின் தேக்கி C-யின் மதிப்பைத் தக்கவாறு மாற்றவேண்டும். ஆற்றல் மிகு அலைவுகளை, குறிப்பாக நீர்மங்களிலும், திண்மங்களிலும். தோற்றுவிக்க வேண்டும் பொழுது மேற்கண்ட சுற்றுப் பயன் படுகின்றது.

படம் 37-ல் 5—12 வாட்டுகள் திறனில் இயங்கும் வெற்றிடக் குழாய் அலையியற்றி காண்கிறது. இச் சுற்று 7*KHz* முதல் 3×10^4 *KHz* வரையிலான மீயொலி அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்க



படம் 37. வெற்றிடக் குழாய் அலையியற்றிச் சுற்று

வல்லது. இதனில் 'L' எனும் மின்நிலைம மதிப்பைச் சீரமைப்பதால் அலை நீளத்தை எளிதில் மாற்றலாம். 11 முதல் 4,000 மீட்டர் வரையிலான மீயொலி அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கத் தேவையான மின்நிலைமச் சுருளின் பரிமாணங்கள் அட்டவணை 2-ல் தரப்பட்டுள்ளன.

மாறு மின்தேக்கி *C*-யின் பெரும மின் தேக்கு திறன் 100 *p. F* இருத்தல் வேண்டும். அட்டவணையில் நட்சத்திரக் குறியிட்ட அலை நீளங்களைப் பெற, C_2 என்ற மின் தேக்கியை மின் தேக்கி C_1– உடன் பக்க இணைப்பில் பொருத்த வேண்டும். C_2-ன் பெரும மின் தேக்கு திறன் 2,500 *p. F.* கிரிடுக்குப் பிணைக்கும் மின் தேக்கி ஏறத்தாழ 1,000 *p. F.* இருக்கலாம். *D.* ஒரு சோக் ஆகும். கிரிடு கசிவு மின் தடை *W* ஆனது 15 *K* ஓம் முதல் 20 *K* ஓம் வரை அமையலாம். தடுப்பு மின் தேக்கி C_4-ன் மின் தேக்கு திறன் 1 முதல் 2 மைக்ரோ ஃபாரட் ஆகலாம். *K* என்ற இரு முனைகளிடையே குவார்ட்சை இணைக்க வேண்டும். ஆனோடு மின்னோட்டம் மிகவும் அதிகமாகாமல் தடுப்பதற்கு, *G* என்ற விளக்கு (15 முதல் 25 வாட்டுகள்) இணைக்கப்படுகிறது. இதனால் ஆனோடு மின்னோட்டம் அதிகமாகும் பொழுது தானாகவே அதன்மீது மின்னழுத்தம் குறையும்.

அட்டவணை 2

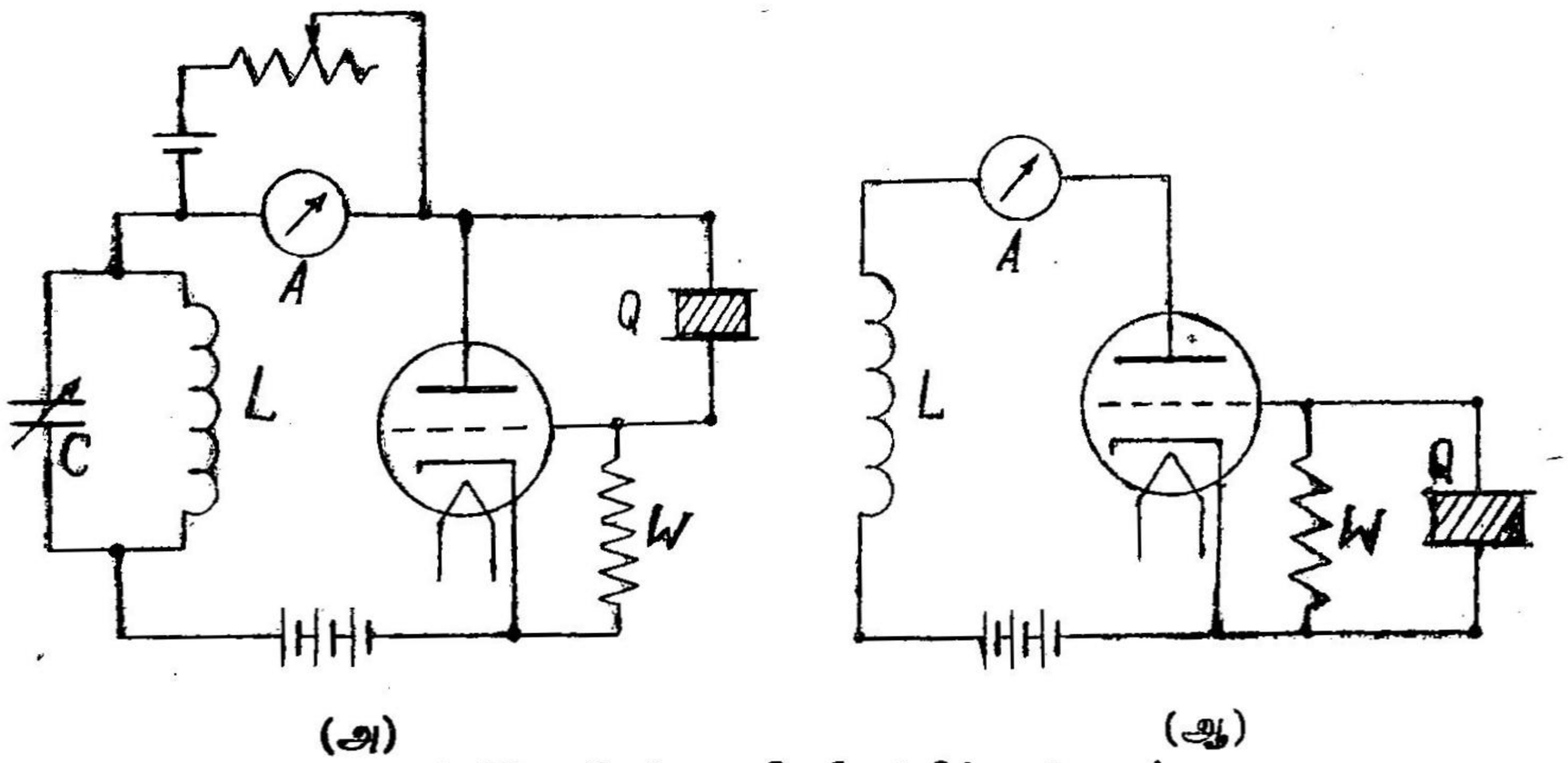
11 முதல் 4,000 மீட்டர் வரையிலான அலை நீளங்களைத் தரும் வால்வு அலையியற்றியின் மின்நிலை மதிப்புகள்.

அலைநீளம்.		சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை.		சுருளின் விட்டம் மி. மீ.	சுற்றுகளிடையே தொலைவு (Pitch of winding) மி. மீ.	அமைப்பு.
		முழுச் சுருள்கள்.	கிரிடுக்கும் கேதோடுக்கும் இடையே			
முதல்	வரை					
11	21மீ	2	$\frac{1}{3}$	110	8	சட்டம் தேவையில்லை: 3 மி.மீ. செப்புக் கம்பி.
16	32	4	$\frac{1\cdot1}{2}$	80	4	
30	60	9	3	80	4	
55	110	14	5	100	2	மின்காப்பு உடைய செப்புக் கம்பியைக் கொண்டு நல்ல பிடிப்பு உடைய குழாயில் ஓர் அடுக்கு (layer) சுற்றுக.
100	170	24	9	100	2	
250	750*					
140	300	41	14	100	1·7	
550	2200*					
1100	4000*	90	30	150	1·2	மேற்கண்டவாறு மூன்று அடுக்குகள் சுற்றுக. கம்பிகளிடையே தன் மின்தேக்கம் இல்லாமலிருக்க வேண்டும்.

பீசோ-குவார்ட்சானது உயர் அதிர்வெண் இயற்றியுடன் நேர்முகமாக இணைந்துள்ள (ஈண்டு விவரிக்கப்பட்ட) சுற்று ஒத்ததிரும் தொட்டிச்சுற்று (resonator circuit) எனப் பெயருடையது.

குவார்ட்சின் மீது மாறுதிசை மின் புலமானது அதிர்வுகளைத் தினிக்கிறது. ஆற்றல் மிகுந்த அதிர்வுகள் தேவைப்படும் பொழுது மேற் சொன்ன முறையில் குவார்ட்சை அதிர்வித்தல் மிக்க பயன்தரும். பீசோ-மின்னியல் படிகங்களைக் கொண்டு மீயொலி அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கும் வேறொரு முறையும் பழக்கத்திலுள்ளது. இந்த முறையை வகுத்தவர்கள் கேடி (Cady), மற்றும் பியர்சு (Pierce) ஆகியோர்.

இம் முறையில், ஒரு பீசோ படிகமானது–அலையியற்றுவதுடன். அதே அதிர் வெண்ணில் ஒரு வெற்றிடக் குழாய் அலையியற்றியின் அதிர் வெண்ணையும் கட்டுப்படுத்துகிறது. அப்பொழுது, படிகத்தின் அதிர்வுகளை நிலை நிறுத்தத் தேவையான மாறுதிசைமின் புலத்தை வெற்றிடக் குழாய் தருகிறது. படம் 38-ல் பியர்சு வகுத்த அமைப்புகள் காணப்படுகின்றன.



(அ) (ஆ)

படம் 38. பியர்சு அலையியற்றிச் சுற்றுகள்

படம் 38 (அ)-ல் குவார்ட்சு Q ஆனது குழாயின் கிரிடுக்கும் ஆனோடுக்கும் இடையிலும் (ஆ)-ல் கிரிடுக்கும் கேதோடுக்கும் இடையிலும் இணைகிறது. W ஆனது சீரமைக்கக் கூடிய 1 மெகோம் மதிப்புடைய கிரிடு கசிவு மின்தடையாகும். L ஒரு மின் நிலையம். இதனுடன் படம் 38 (ஆ)-ல் காண்பது போல் மின் தேக்கி C-யும் பயன்படும். குவார்ட்சின் அதிர்வுகளின் செறிவை

அறியப் பயன்படும் மில்லி அம்மீட்டர் A ஆகும். சில கிளர்ச்சி களின் காரணமாக (உவமையின் மூலம் திறன் தருமாறு சாவி மூடப்படுதல்). குவார்ட்சு இயல்பாக அதிரும். ஆகவே, இத னில் எந்திரவியல் வடிவ மாற்றம் தோன்றி மாறுதிசை மின் னழுத்தத்தைக் குவார்ட்சின் முகங்களில் தோற்றுவிக்கும். இந்த மின்னழுத்தம் கிரிடில் செலுத்தப்பட்டுக் குழாயின் —ஆனோடு மின்னோட்டம் தகுந்த அதிர்வெண்ணில் கட்டுப் படுத்தப்படும். எனவே, குவார்ட்சில் வலிமையான அதிர்வுகள் தோன்றும். எனவே, அதிர்வுகளில் நிலைப்பாடு உண்டாகும். எனவே, தோற்றுவிக்கப்படும் மீயொலியின் அதிர்வெண் குவார்ட்சினுல் மட்டுமே தீர்மானிக்கப்படும். அதிர்வுகள் தோன்ற ஒரு முக்கிய நிபந்தனையாவது ஒரு மின் நிலைமமான ஆனோடு பளுவாக இருத்தல் வேண்டும்.

இயைவுறக் கூடிய சுற்று ஆனோடுடன் இணையும்பொழுது படிகத்தின் இயல்பு அதிர் வெண்ணிலிருந்து, அச் சுற்றின் அதிர்வெண் சிறிது வேறுபட்டிருக்குமாறு செய்ய வேண்டும்; அல்லவெனில் அது படிகத்தின் அதிர்வெண்ணைப் பாதிக் கிறது. இச் சுற்றுகள் காற்றிலும், வாயுக்களிலும், மீயொலி யைத் தோற்றுவிக்கப் பயன்படுகின்றன. இவற்றில் படிக மானது தடையுருமல் அதிர இயலும். நீர்மங்களில் நிலைமை வேருகும். அவை படிகத்தின் அதிர்வுகளுக்கு அதிகமான தடையைத் (powerful damping) தருவதால் பின்னூட்டம் குறை யும். எனவே, நீர்மங்களில் இச் சுற்றுகள் பயனளிப்பதில்லை. வாயுக்களில் கூடச் சில சமயங்களில் நிலை அலைகள் தோன்றி அவை குவார்ட்சின் அதிர்வுகளை நிறுத்திவிடக் கூடும்.

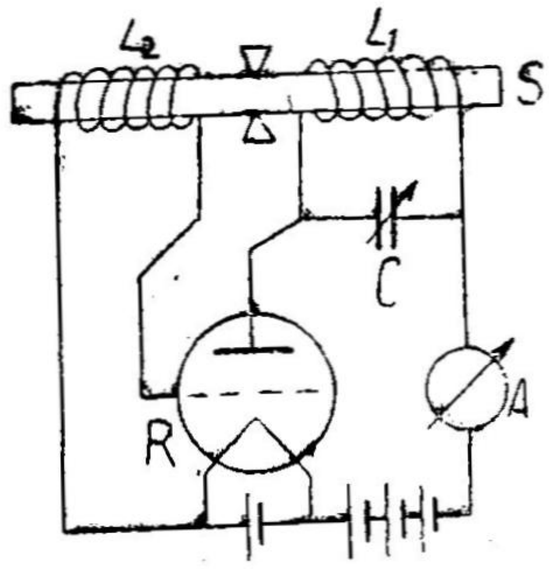
மாறிலியான அதிர்வெண்ணில் ஆற்றல் மிகு மீயொலி யைப் பின் வருமாறு தோற்றுவிக்கலாம். ஒரு குவார்ட்சு அதிர்ந்து அலைவுகளை ஏற்படுத்த, ஒத்ததிர்வினுல் ஒரு மின் னியல் சுற்று அலைகளைத் தரும். அதே அதிர்வெண்ணுக்கு இயைவுற்ற மற்றொரு குவார்ட்சு மேற்கண்ட அலைவுகளைக் கட்டுப்படுத்தும்.

அதிக அளவில் வெளியீடு தேவையெனில், கட்டுப்பாட் டிற்காக ஓர் இடை நிலை வெற்றிடக் குழாயைப் பயன்படுத்த லாம். இரண்டு குவார்ட்சுகளையும் முற்றிலும் ஒத்ததிரச் செய்ய, கட்டுப் படுத்தும் குவார்ட்சை ஒரு சீரமைக்கும் பற்றியில் (vario-holder) பொருத்த வேண்டும். இந்தச் சீரமைக்கும் பற்றியில் இரண்டு மின் வாய்கள் தட்டு வடிவத்தில் உள. இவற்றிடையே குவார்ட்சைப் பொருத்திக் குவார்ட்சின் முகத்

திலிருந்து. ஒரு மின்வாயின் தொலைவைச் சீரமைத்தால் குவார்ட்சின் இயல்பு அதிர்வெண்ணை மிகத் துல்லியமாகப் $\frac{2}{1000}$ பகுதிக்குத் திருத்தமாக சீரமைக்கலாம்.

4–2. காந்தப் பரிமாணமாற்றவியல் அலையியற்றியின் அமைப்பு (Design of a Magnetostriction Oscillator).

தண்டுகள் அல்லது குழாய்களை வெவ்வேறு முறைகளில் அதிர்விக்கலாம். பியர்சு (Pierce) என்பார் வெற்றிடக் குழாயுடன் பின்னூட்டச் சுற்றினைப் பயன்படுத்தி ஒரு காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் அலையியற்றியை முதன் முதலாக அமைத்தார் (படம் 39). S என்ற தண்டின் மையம் இரண்டு கத்திமுனை



படம் 39. காந்தப்பரிமாண மாற்றவியல் அலையியற்றி

களைக் கொண்டு உறுதியாகப் பற்றப்படுகிறது. தண்டின் வலப்பக்கத்தில் அதனைச் சுற்றிச்சுருள் L_1 உள்ளது. L_1-ம், மின் தேக்கி C-ம். சேர்ந்த அலையியற்று தொட்டிச் சுற்று வால்வு R-ன் ஆனோடுடன் இணைகிறது. தண்டின் இடப்பக்கத்தில் உள்ள சுருள் L_2 ஆனது வால்வின் கிரிடுடனும், மின்னிழையுடனும் இணைகிறது. தண்டு நீட்டவாக்கில் எளிதாக நகரும் வகையில் இரண்டு சுருள்களின் அக விட்டங்களும் தாராளமாக உள்ளன. இச் சுற்றில் அலைவுகள் தானாகவே தோன்றும். மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது; காந்தப் பரிமாண மாற்றத்தால் தண்டின் நீளத்தில் மீட்சியியல் திரிபு தோன்ற அதன் காந்த மாக்கச் செறிவு மாறும்; இதனால் L_2 சுருளில் ஒரு மின்னியக்கு விசை தூண்டப்பெறும். இந்த மின்னியக்குவிசை கிரிடில் தோன்றிக் குழாயின் ஆனோடு மின்னோட்டத்தை ஒழுங்குபடுத்தும். மில்லி அம்மீட்டர் காட்டும் ஆனோடு மின்னோட்டம் உயர்ந்தால், சுற்றில் அலைவுகள் நிகழ்கிறது எனப் பொருளாகும். அலைவுகள் தோன்றுவதற்கு முன் உள்ள சீரான ஆனோடு

மின்னோட்டம் தண்டிற்குத் தேவையான காந்தமாக்கத்தைத் தருகிறது.

காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் அலையியற்றிகள் எளிமையான அமைப்புக் கொண்டவை. மற்றும் குறைந்த செலவில் அமைக்க இயலும். குறைந்த மீயொலி அதிர்வெண்களில் கணிசமான ஆற்றலுடன் அலைகள் தோற்றுவிக்க இயலும். அலையியற்றியுடன் இணைந்த பளுவின் மதிப்புத் தற்செயலாகச் சிறிது உயர்ந்தாலும், கருவி பழுதடையாது. ஆனால், இது தோற்றுவிக்கும் அதிர்வெண்களுக்குப் பெரும் மதிப்புண்டு. இந்த அலையியற்றியில் இது ஒரு குறையே. மேலும், வெப்ப நிலையின் காரணமாக அதிர்வெண் மாறக் கூடும். மற்றும், பெர்ரோ காந்தப் பொருள்களின் மீட்சியியல் குணகங்களே அதன் காந்தமாக்கத்தைப் பொறுத்து மாறக் கூடியவை.

5. மீயொலி அலைகளைக் கண்டுணர்தலும் அளத்தலும்.

(Detection and Measurement of Ultrasonic Waves)

5–1. ஓர் ஊடகத்தில் ஊடுரும் மீயொலி ஆற்றலை அளத்தல் மீயொலிச் சோதனைகளில் முக்கியப் பகுதியாம். மீயொலி தோற்றுவிக்கும் வெவ்வேறு விளைவுகளைப் பொறுத்து அளவிடும் முறைகளும் வேறுபடுகின்றன. மீயொலி அலைகளின் செறிவு (அல்லது வலிமை). அதிர்வெண். அவை குவியமாதல், அல்லது உட்கவரப்படுதல் என்பன வற்றைப் பொறுத்து அளவீட்டுமுறைகளைப் பகுக்க கலாம்.

செறிவினை அளப்பதற்குப் பின் கண்ட ஏழு வகையான கண்டுணர்விகள் (detectors) பயன்படுகின்றன. அவையாவன :

1. எந்திரவியல் உணர்விகள் (mechanical detectors.) ரேலே வட்டு (Rayleigh disc) அல்லது ரேடியோ மீட்டர் (radio meter) போன்ற கருவிகள் இவ்வகை யில் சேரும். ரேடியோ மீட்டர் தவிர வேறு எக் கருவி யைக் கொண்டும், ஏறத்தாழச் சமமான திறன் மட் டத்தில் உள்ள இரண்டு மீயொலிப் புலங்களைப் பிரித் தறிதல் எளிதன்று.

2. விளிம்பு விளைவுக் கருவி, நிழல் வீழ்த்தி (shadow projector) போன்றவை இரண்டாவது வகையிலடங் கும். இவை அலை வடிவங்களின் அல்லது நிலை அலை களின் படங்களைப் பெற உதவும்; ஆனால் செறிவு அளக்கப் பயன்படா.

3. வெவ்வேறு வகையான மைக்ரஃபோன்கள் மீயொலி அலைகளைத் தோற்றுவிக்கவும், ஏற்கவும் பயன்படு

கின்ற வெவ்வேறு செய் முறைகளில் உதவும் ஆற்றல் மாற்றிகளாம்.

4. சூடான கம்பிகள், மின்தடைகள் போன்ற மின்னியல் கருவிகள் மற்றொரு வகையாம்.

5. குறுக்கீட்டு விளைவுமானிகளும் (interferometers) பயன் படுகின்றன.

6. வெப்பவியல் கருவிகள்: இவை மீயொலி அலைகள் தோற்றுவிக்கும் வெப்ப விளைவுகளை அளக்கும் கருவி களாம்.

7. நிழல் வரைவி (shadowgraph) போன்ற இன்ன பிற கருவிகள் ஏழாவது வகையிலடங்கும்.

இக் கருவிகள் பயன்படுத்தப்படும் பொழுது ஊடகத்தில் உட்குழிவு (cavity) தோன்ரு அளவில் ஆற்றல் உள்ளபொழுது தான் நல்ல முறையில் அளவீடுகள் அமையும். உட்குழிவு தோன்ருதவாறு மீயொலி அலைத்தொட்டியில் அழுத்தத்தை அதிகரித்த பின்னரும் அளவீடுகள் எடுக்கலாம். மீயொலிப் புலத்தினை ஆராய்வதற்கு அவ்வொலியின் விளைவுகளை அள விடற்குரியனவாக மாற்றவேண்டும்; இப்படி மாற்றும் முயற்சி களில் தாம் சிக்கல்கள் தோன்றுகின்றன.

5-2. மீயொலி அலைகளைக் கண்டுணர்தல்

மீயொலி அலைகளில் அழுத்தம் என்பதற்கான கொள்கை விளக்கம் காண்போம். ஓர் ஊடக எல்லையை நோக்கி மீயொலி அலைகளைச் செலுத்தினால், அவை அவ்வெல்லைமீது இரண்டு விளைவுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன; ஒன்று அலை பரவும் அதிர் வெண்ணில் மாறும் அழுத்தம் (alternating pressure); மற்றது கதிர்வீச்சுக் காரணமாகத் தோன்றும் நேர்முக அழுத்தம் (direct pressure).

$$\text{மாறும் அழுத்தம்} = P = \frac{2}{u} = \frac{de}{2} \qquad (wA^2)$$

இங்கு J = ஆற்றல் / ச. செ. மீ. (ஓரலகு நேரத்தில்).
d = அடர்த்தி.
A = அதிர்வுக்குட்படும் துகள்களின் பெரும வீச்சு.
P = ஒலி அழுத்தத்தின் வீச்சு.
u = தனியொரு துகளின் திசைவேகம்.
w = $2\pi f$; f = ஒலியின் அதிர்வெண்.
c = ஒலியின் திசை வேகம்.

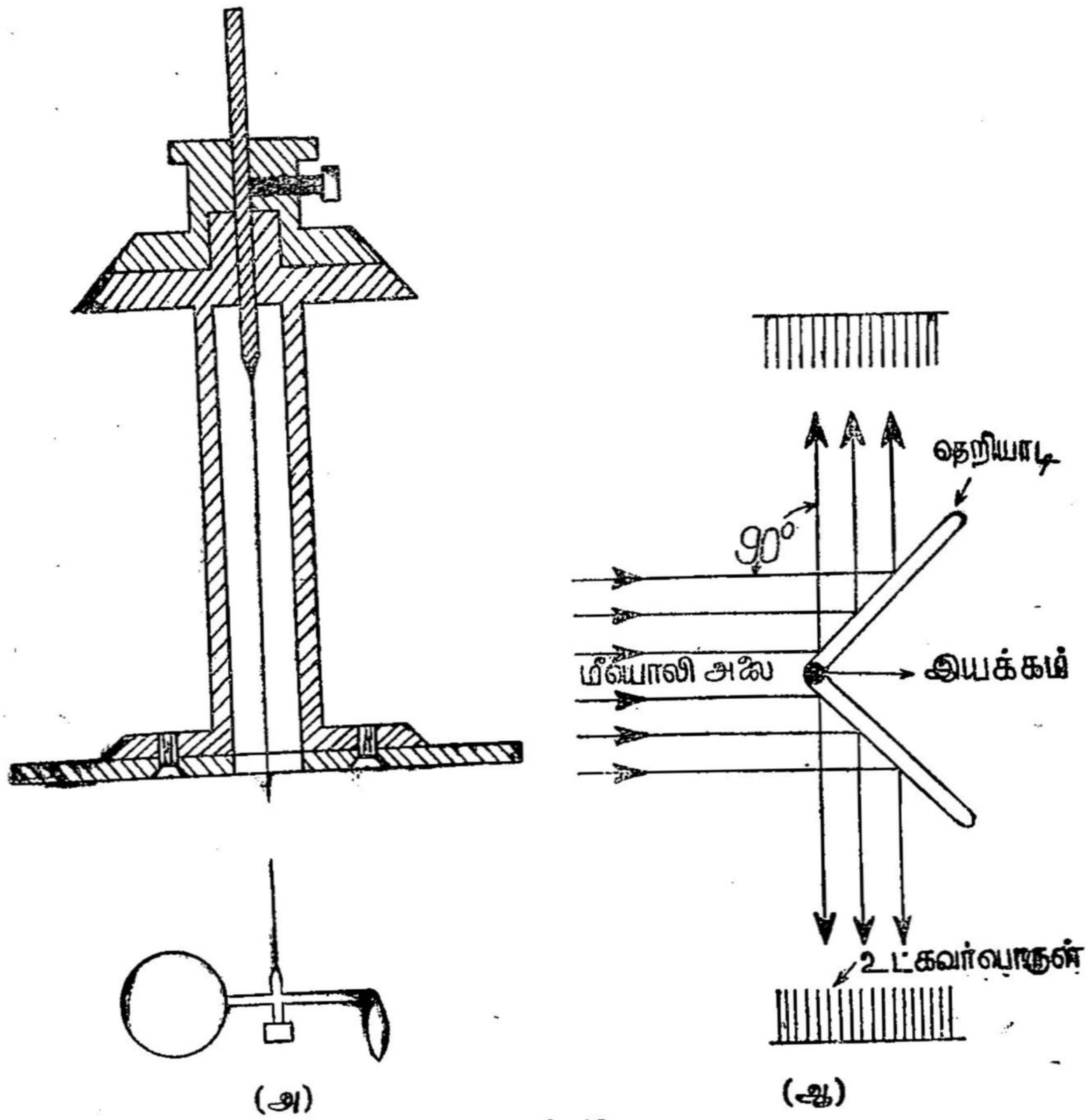
குவார்ட்சு படிகமொன்று இந்த அதிர்வு வேறுபாடுகளை நல்ல முறையில் பின்பற்றும். ஆனால், பெரும்பாலான எந்திரவியல் அமைப்புகள், அவற்றின் சடத்துவம் மற்றும் நிறை காரணமாக, தகுந்த அதிர்வெண்ணில் அதிர்வுற இயலாது, மேலும், உயர் அதிர்வெண் அதிர்வுகள் தவிர, நேர் திசை விளைவும் உள்ளது. நேர் திசை விளைவை $S = \frac{1}{2}(K-1)\frac{J}{c}$ (K = வெப்ப எண்களின் விகிதம்)

என்றெழுதலாம். நேர்திசை அழுத்தத்தின் அளவு மீயொலிப் புல வலிமையைக் காட்டும். இந்த அளவே மீயொலிப்புல வலிமையை அளக்கப் பயன்படுகிறது.

மீயொலிப் புல மொன்றில் வைக்கப்பட்ட ஒரு தட்டு அல்லது வட்டின்மீது மீயொலி அலைகள் குத்தாக விழுமாயின் அதன்மீது அவை அழுத்தத்தைச் செலுத்துகின்றன. நீர்ம ஊடகத்தினுடையவும். அதனுள் செருகப்பட்ட தட்டின் மூலப் பொருளினுடையவும் ஒலி எதிர்ப்பு எண்கள் (specific acoustic impedances) முற்றிலும் வெவ்வேருனவை என்க. அப்பொழுது தட்டு மிகுந்த ஆற்றலைப்பிரதிபலிக்கும் முறுக்குத் தராசிலிருந்து தட்டுத் தொங்க விடப்பட்டிருந்தால் தட்டின்மீது அழுத்துகின்ற மீயொலிவிசை தட்டினைச் சுழற்றும் (அல்லது நகர்த்தும்). ஏனெனில், தட்டின்மீது செயல்படும் விசையானது, அதன்மீது விழும் ஆற்றல், அது பிரதிபலிக்கும் ஆற்றல் இவ்விரண்டின் தொகுபயனுக்கு இணைமாற்ருனது (equivalent). இத் தொகு பயனைப் பல முறைகளில் அளக்கலாம். ஒரு செய்முறையில், தட்டினை அதன் தொடக்க நிலைக்கு மீண்டும் கொண்டுவர முறுக்கு முகடு (torsion head) சுழற்றப்படுகிறது. முகடு சுழற்றப்படும் அளவுகொண்டு (நாம் அளக்க வேண்டிய) ஆற்றலைக் கணக்கிடலாம். இந்த முறையில், அளக்கப்படும் ஆற்றல் அதிகமாயின், கருவியினை ரேடியோ மீட்டர் (radiometer) என்றும், அதுவே குறைவாயின் கருவியினை ரேலே வட்டு (Rayleigh disc) என்றும் வழங்குவர்.

நிலை அலைகளின் விளைவுகளை நிர்ணயிப்பதற்கான சாதனைகளில், தனி வடிவ வட்டுகள் சில உருவாக்கப்பட்டன. இவ்வடிவங்கள் ஆற்றல் மூலத்தைப் (source of ultrasonic power) பாதிக்காத திசையில் ஆற்றலைப் பிரதிபலிக்கக் கூடியன. படம் 40 (ஆ) காண்க.

இரண்டு மெல்லிய உலோகத் தகடுகள் ஒன்றுக்கொன்று குத்தாக உள்ளன. இவற்றை மீயொலிக் காப்புப் பொருள்



(அ) (ஆ)

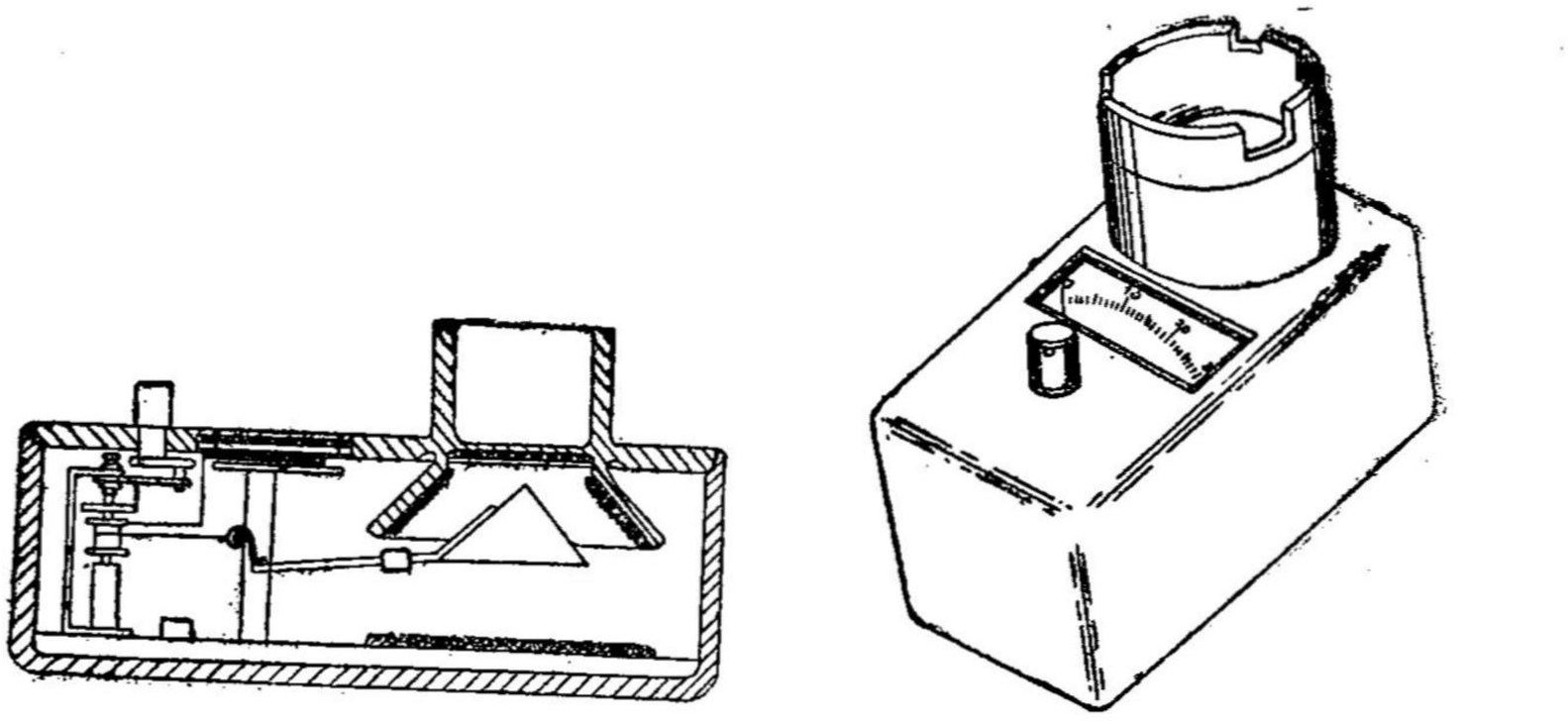
படம் 40.
(அ) முறுக்கு ஊசலி (ஈடு செய்யும் எடையுடன்)
(ஆ) ரேடியோ மீட்டரின் தத்துவம்

(ultrasonic insulator) பிரிக்கின்றது. இவ் வமைப்பின் முகத்தில் மோதும் மீயொலி ஆற்றல் இரு கூருக்கப் பட்டு 90° கோணத்தில் பிரதிபலிக்கப்படுகின்றது. இரண்டு கூறுகளும் மீயொலிக் கவர்பொருளால் (ultrasonic absorber) கவரப்படுகின்றன. பிரதிபலிக்கும் தகடுகள் திரும்பும் கோணத்தை (angle of deflection) அளக்க ஒரு குறிமுள் அவற்றுடன் இணைகிறது. கோணத்திற்கு இணை மாற்ருன ஆற்றல் அளவீடுகள் கருவியின் முகத்தில் குறிக்கப்பட வேண்டும்.

கதிர்வீச்சு, மீட்சியியல் முறுக்கு ஆகிய் இரண்டு தத்துவங்களைப் பயன்படுத்தும் கருவியின் பருமன் அதிகமாயிருந்தால்

தான் அது நுட்ப உணர்வு உடையதாகும். அதிகமான பருமனுடைய கருவியை மீயொலிப் புலத்தில் வைத்தால் அதனில் உருக்குலவு தோன்றும்; எனவே, நுண்ணியமாக அளவிடல் கடினமாகும். மீயொலியின் அரை அலை நீளத்துடன் ஒப்பிட, சிறிய வடிவமுடைய கருவிகள்தாம் மீயொலியின் எல்லா அதிர்வெண்களுக்கும் சரியான அளவு காட்டும். எனவே, உயர்ந்த திறனை அளக்க உதவும் கருவிகள், புலங்களை அளக்கப் பயன்படா.

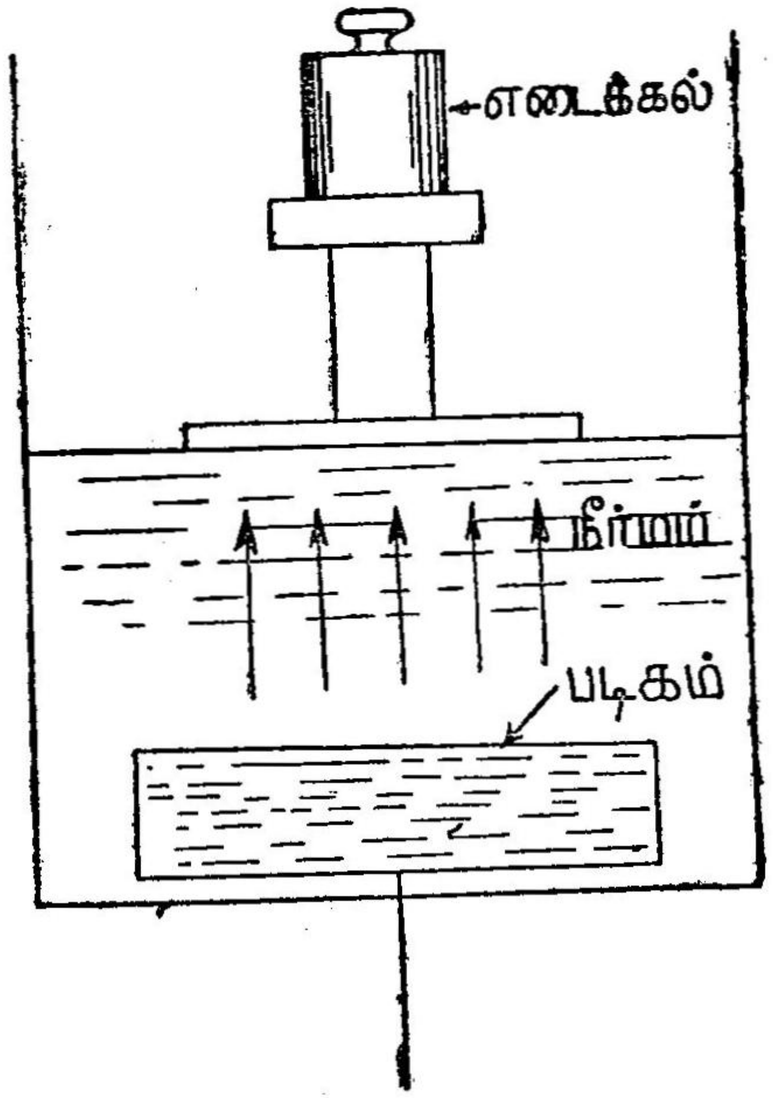
கதிர்வீச்சினுல் பெயர்ச்சியுறும் வட்டு அமைந்த கருவியின் படம் 41 காட்டும்.



படம் 41.
ஒரு ரேடியோ மீட்டரில் அகவமைப்பும் புறத்தோற்றமும்

நிலை அலைகள் தோன்றுமல் தடுக்கும் வகையில் 90° கோணத்திற்கு அலைகளைத்திருப்பும் தெறியாடி ஒன்று படம் 41-ல் காணப்படும் அமைப்பில் சேர்க்கப் பட்டுள்ளது. அந்தத் தெறியாடி மெல்லிய உலோகத்தகடுகளாலானது. இத் தகடுகள் காகிதத்தால்காப்பிடப்பட்டுள்ளன. ஒலிக் கற்றையானது இரு கூருக்கப்பட்டுப் பின்னர்க் கவரப்படுகிறது. சமச்சீர் காரணமாக, தேவையான திசையில் மட்டுமே பிரதிபலிப்பு நிகழும்: மற்றத் திசையில் நிகழாது. எனவே, நிகரவிசை வட்டின் முகத்தின்மீது கற்றையின் திசையிலேயே செயல்படும். இந்த விசை அளவு கோலால் (scale) அளக்கப்படும். படம் 42-ல் காணப்படும் கருவியைக் கொண்டு மீயாலி அலைகள் ஒரு நீர்மத்தில் எவ்வாறு வலியுருக்கொள்கின்றன என அறியலாம். 8 செ.மீ. விட்டமுடைய கண்ணாடி வட்டு ஒன்று ஒரு தண்டுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. இத் தண்டினுதவியால்

வட்டினைத் தொட்டியினுள் ஏற்றி இறக்கலாம். தொட்டியினுள் உள்ள எண்ணெயில் (oil) மீயொலி அலைகள் செயல்பட எண்ணெயின் மேற்றளத்தில் முகடு தோன்றுகிறது. முக டானது பெரும உயரம் அடையுமாறு மீயொலி அலைகளின்



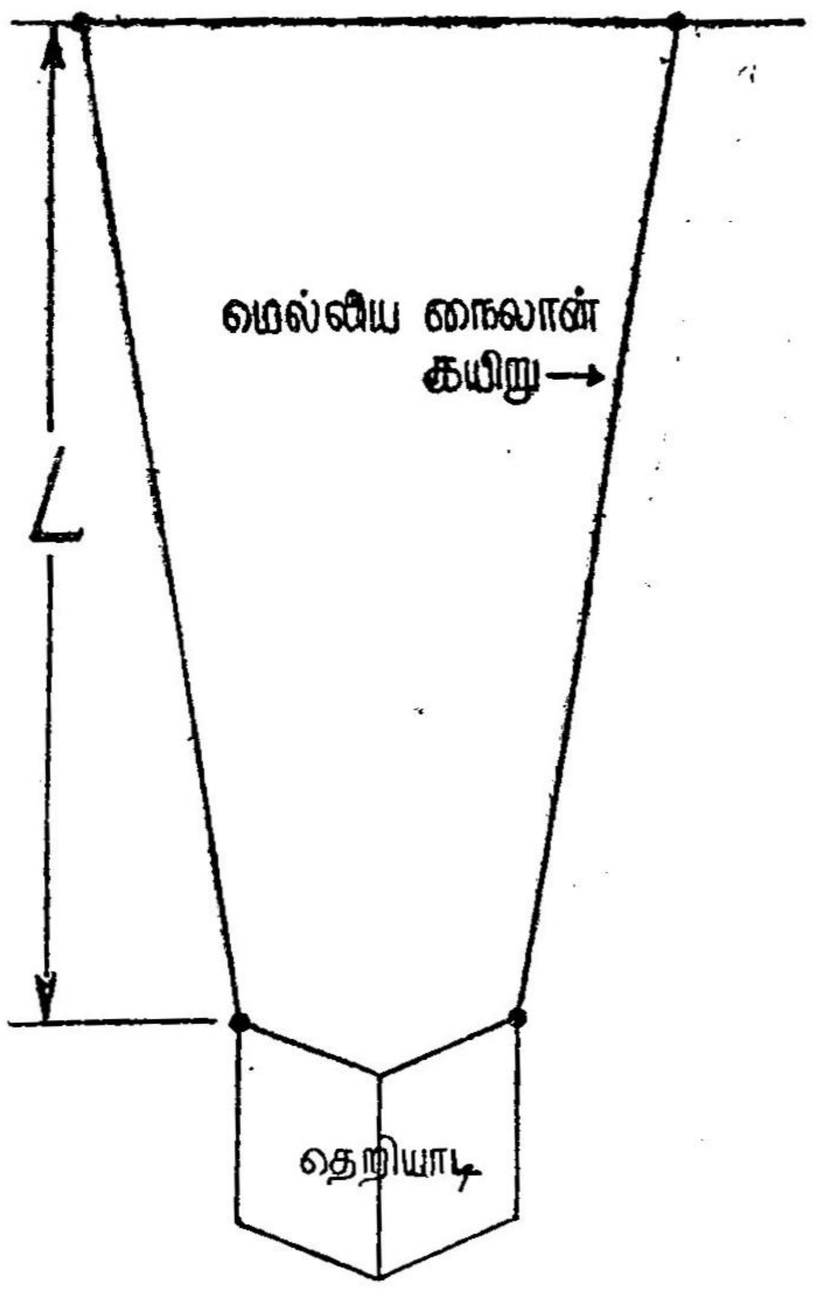
படம் 42. எடைக்கல்லினுல் மீயொலி வலிமையை அளத்தல்

வலிமையைச் சீரமைக்கவேண்டும். கண்ணுடி வட்டினை இப் பொழுது கீழிறக்கினுல் அது, மீயொலி அலைகளின் வலிமை காரணமாக, எண்ணெயின்மீது தாங்கப்படுகிறது. தண்டின் மேல்முனையில் உள்ள தராசு தட்டில் எடைக்கற்கள் வைக்கப்படு கின்றன. இக் கற்களின் எடையைக் கண்ணுடி வட்டுத் தாங்கு கிறது. கண்ணுடி வட்டு எண்ணெயினுள் முழுகும்வரை உபரி யாக எடைக் கற்கள் வைக்கப்படுகின்றன. எண்ணெயினுள் சற்றே மூழ்கும் நிலைக்கு வட்டுவரும் பொழுது மேலே தராசுத் தட்டில் உள்ள எடைகள் மீயொலி அலைத்திறன் வெளியீட்டை அளக்க உதவுகின்றன.

மீயொலி அலைகள் தங்களின் அரை அலை நீளத்தின் முழு மடங்கான தொலைவு கடந்திருந்தால், அவை பெருமமான எடையை வட்டின்மீது தாங்கச் செய்கின்றன என்று சோதனை கள் காட்டுகின்றன. அந் நிலையில் அதிர்வு வீச்சும் மிக வேக மாக உள்ளதெனத் தெரியவந்துள்ளது. கண்ணுடி வட்டினை எண்ணெயினுள் உள்ள மீயொலி அலைகளிடையே அமிழ்த்தும்

பொழுது தோன்றும் எதிர்ப்பு அரை அலை இடைவெளியிலுள்ள புள்ளிகளில் படிப்படியாகப் பெருமமாகத் தோன்றுவதும் தெரியும். எனவே, தொட்டியினுள் பெருமமான ஆற்றலைத் தோற்றுவிக்க வேண்டுமாயின் அதனில் நிலை அலைகள் தோன்றும் வகையில் நீர்மத்தின் ஆழம் சீரமைக்கப்பட வேண்டும்.

கோணவிலகலைக் (angular deflection) கொண்டு அளவிடும் எளிய கருவியின் படம் 43-ல் காணப்படுகிறது. இது 90° தெறியாடி ஆகும். தகுந்த நீளமுடைய (3″ அல்லது 4″.)



படம் 43. கோணவிலகல் கொண்டு அளத்தல்

நைலான் கயிற்றில் தெறியாடி தொங்குகிறது. அளக்கப்படும் ஆற்றல் முற்றிலும் 90° கோணத்தில் பிரதிபலிக்கப்படுகிறது. சாதாரணமாக நீரில்தான் அளவீடுகள் எடுக்கப்படுகின்றன. இக்கருவியைக்கொண்டு வாட்டுகளைப் (wattage) பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்:

திறன் (வாட்டுகள்) = கதிர்வீச்சு விசை (டைன்கள்) × திசை வேகம் $\left(\frac{\text{செ.மீ.}}{\text{விநாடி}}\right) \times \frac{1}{10^7}$

விசையை கிராம்களில் அளந்தால், விசை (கிராம்) $\times 980 =$ டைன்கள்.

நீரில் மீயொலி வேகம் $= 1{\cdot}44 \times 10^5$ செ.மீ./வினாடி.

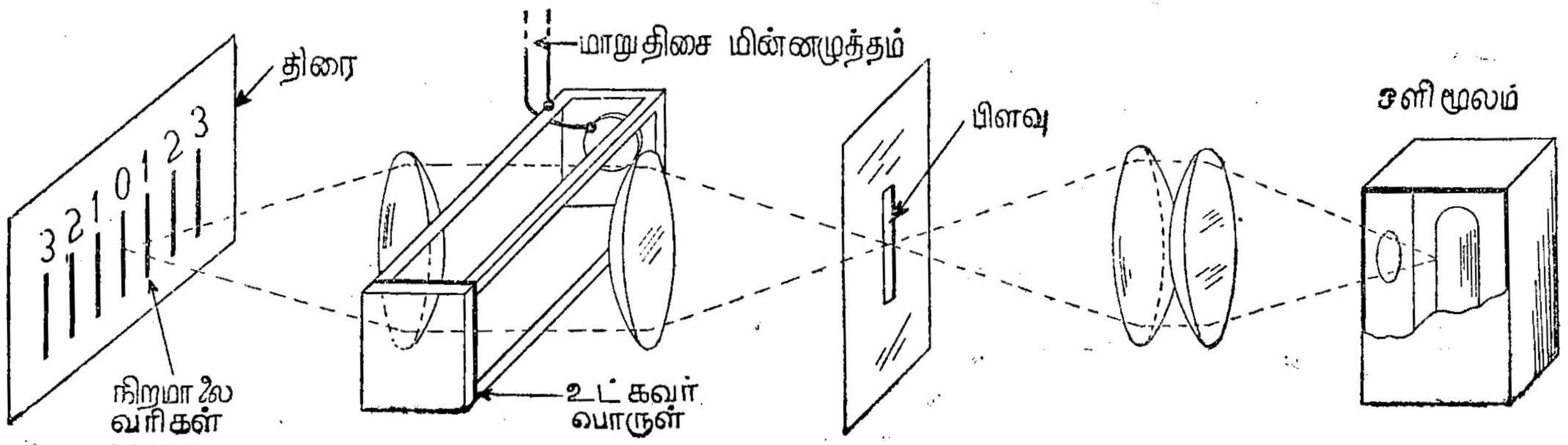
எனவே, விசை (கிராம்) = நீரில் எடை (கிராம்) $\times \frac{\text{விலகல்}}{\text{நீளம்}}$

திறன் (வாட்டுகள்) = விசை (கிராம்) $\times \frac{980 \times 1{\cdot}44 \times 10^5}{10^7}$. இந்த முறை நுண்ணியமானதும் எளிமையானதுமாகும்.

பலவித முறைகளிலும் அளவீடுகள் நீரில் அல்லது நீர் மத்தில் எடுக்கப்படுகின்றன. எனவே, நீர்மத்தை வைக்கத் தொட்டியொன்று தேவை. தொட்டியின் சுவர்களில் பிரதி பலிப்பு (கணிசமாக) நிகழாவகையில் அது பெரியதாக இருத்தல் அவசியம். ஒட்டுப்பலகை (plywood) யாலான தொட்டிகள் போதுமானவை. தேவையெனில் உட்கவரக்கூடிய பொருள் களைத் தொட்டியின் உட்சுவர்களில் ஒட்டலாம்.

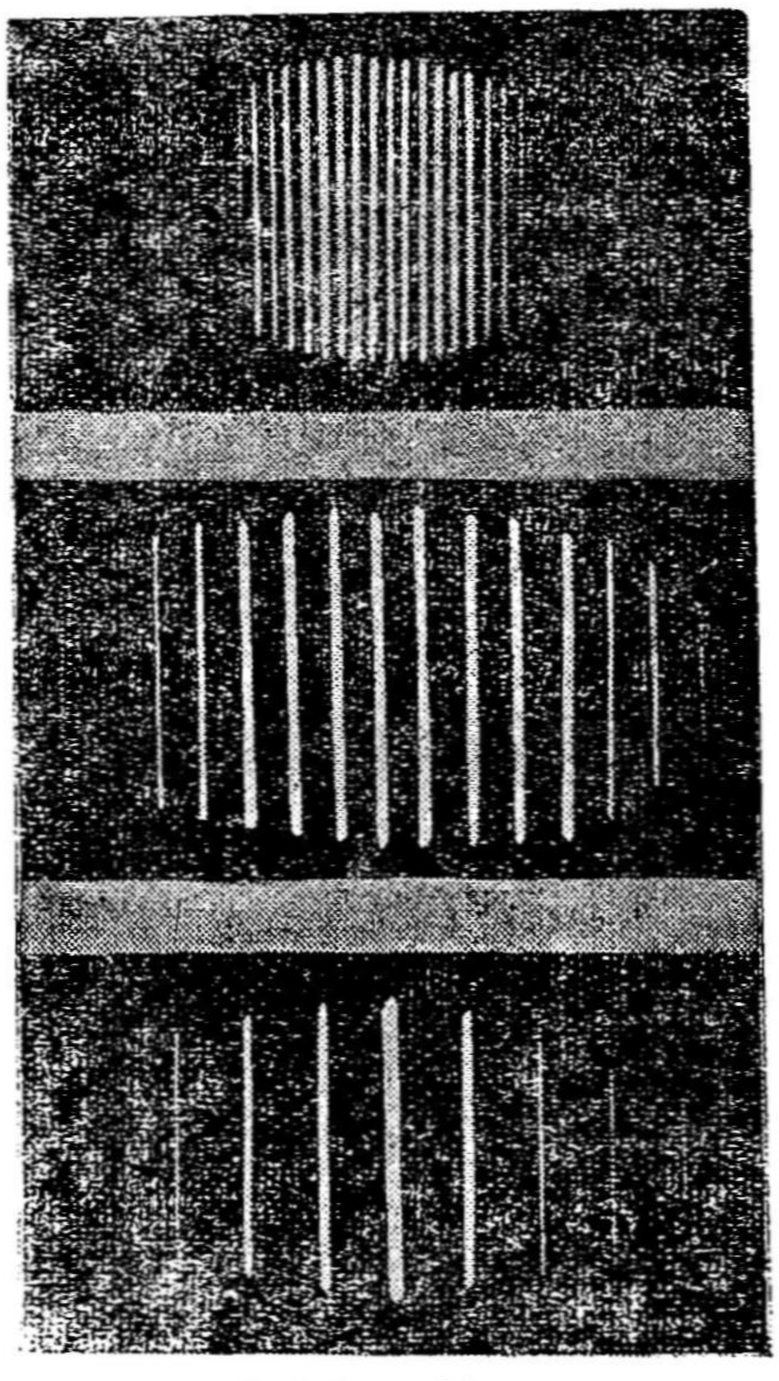
5–3. ஒளி விளிம்பு விளைவு (Diffraction of light)

பருப்பொருள்களின் பண்புகளை ஆராயும் முறைகளில் மீயொலியைப் பயன்படுத்தி ஒளி விளிம்பு விளைவைத் தோற்று விக்கின்றனர். இவற்றில் மீயொலி அலைகள் உளவர் இல்லையா என்றறிய விளிம்பு விளைவுப்படங்கள் பயன்படுகின்றன. ஊட கத்தினுள் மீயொலி நிலை அலைகள் ஒரு கீற்றணியைத் தோற்று விக்கின்றன என்று சோதனையாளர்கள் கண்டனர். மீயொலி அலைகளில் - இறுக்கங்களும் (condensations) அடர் குறைவு களும் (rarefactions) உள்ளன. இவ்வொலி அலைகள் ஊடகத் தில் பாயும்பொழுது அதனில் வெவ்வேறு புள்ளிகளில் அடர்த்தி வேறுபாடுகள் தோன்றுகின்றன. ஒற்றை நிற ஒளிக் கற்றை ஒரு பிளவு வழியாகப் பாய்ந்து ஊடகத்தினுள் புகட்டும்; ஒரு மைய பிம்பமும் (central image) மற்றும் வேறு வரிகளும் தோன்றும். ஒளிவிலகல் எண்ணானது அடர்த்தியின் சார்பாகும். ஒளிவிலகல் எண் வேறுபடுவதால் ஒளிவிளிம்பு விளைவு ஏற்படு கிறது. மைய பிம்பத்திற்கும் மற்ற வரிகளுக்கும் உள்ள இடை வெளி மீயொலி அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்தது. அதிர்வெண் அதிகரித்தால் அந்த இடைவெளி அதிகரிக்கும். பல்வேறு அதிர்வெண்களை ஒரே சமயத்தில் பயன்படுத்தினால், அவை ஒவ்வொன்றும் தங்களுடைய விளிம்பு விளைவு வரிகளைத் தோற்றுவிக்கும். இவ்வரிகளைக் கொண்டு அதிர்வெண்ணையும்,



படம் 44.
மீயொலி விளிம்பு விளைவினைத் தோற்றுவிக்கும் அமைப்பு

திசைவேகம், அலைநீளம் ஆகியவற்றையும் அளக்கலாம். இந்த முறை மிகப் பரவலாகப் பயன்பட்டுள்ளது. மீயொலி அலை ஊடுருவுவதையும், லென்சுகள் படிகங்களில் நிகழ்வதென்ன என்பதையும் அறிய இம் முறை பயன்பட்டுள்ளது. விளிம்பு விளைவிற்கான அமைப்புப் படம் 44-ல் காணப்படுகிறது. விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளி ஒரு பிளவு (slit) மீது குவியமாகிறது; பிளவு வழியே செல்லும் ஒளி, குவிலென்சினுல் (L_1) இணைகற்றையாகிறது. அடுத்து மீயொலிக்கலம் (ultrasonic cell) வழியே அந்த இணைக்கற்றை பாயும். இக் கலத்தினுள் நீர்மம் உள்ளது.



படம் 45. விளிம்பு விளைவுப்பாங்கம்
(அடிப்படை, 3 ஆவது, 5 ஆவது மேற்சுரங்கள்)

நீர்மத்தினுள் மூழ்கிய குவார்ட்சு படிகம் மீயொலி அலைகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. தொட்டியின் சுவர்களில் பிரதிபலிப்பு நிகழாமல் உட்கவரும் பலகை (absorbing pad) ஒட்டப்பட்டுள்ளது. கலத்தினுள் மீயொலி அலைகள் தோற்றுவிக்கப்பட அதன் காரணமான இறுக்கங்களும்; அடர் குறைவுகளும் ஒளியை விளிம்பு விளைவுக்குட்படுத்துகின்றன. ஒளியியல் கீற்றணி செயல்படுவது போன்றே இந்த அமைப்பும் செயல்

படுகிறது. இவ்வித அமைப்புக்கொண்டு பெறப்பட்ட விளிம்பு விளைவுப்பாங்கம் (pattern) படம் 45-ல் காணப்படும்.

ஒரு நீர்மத்தில் ஊடுருவும் மீயொலி அலையானது மீட்சியியல் அலை (elastic wave) என்றறிவோம். இதனில் இறுக்கங்களும், விரிவுகளும் ஒன்றன்பின் ஒன்றுகச் சீரியலான சம தொலைவுகளில் நகர்கின்றன. அடுத்தடுத்த இரண்டு இறுக்கங்களிடையே உள்ள தொலைவு நீர்மத்தில் ஒலியின் அலை நீளமாகும். எனவே, ஒலி பரவும் திசையில் நீர்மத்தின் அடர்த்தி இடையீட்டொழுங்குடன் (periodically) மாறுகிறது. எனவே, நீர்மத்தின் ஒளிவிலகல் எண்ணும் அதே இடையீட்டொழுங்குடன் மாறும். இந்த ஒளிவிலகல் எண்ணின் மாற்றமானது சில விதிகளுக்குட்பட்டு ஒளியில் விளிம்பு விளைவைத் தோற்றுவிக்கிறது. இவ்விதிகள் ஒளியியலில் கீற்றணி விளைவு (grating effect)க்குரிய விதிகளேயாம்.

நீர்மத்தில் ஒலியின் அலைநீளம் Λ; ஒளியின் அலைநீளம் λ; வரிசை எண் (order) 'k'-க்கு விளிம்பு விளைவுக் கோணம்

a_k எனில்

$$\text{சைன் } a_k = \frac{k\lambda}{\Lambda}$$

ஒலி அலைகளிலிருந்து திரையின் தொலைவு A. விளிம்பு விளைவுப் பாங்கத்தில் மைய பிம்பத்திலிருந்து k-வரிசைப் பிம்பத்தின் தொலைவு d_k எனில் (Aயுடன் ஒப்பிட d_k மிகச் சிறியது).

$$\text{சைன் } a_k = \frac{d_k}{A}. \quad \text{எனவே}$$

$$d_k = \frac{KA\lambda}{\Lambda} \text{ ஆகும்.}$$

ஆதலால் ஒலி அலைநீளம் குறைந்தால் மையத்திலிருந்து விளிம்பு விளைவுப் பிம்பத்தின் தொலைவு கூடும். விளிம்பு விளைவுப் பாங்கத்தில் மையத்திலிருந்து மற்ற வெவ்வேறு பீம்பங்களின் தொலைவுகளையும், தொலைவு A-யையும் நுண்ணியமாக அளக்க முடியுமாதலால்; ஒளியின் அலைநீளம் தெரிந்திருக்க ஒலி அலை நீளத்தையும் நுண்ணியதாகக் கணக்கிடலாம். ஆதலால் ஒலியின் அதிர்வெண் அறிந்து, நீர்மத்தில் ஒலியின் வேகத்தைக் கணக்கிடலாம். ஒலியின் அதிர்வெண்ணை மின்னியல் முறையில் அளக்கலாம்.

ஒலியின் அதிர்வெண் N. அதன் வேகம் v எனில்,

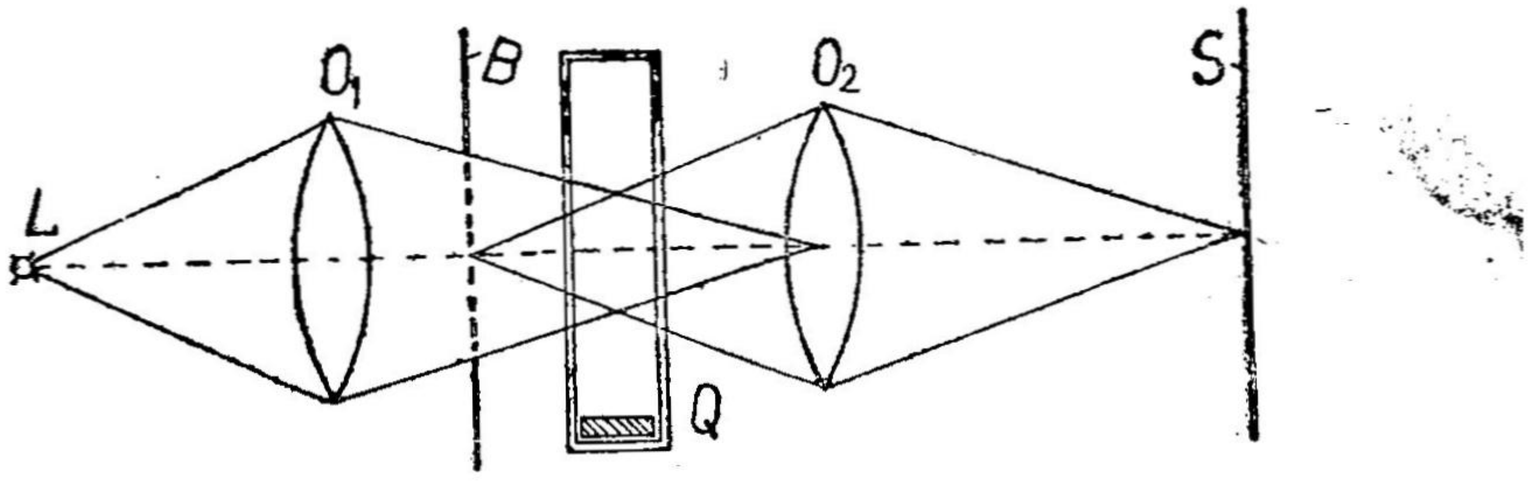
$$v = \frac{KA\lambda N}{d_k}$$

ஓர் அதிர்வெண்ணில் மட்டும் அதிர்வுகள் நீர்மத்தில் செலுத்தப்பட்டால் அதற்கான தோரணி (pattern) கிடைக்கும். இரண்டாவதாக, வேறோர் அதிர்வெண்ணில் அதிர்வுகள் தோன்றினால், வேறொரு தோரணி கிடைக்கும். இரண்டு அதிர்வெண்களும் ஒருங்கே செலுத்தப்பட்டால், முதலில் கிடைத்த இரண்டு தோரணிகளின் கூட்டாகிய (combination) ஒரு தோரணி கிடைக்கும்.

ஒரு மூல அலைவரிசையும், அதன் பிரதிபலிப்பு அலையும் சேர்ந்து நிலை அலைகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இவை இரண்டும் சேர்ந்து தோற்றுவிக்கும் தோரணியானது, அவை தனித்தனியே தோற்றுவிக்கும் தோரணிகள் ஒன்றன் மீதொன்று மேற்பொருந்துவதால் கிடைப்பதாம். இவ்வாறே சோதனைகளில் நிகழ்கிறதென ஆராய்ச்சியாளர் கண்டுள்ளனர். இவ்வாறு கிடைக்கும் பாங்கங்களின் படங்களிலிருந்து குவார்ட்சின் அதிர்வெண் ஒரே மதிப்புடையதா, வேறு அதிர்வெண்களும், உளவா என்றறியலாம். இம் முறையின் வாயிலாகக் குவார்ட்சு பலகையொன்று ஒருங்கே $\frac{5}{2}$ மற்றும் $\frac{1}{2}$ மேற்சுரங்களில் அதிர்வுறலாம் எனக் கண்டுள்ளனர். மீயொலியால் ஏற்படும் விளிம்பு விளைவு கொண்டு குவார்ட்சின் மேற்சுரங்களையும் மின்னியல் அதிர்வெண்களையும் அளக்கலாம் மேலும், இத் தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி அலை அதிர்வெண்களை நுண்ணியமாக அளக்கும் அலைமானியும் (wavemeter) அமைக்கப்பட்டுள்ளது. மீயொலிக் கற்றையின் பாதையையும், வடிவத்தையும் கூடப் படம் பிடிக்கலாம். இதற்கேற்ப மேற்சொன்ன அமைப்பில் சில மாற்றங்கள் தேவை. ஒளிபுகாச் சட்டம் ஒன்றை அது மைய பிம்பத்தை மட்டும் தடுக்குமாறு வைத்தால் போதுமானது. இப்படிச் செய்தால் ஊடுருவும் ஒளி ஆற்றல் மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்து மாறும். இந்தச் சட்டத்திற்கு அடுத்து ஒரு லென்சு வைக்கப்பட்டால், திரையில் கற்றையின் பிம்பம் (வடிவம்) குவியமாகும்.

மீயொலிப் பாதையையும். வடிவத்தையும் படம் பிடிக்க, பார் என்பவரும் மேயர் என்பவரும் (Bar and Meyer) அமைத்த மற்றொரு செய்முறையும் உண்டு. படம் 46 காண்க. ஒளியின் பிம்பத்திற்குப் பதிலாக. சமதளத்திலுள்ள பல வட்டத் துளைகளின் பிம்பங்கள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன;

ஒலிப்புலத்தின் வழியே பாயும் ஒளி வட்டத்துளைகளின் பிம்பங்களைத் திரையின் மீது வீழ்த்துகிறது. வட்டத் துளைகள் அமைந்த வட்டு B ஆகும். இதனில் 2 முதல் 10 மி. மீ. வரை



படம் 46. பார்-மேயர் செய்முறையில் மீயொலியைப் படம் பிடித்தல்

ஓழுங்கான தொலைவுகளில் பல ஊசித் துளைகள் உள்ளன. O_1 என்பது குவிக்கும் லென்சு; இது வட்டத் துளைகளுக்குச் சீரான ஒளியூட்டி விளக்கினுடைய பிம்பத்தை O_2-ன் தளத்தில் வீழ்த்தும். லென்சு O_2 வட்டத் துளைகளின் பிம்பத்தைத் திரையில் வீழ்த்தும். தொட்டி T-ல் உள்ள நீர்மத்தினூடே மீயொலி பாய்கிறது. மியொலியைத் தோற்றுவிக்கும் குவார்ட்சு Q ஆகும். எவ்வெத்துளைகளிலிருந்து புறப்பட்ட ஒளி மீயொலிப் புலத்தைக் கடந்ததோ அத் துளைகளுக்கே சரியாக இரு மருங்கிலும் திரையின் மீது விளிம்பு விளைவுத்தோரணிகள் கிடைக்கின்றன. எனவே, ஒலி அலைகளின் நிழற் படம் போன்ற தோற்றம் திரையின் மீது விழும். இத் தோரணிகள் யாவும் வரிசையாக ஒலி பாயும் திசைக்கு இணையாகவுள்ளன.

நீர்மங்கள் மற்றும் ஒளிபுகு திண்மங்களில் மீயொலிப் பாதையாக நிர்ணயித்துக் காண மேற் கண்ட முறைகள் பயன் படுகின்றன.

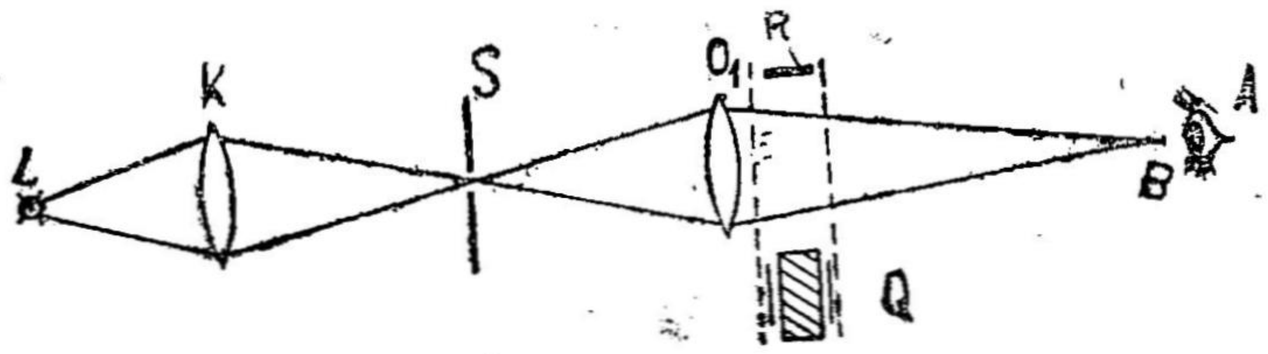
ஒளிபுகாப் பொருளின் எப் பகுதியையும் நிழற் படமாக்க அப்பகுதியின் ஊடே மீயொலி அலையைச் செலுத்தலாம். அப் பகுதியை ஊடுருவும் அலைகளைத் திரையின் மீது வீழ்த்தி அக் குறிப்பிட்ட பகுதியைப் படமாகக் காணலாம்.

நீர்மத் தொட்டியினுள் அப் பொருளை மூழ்க வைத்து நீர்மம் வழியே மீயொலி செலுத்தப்படும். எனவே, மீயொலி அப் பொருள் வழியேயும் செல்லும் பொருளின் உள்ளே உள்ள குறைகள் (flaws) மியொலியைத் தடுப்பதால் குறைகள் உள்ளபகுதி மட்டும் திரையில் நிழலாகத் தெரியும். மேற சொன்ன முறைகளில் பெறப்படும் பிம்பங்களை அதிகப் பொலிவுடன் பெறுவதற்கு நீர்மங்களில் பல்வேறு துகள்களை

ஆழ்ந்து மிதக்கச் செய்யலாம்: பாயும் மீயொலியின் ஆற்றலுக் கேற்பத் துகள்கள் தாங்களே ஒளிக்கற்றையில் திசைமுகப்புப் (orientation) பெறும்.

5–4. வரிப்பள்ளங்கள் (Striation) (படம் 47 காண்க).

இதனில் நிலை அலைகள் கட்புலனாகின்றன. இறுக்கம் பெற்ற பகுதிகள் கருவரிகளாகவும், மற்றப் பகுதிகள் ஒளியுடையன வாகவும் தெரியும். இந்த அமைப்பு வரிப் பள்ள

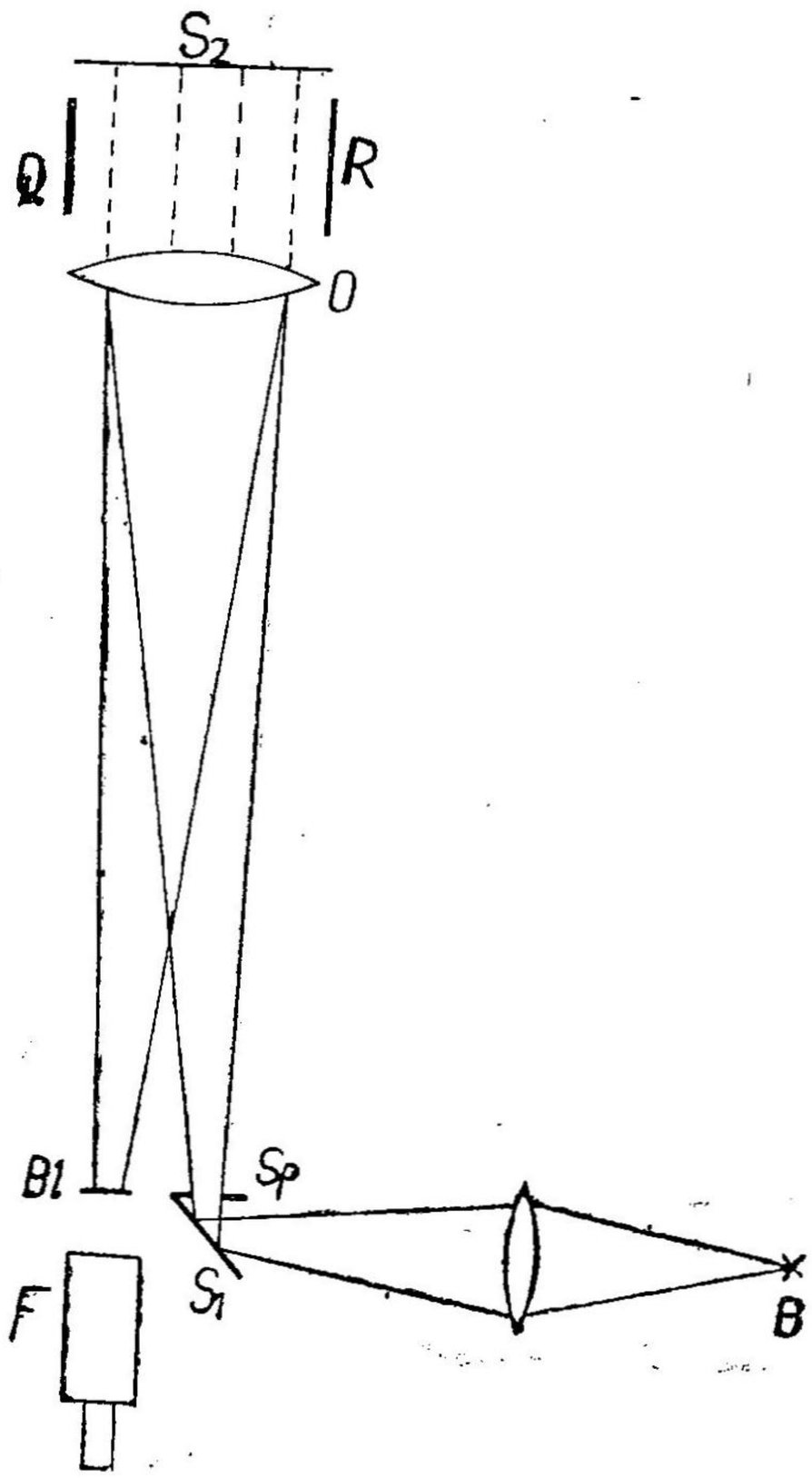


படம் 47. வரிப்பள்ள முறை

முறை (The striation method) எனப்படும். இறுக்கங்களுக்கும் அடர்குறைவுப் பகுதிகளுக்கும் இடையே தோன்றும் ஒளி விலகல் ஒளிக்கற்றையைப் பாதை விலகச் செய்யும். ஊடகத்தின் சில பகுதிகளின் ஒளி விலகல் எண்மதிப்பை அப் பகுதிகளின் வழியே ஊடுருவும் ஒலி அலைகள் மாற்றுகின்றன. நிலை அலைகள் உள்ள பொழுது. அழுத்தக் கணுக்கள் (pressure nodes) மட்டுமே கருமையாக இருக்கின்றன. ஒளி மூலம் *L*–லிருந்து கிடைக்கும் ஒளி, குவிப்பான் *K*-(condenser)-யினால் குவிக்கப்பட்டு வட்டத்துளை அல்லது பிளவு *S*-க்கு ஒளியூட்டுகிறது. எனவே, லென்சு *O* ஆனது *S*-ம் பிம்பத்தை B-ல் வீழ்த்துகிறது. பிளவின் பிம்பத்தை அதே அளவுள்ள திரையால் மூடிவிட்டால் A-யிலுள்ள கண்ணுக்கு ஒளி நேராகச் செல்லாது. ஒலி அலைகளைக் குவார்ட்சு Q தோற்றுவிக்க அவற்றைத் தெறியாடி *R* பிரதிபலிக்கிறது; எனவே, *O*-க்கு முன்னால் நிலை அலைகள் தோன்றுகின்றன. ஒலி அலைகளின் காரணமாக எவ்வெப் புள்ளிகளில் ஒளி விலகல் எண் மாறுகிறதோ அப் புள்ளிகளில் ஒளி விலகி, திரை *B*-யைச் சுற்றிக் கடந்து கண்ணை அடைகிறது. எனவே, நிலை அலைகள் கட்புலனாகின்றன; அழுத்தக் கணுக்கள் கருமையாகவும்; வயிறுகள் (loops) பிரகாசமாகவும் தெரிகின்றன. இத் தோரணியை(pattern) நிழற் படம் பிடிக்கலாம். லென்சு *O*-க்கும் திரை-*B*க்குமான இடைத் தொலைவு அதிகரித்தால், ஒளி விலகல் எண்ணில் உண்டாகும் சிறிய மாற்றம்கூட ஒளியானது *B*-யைக் கடக்குமாறு செய்யும்;

எனவே; இந்த அமைப்பு நுட்பவுணர்வு உடையதாகும். இந்த முறையை டாவில் (Tawil) என்பார் மீயொலிச் சோதனைகளில் முதன் முதலில் பயன்படுத்தினர்.

வாயுக்களில் மீயொலி நிலை அலைகளைக் கட்புலனுக்கவும் வரிப்பள்ள முறையைப் பயன்படுத்தலாம் (படம் 48). பிறை விளக்கு (arc lamp) *B*–யிலிருந்து கிடைக்கும் ஒளிஒரு குவிப்பான் மற்றும் ஆடி *S* வழியாக பிளவு *Sp*-க்கு ஒளியூட்டுகிறது. குவியத் தூரம் அதிகமாக உடையலென்சு *O* (இதன் $F = 2$ மீ.) மற்றும் ஆடி S_2 இரண்டுமாகப் பிளவு *Sp*-ன் பிம்பத்தை (Bl) அதன்

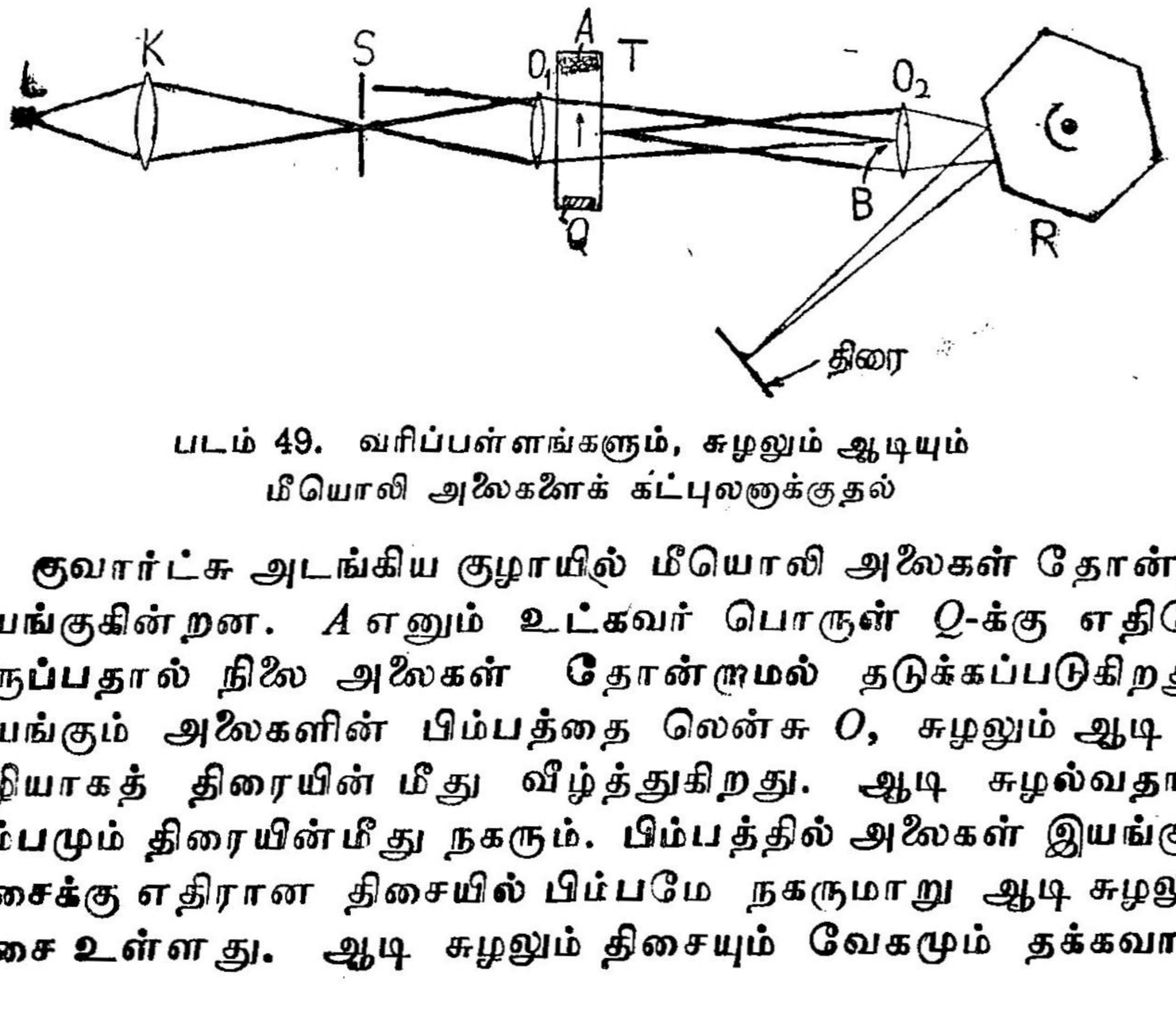


படம் 48. வாயுவில் மீயொலி அலைகளைக் கட்புலனுக்கும் அமைப்பு

தளத்திலேயே (அதற்கு அருகில்) வீழ்த்துகின்றன. திரை (Bl) இந்த பிம்பத்தை மறைத்து விடும்; எனவே, பிம்பம் தொலை நோக்கி *F* வழியாகப் புலப்படாது.

மீயொலி நிலை அலைகளைத் குவார்ட்சு Q-வும் தெறியாடி R-ம் சேர்ந்து, ஆடி S_2-க்கும் லென்சு O-க்கும் இடையே தோற்றுவிக்கின்றன. இந்த நிலை அலைகள் மீது தொலை நோக்கி F-குவியமாக்கப்படுகிறது. இவ்வமைப்பு ஒரு தன்னிணையாக்கும் (auto-collimation) அமைப்பாகும். இதனில் ஒலி அலைகள் வழியே ஒளி அலைகள் இரண்டு தடவை ஊடுருவுகின்றன. எனவே, ஊடுருவும் ஆழம் கூடுகிறது. ஆதலால் குறிப்பிட்ட செறிவு உடைய ஒலி நிலை அலைகள் (குறிப்பிட்ட ஒளி விலகல் எண் மாற்றத்திற்கு இணைமாற்றுக) தங்கள் வளையங்களில் பிரதிபலிக்கும் ஒளியின் அளவு கூடும்.

வரிப்பள்ள முறையானது சாதாரணமாக நிலை அலைகளை ஆராயத்தான் உதவும். ஆயினும், ஸ்ட்ராபாஸ்கோப் (stroboscope) பயன்படுத்தி இயங்கும் அலைகளையும் ஆராயலாம் என டொயப்ளர் (Toepler) கண்டார். அவரது செயல்முறையை ∴போலி (Foley), மற்றும் சௌதர் (Souder) இருவரும் செம்மைப்படுத்தினர். நீர்மங்களில் இயங்கும் மீயொலி அலைகளைக் (travelling ultrasonic waves) கட்புலனுக்கும் வகையை பெர்க்மன் (Bergmann) உருவாக்கினர். இச் செய்முறையில் சுழலும் ஆடி யொன்று பயன்படுத்துகிறது (படம் 49). இதனில் காணும் குறியீடுகள் படம் 47-ல் சொல்லப்பட்டவையே:



படம் 49. வரிப்பள்ளங்களும், சுழலும் ஆடியும்
மீயொலி அலைகளைக் கட்புலனுக்குதல்

குவார்ட்சு அடங்கிய குழாயில் மீயொலி அலைகள் தோன்றி இயங்குகின்றன. A எனும் உட்கவர் பொருள் Q-க்கு எதிரே இருப்பதால் நிலை அலைகள் தோன்றுமல் தடுக்கப்படுகிறது. இயங்கும் அலைகளின் பிம்பத்தை லென்சு O, சுழலும் ஆடி R வழியாகத் திரையின் மீது வீழ்த்துகிறது. ஆடி சுழல்வதால் பிம்பமும் திரையின்மீது நகரும். பிம்பத்தில் அலைகள் இயங்கும் திசைக்கு எதிரான திசையில் பிம்பமே நகருமாறு ஆடி சுழலும் திசை உள்ளது. ஆடி சுழலும் திசையும் வேகமும் தக்கவாறு

சீரமைக்கப்பட்டால் · திரையில் நிலையான கருவரிகளும், ஒளி வரிகளும் தெரியும். திரவத்தில் மீயொலி அலைகள் ஊடுருவுகையில் தோன்றும் இறுக்கங்களையும் விரிவுகளையும் (compressions and expansions) அக் கருவரிகளும் ஒளி வரிகளும் காட்டுகின்றன:

லென்சு O_2-க்கும், தொட்டி T-க்கும் இடைத்தொலைவு $=I$; O_2-விலிருந்து திரையின் ஒளியியல் தொலைவு $=b$ என்க. லென்சு O_2-க்கும், சுழல் அச்சுக்கும் சரியான மையத்தில் ஆடி இருக்குமாறு கருவி அமைக்கப்படுகிறது. நீர்மத்தில் ஒலியின் வேகம் v_t; திரையிலுள்ள பிம்பத்தில் ஒலியின் வேகம் v_s எனில்

$$v_t = \frac{v_s I}{b} \text{ ஆகும்.}$$

ஆடி சுழல்வதால் திரையில் பிம்பம் நகரும் வேகம் v_b என்க.

ஒரு நிமிடத்தில் ஆடி z முறைகள் சுழன்றால்,

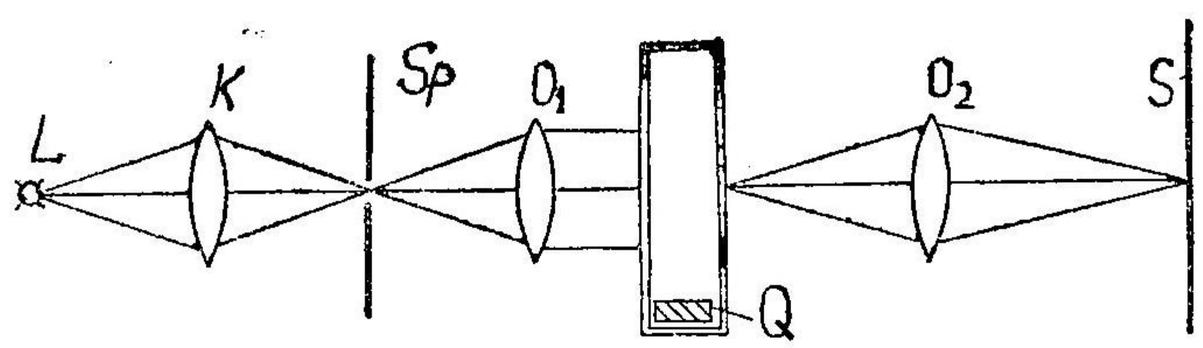
$$v_b = \frac{2 \times 2\pi \times b \times z}{60} = \frac{\pi b z}{15}$$

ஒலி அலைகளின் பிம்பம் திரையில் நிலையாக இருக்கும்பொழுது, v_b ஆனது v_s-க்குச் சமமாக வேண்டும். எனவே $v_t = \frac{\pi I z}{15}$ ஆகும். இச் சமன்பாட்டிலிருந்து, I-யும் Z-ம், v_t-யை நிர்ணயிக்கின்றன எனத் தெரிகிறது. எனவே, I-யை அதிகரித்தால் z-ன் மதிப்பைக் குறைக்கலாம்; அதாவது ஆடி சுழலும் வேகத்தைக் குறைக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, $I=3$ மீட்டர் எனில், நீர்மங்களில் ஒலியின் வேகம் $v=$ 900 முதல் 1,800 மீட்டர்/வினாடி ஆவதால், ஆடிக்கு ஒரு நிமிடத்தில் ($z=$) 1,500 முதல் 3,000 சுழற்சிகள் தந்தால் போதும். சுழல்வேகத்தை மின்னியல் முறையில் 0·1%-க்குத் திருத்தமாக அளக்கலாம். எனவே, ஒலியின் வேகத்தையும் அதே நுண்ணியத்துடன் அளக்கலாம். மேலும், அளவீடுகள் மீயொலியின் அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்திருக்கவில்லை என்பது ஒரு பெரும் ஆதாயமாகும்.

5-5. இரண்டாம் நிலை குறுக்கீட்டு விளைவு (Secondary interference)

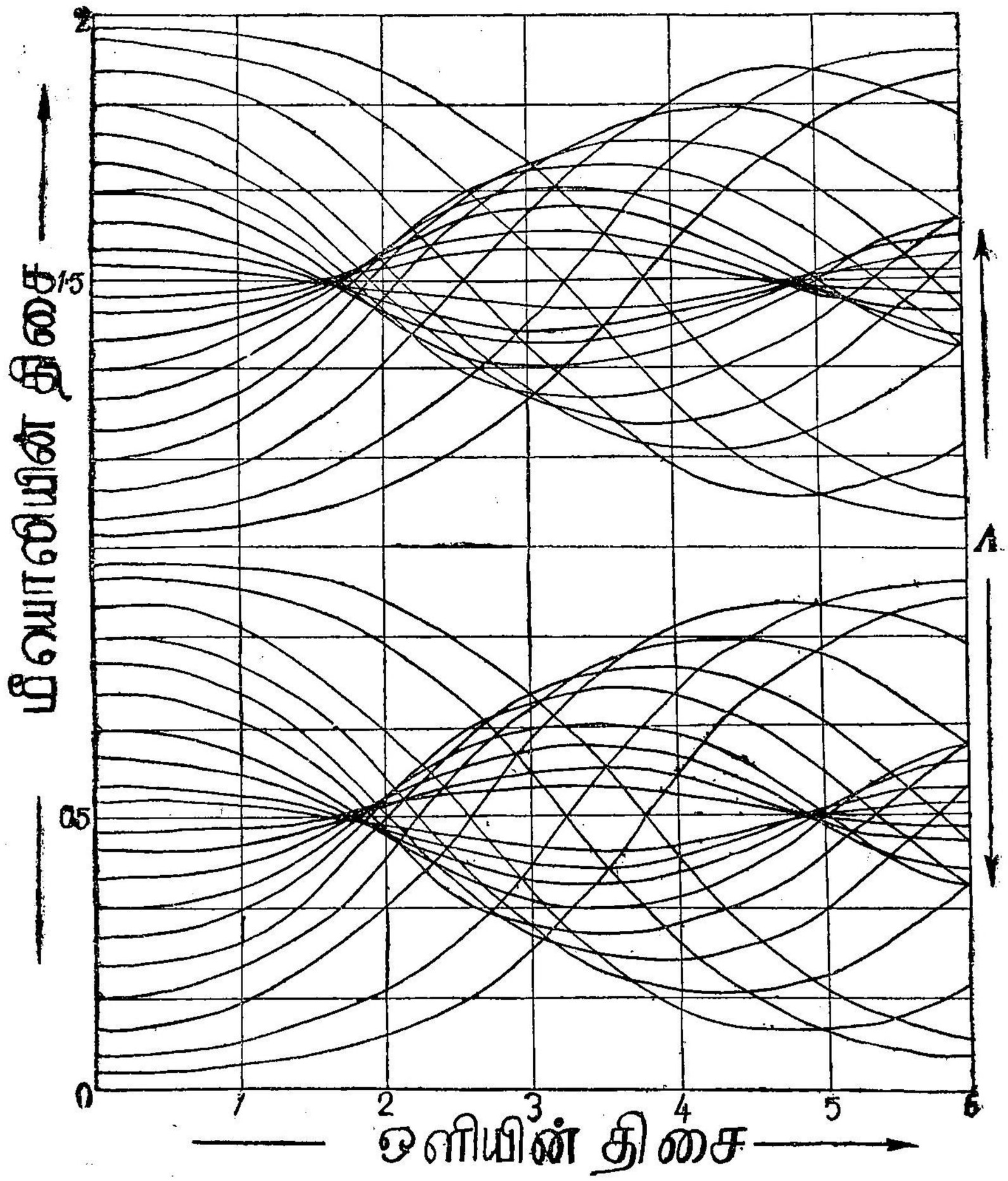
(படம் 50) ஒளியுண்ண பிளவு S-லிருந்து புறப்படும் ஒளி லென்சு O_1-வினால் இணைக்கற்றையாகிறது; பின்னர், குவார்ட்சு Q-வினால் தோற்றுவிக்கப்படும் ஒலி அலைகளை ஊடுருவுகிறது. நுண்ணோக்கி ஒன்றின் பொருளருகுவில்லை O_2 ஆகும். இதனை ஒலி அலைகள்மீது அல்லது அதற்குப் பின்னால் உள்ள ஒரு

புன்னிமீது குவியமாக்கலாம் ; ஊடகத்தின் வழியே ஒளி விலகல்



படம் 50. இரண்டாம் நிலைக் குறுக்கீட்டு விளைவினைப் பயன்படுத்தும் ஒளியியல் அமைப்பு

நிகழ்கையில் சில புள்ளிகளில் ஒளிக்கதிர்கள் குவியமாகின்றன.



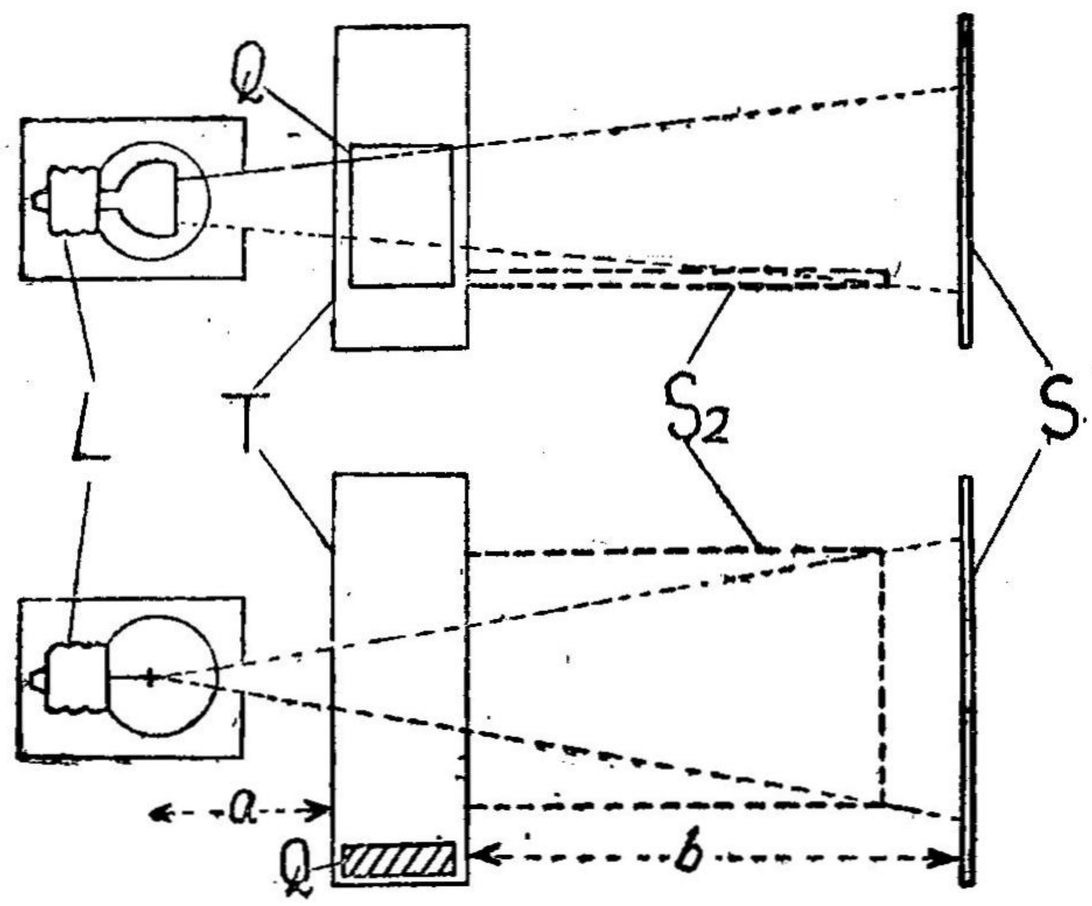
படம் 51. ஒலி பாயும் ஊடகத்தினுள் ஒளிக்கதிர்களின் பாதைகள்

(convergence). எனவே, நேர்முகமாகக் காணின் பொலிவான வரிகள் காணப்படும். செறிவு மிக்க ஒளியாயின், இவ்வரிகளைத் திரை N மீது லென்சு O_2, கொண்டு வீழ்த்தலாம்.

படம் 44-ல் (டூபை-சியர்சு செய்முறை) காணப்பட்ட செய்முறை போன்றதேயாயினும், இம் முறையில் நாம் காண்பது பிளவின் பிம்பமன்று. ஆனல், படம் 51-ல் காண்பதுபோல, ஊடகத்தினுள் ஒளிக்கதிர்ப் பாதைகளில் உள்ள குவியங்களாகும்.

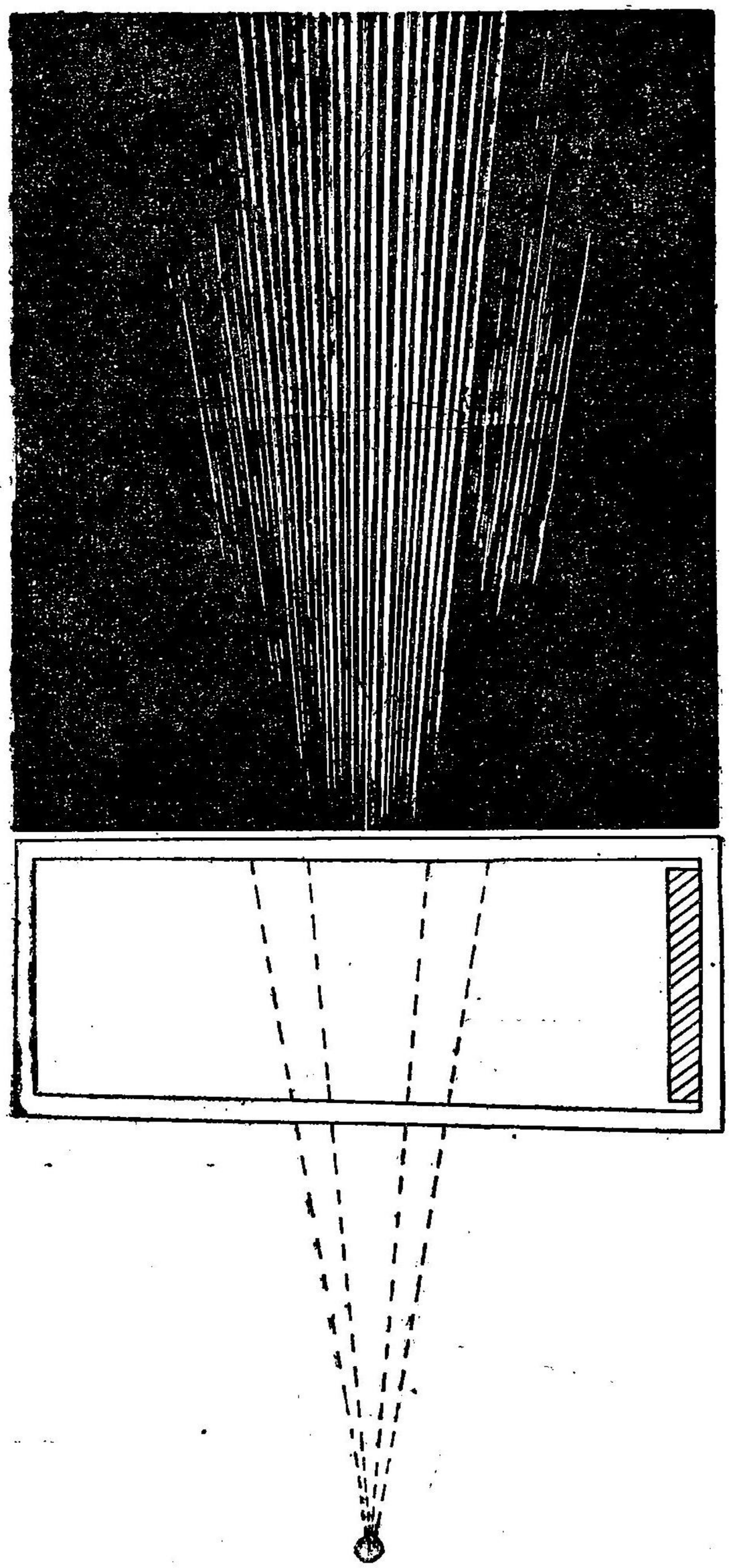
லென்சு O_2-வை தொட்டியின் சுவர்மீது அதாவது ஒலி அலைமீது குவியமாக்கினல், திரைமீது ஒலி அலையின் பிம்பம் கிடைக்கும். இது வரிப்பள்ள முறைதான். ஆனல், ஒரு வேறுபாடு உண்டு. ஒலி அலைகள் வழியே முற்றிலும் இணையான ஒளிக் கற்றை தற்பொழுது பாய்கிறது; என் 0 (சுழி) உடைய பிளவு பிம்பம் மறைக்கப்படவில்லை.

முற்றிலும் இணையான கற்றையன்றி, விரிகற்றையான ஒளியைக் கொண்டும், ஒளியியல் அமைப்புகள் உதவியின்றி, மீயொலி நிலை அலைகளைக் (ultrasonic stationary waves) கட்புல ஆக்கலாம் (படம் 52).12 மி.மீ. நீளமுள்ள நேர்மின்னிழையுள்ள



படம் 52. ஒளியின் விரிகற்றையால் மீயொலி கட்புலனாதல்

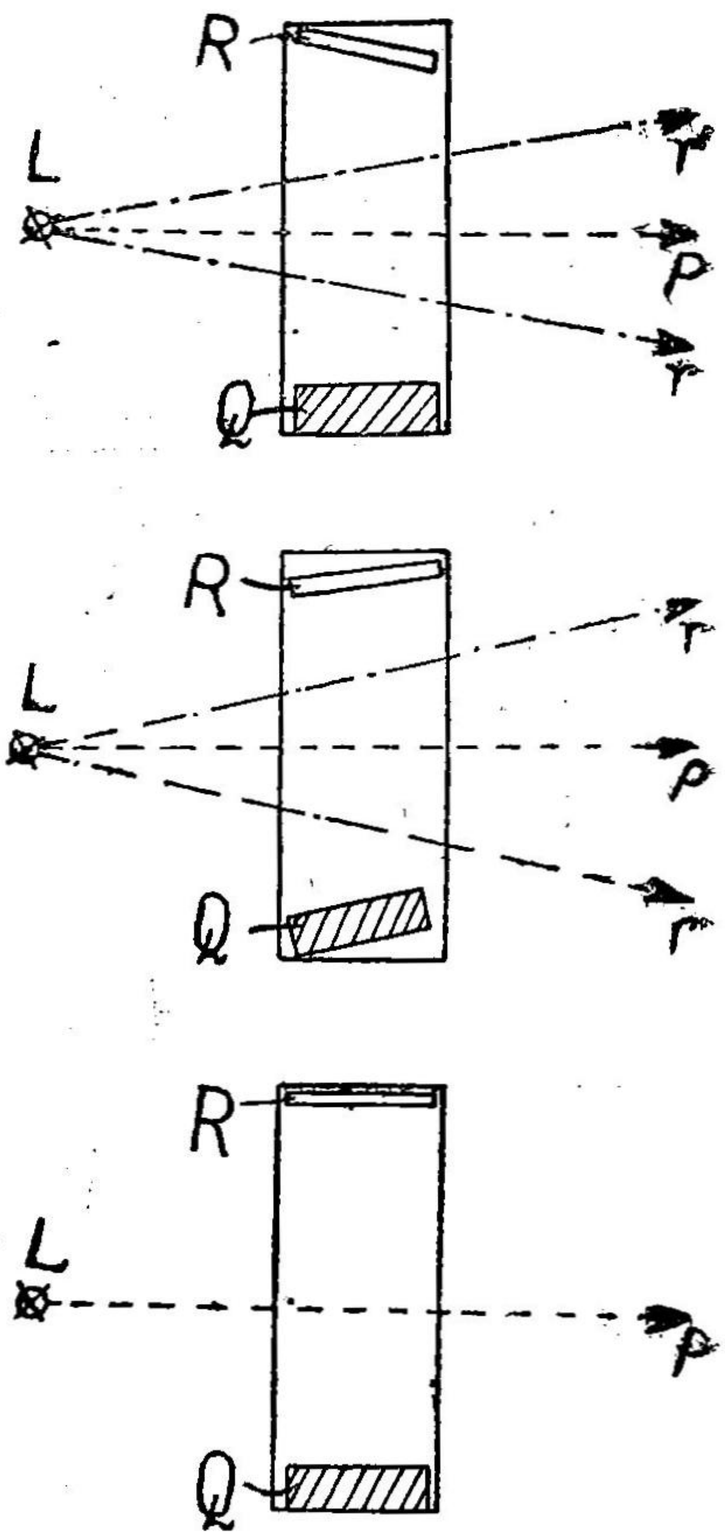
4 வாட்டு விளக்கு ஒரு பெட்டியினுள் வைக்கப்பட்டுப் பக்கங்களிலிருந்து வெளியேறும் ஒளி தடுக்கப்படுகிறது. பெட்டியின் முகத்திலுள்ள சிறிய துளை வழியே ஒளி வெளியேறும். தொட்டி T-யினின்று தொலைவு a (சில செ.மீ.)-யில் விளக்கு உள்ளது.



படம் 53. நிலையான மீயொலி அலை வழியே ஒளி விரிகற்றைகளின் பாதை

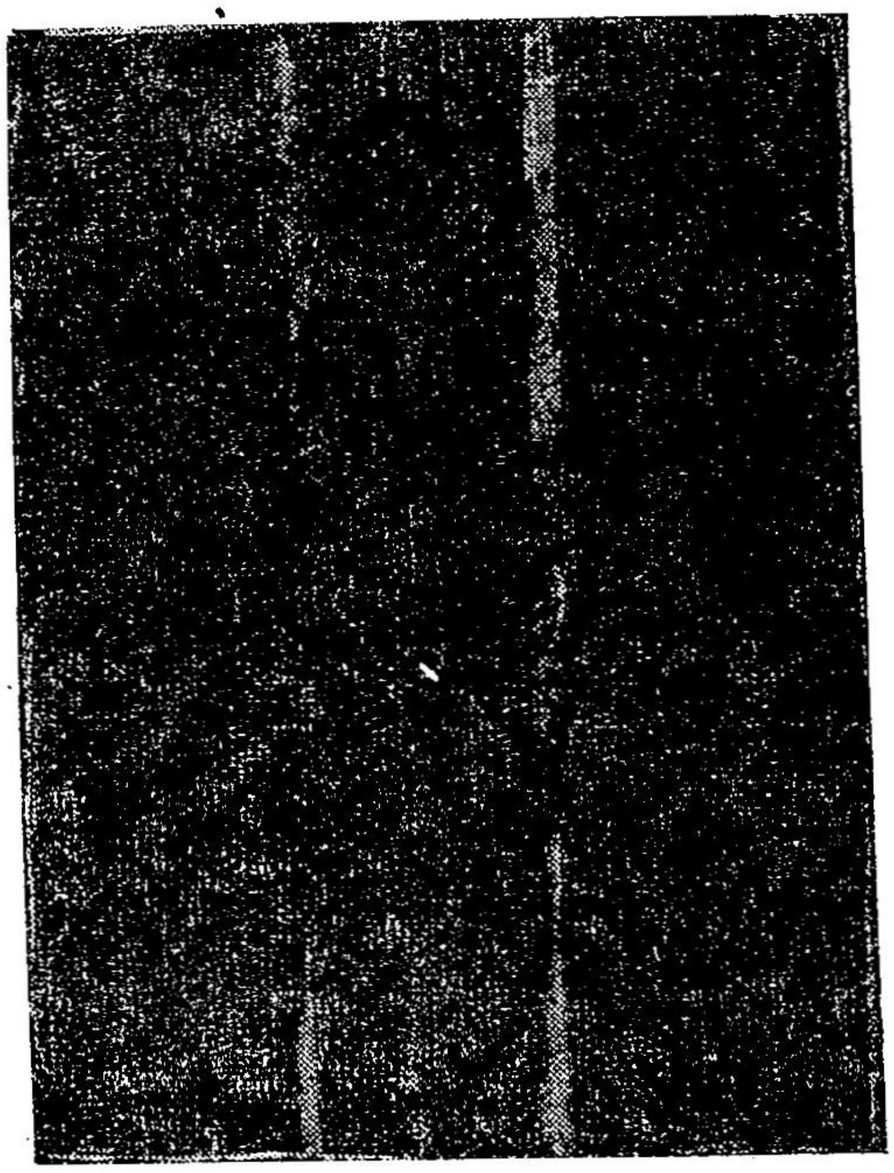
தொட்டி T-யினுள் மீயொலி அலைகள் குவார்ட்சால் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. ஒலி அலை முகப்புக்கு இணையாக விளக்கின் மின்னிழை உள்ளது. தொட்டியிலிருந்து தொலைவு *b*-ல் திரை S உள்ளது. தொட்டியினுள் நிலை அலைகள் தோன்ற, திரையில் கருமையும், பொலிவுமான பட்டைகள் தோன்றும்; பொலிவான பட்டைகள் மிகத் தெளிவாகத் தெரியும்.

ஒலியின் அதிர்வெண் உயர்வாகும்பொழுது, தொட்டியிலிருந்து ஒலி வெளியாகும் பொழுதே ஒளிவரிகள் தோன்றுகின்றன. நிழற்படத் தகட்டைப் படம் 52-ல் நிலை S_2-ல் வைக்க, படம் 53-ல் காண்பதுபோல் வடிவம் பெறப்படும். இந்நிலையில் தொட்டி வழியே பாயும் ஒளியானது நிழற்படத் தகட்டை உரசிச் செல்கிறது.



படம் 54. (அ, ஆ, இ, ஈ, உ)
இயங்கும் ஒலி அலை ஊடே ஒளி பாயும் பாதை—குவார்ட்சு தெரியாது இவற்றின் வெவ்வேறு நிலைகளைக் கவனிக்க.

பாயும் முக்கிய ஒளிக்கற்றை அலை முகப்புக்கு இணையாக இருப்பின் (படம் 54அ) அதன் பிம்பமும் இணையாகவே பெறப்படும். குவார்ட்சு Q சிறிது திரும்ப, அலை முகப்பும் சிறிது திரும்பினுல், ஒளிக்கற்றையும் திசை விலகுகிறது (படம் 54ஆ); Qவுக்கு எதிரே ஒரு தெறியாடி (reflector) பொருத்தப்படலாம். படம் 54-இ காட்டுவதுபோல் தெறியாடியானது சாய்வாகப் பொருத்தப்பட்டால், பட்டுத் தெறித்த (reflected) அலை முகப்பு காரணமாகப் பிம்பம் r பெறப்படும்; பிம்பம் r^1 ஆனது குவார்ட்சில் இரண்டாவது முறையாகப் பட்டுத் தெறித்த அலை



படம் 55. இயங்கும் ஒலி அலையின் ஊடே பாய்கின்ற ஒளியின் தோற்றம்

முகப்பு தருவதாகும். தெறியாடியைப் படம் 54 (ஈ)-ல் காண்பது போல் சாய்வாக வைக்க r-ம் r^1-ம் இடம் மாறுகின்றன. Q-ம் R-ம் முற்றிலும் இணையாக இருந்தால், r, r^1-மற்றும் P மூன்றும் ஒன்றிவிடுவதைப் படம் 54 (உ)-ல் காணலாம். ஒலிஅலை தோற்றுவிக்கும் நுண்வரி அமைப்பும் (fine structure) இப்படங்களில் தெரிகின்றன. மேற்கூறிய சோதனைகளை நிலை அலைகளைக் கொண்டுதான் நிகழ்த்த இயலும்; நிலை அலைகளுக்குப்பதிலாக இயங்கு அலைகளைப் (10,000 KH_z) பயன்படுத்தினுல் மையத்தில் ஒரேயொரு ஒளிக்கற்றையும் அதற்கு இடத்திலும் வலத்திலும் மெல்லிய இரு ஒளிக்கற்றைகளும் பெறப்படுகின்றன. இவற்றை

மையக்கற்றையின் பிம்பத்திலிருந்து கருமையான இடைவெளி பிரிக்கும் (படம் 55). அதனுடன் பிம்பமும் தெளிவின்றி இருக்கும்.

இந்த நிகழ்வுகளுக்கு விளக்கத்தைப் பின்வருமாறு கூறலாம். படங்கள் 54 (அ) முதல் (உ) வரையில் அலைமுகப்புக்கு இணையான திசையில் பாயும் ஒளிக்கற்றையின் செறிவு அலை முகப்புக்குச் சாய்வான திசையில் பாயும் ஒளிக்கற்றையின் செறிவை விட அதிகமாக இருப்பது தெரிகிறது. மேலும், தொட்டியில் மீயொலி அலைகள் உள்ளபொழுது பாயும் தனியொரு ஒளிக்கற்றையின் செறிவு மீயொலி அலைகள் இல்லாத பொழுதுள்ள அதன் செறிவைவிட அதிகமாகும். எனவே, தனக்கு இருமருங்கிலும் உள்ள பகுதிகளிலிருந்து ஒளி விலகலாலோ விளிம்பு விளைவினாலோ மையக்கற்றையானது ஒளியைப் பெறவேண்டும். படம் 51-ல் காண்பதுபோல் ஒலி அலையின் கணுவில் (இறுக்கம்), ஒளி அலையானது நேர்குத்தாகப் பாய்ந்தால்; ஒளிவிலகல் அல்லது விளிம்பு விளைவு நிகழலாம். அதனுடன் மையக்கற்றையின் இரண்டு பக்கங்களும் கருமையாக இருப்பதால் ஒளி நிச்சயமாகப் பாதை விலகிச் சென்றிருக்க வேண்டும். இந்த நிகழ்வானது நிலை அலைகள், இயங்கு அலைகள் இரண்டையும் கொண்டு பெறப்படுவதால், விரியும் ஒளிக்கற்றையானது (அதன் திசை மீயொலி அலைமுகப்புக்கு இணையாக இருக்கும் பொழுது) இருமருங்கிலுமிருந்து, சமச்சீராக இறுக்கப்பட்டு ஒருதனிக்கற்றையாக்கப்படுகிறது என்று ஊகிக்கிறோம். ஆகையால்தான் கணுக்கள் வழியே பாயும் ஒளி அதிகச் செறிவுடனும் மற்றப் பகுதிகள் வழியே பாயும் ஒளி (சாய்வான திசையாலும், ஒலி அலை முகப்பின் இயக்கத்தாலும்) தெளிவின்றிச் சிறிது மங்கலாகவும் பெறப்படுகின்றன.

5–6. திண்மங்களில் விளிம்பு விளைவு (Light diffraction in solids)

உருகிப் பதனமாகிய (fused) குவார்ட்சு போன்ற திண்மங்களை ஆராய ஒளிவிளிம்பு விளைவு முறையைப் பயன்படுத்தலாம். மீயொலி பாய்வதால் இக் குவார்ட்சில் தகைவு (stress) தோன்றும். எனவே, அதனில் இரட்டை ஒளிவிலக்கம் (fire fringence) தோன்றும்; இதனால் விளிம்பு விளைவு ஏற்படுகிறது. ஒளி மீட்சியியல் (photo elasticity) உடைய பொருளின் பரிமாணங்களை ஒத்ததிர்வு தோன்றுமாறு தேர்ந்தெடுக்கலாம். ஜெலாடின் (gelatin) போன்ற உயர் மட்ட பாலிமர்கள் (polymers) மிகுதியான அளவில் ஒளிமீட்சியியல் பண்பு காட்டுகின்

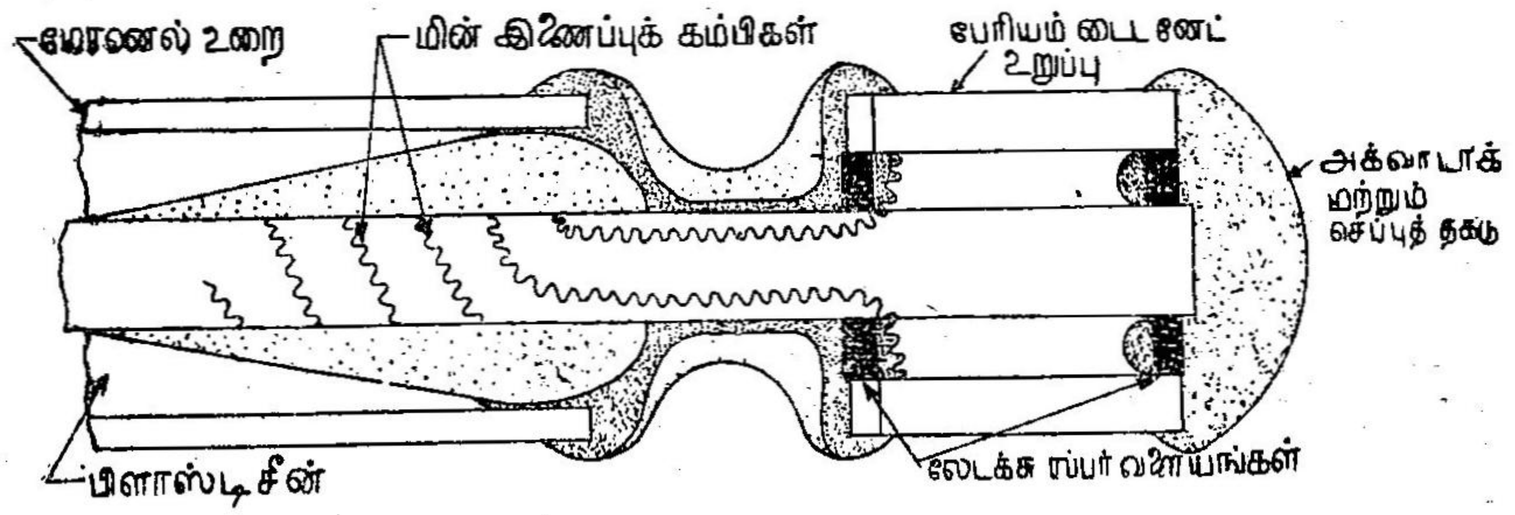
றன. இப் பொருள்கள் திண்ம, நீர்மநிலைகள் இரண்டிலுமே அப் பண்பு உடையன. கேடலின் (catalin), மற்றும் ஆமணக் கெண்ணெய் போன்றவற்றையும் பயன்படுத்தலாம்,

5–7. மைக்ரபோன்கள் (microphones)

மைக்ரபோன்கள் ஒலிப் புலங்களை ஆராய மிகுதியாகப் பயன்படும் கருவியாகும். மைக்ரபோன், ஆற்றல் மாற்றி (transducer)என்ற பெயர்கள்ஒரே பொருளுடையன. இவற்றில் இயற்கை மற்றும் செயற்கையான படிகங்கள், காந்தப் பரி மாண மாற்றவியல் பொருள்கள், மின் தேக்கிகள் பயன்படு கின்றன; அவற்றைச் சார்ந்து இக் கருவிகளை வகைப்படுத்த லாம். மீயொலியால் தோன்றும் மாறுதிசை அழுத்தத்தை மின்னியல் மைக்ரபோன்களால் அளக்கலாம். மீயொலி அதிர் வெண்களில் இவைகளுக்குச் சிறுமமான நிறையும்,பெருமமான விறைப்பும் (stiffness) உண்டு. மின் தேக்கி மைக்ரபோன்கள் (condenser microphones) 80 $K H_z$ வரையிலும், குவார்ட்சு படி கங்கள் $1 MH_z$. வரையிலும் பேரியம் டைடனேட் 0·5 $M H_z$ வரையிலும் பயன்படுகின்றன.

பேரியம் டைடனேட் மைக்ரபோன் உறுப்புகள்

செயற்கைப் படிகமான டைடனேட்டை முக்கிய உறுப் பாகக் கொண்டு சோதனைத் துளவி (probe)-ல் அமைக்கப் பட்டுள்ளன. படம் 56-ல் அத்தகைய துளவியொன்று காணப் படுகிறது. இதனில் நீளம் $\frac{1}{16}$ அங்குலம், $\frac{1}{16}$ அங். புறவிட்டம், மற்றும் சுவர்த் தடிப்பு 0·012 அங்குலம் உடைய

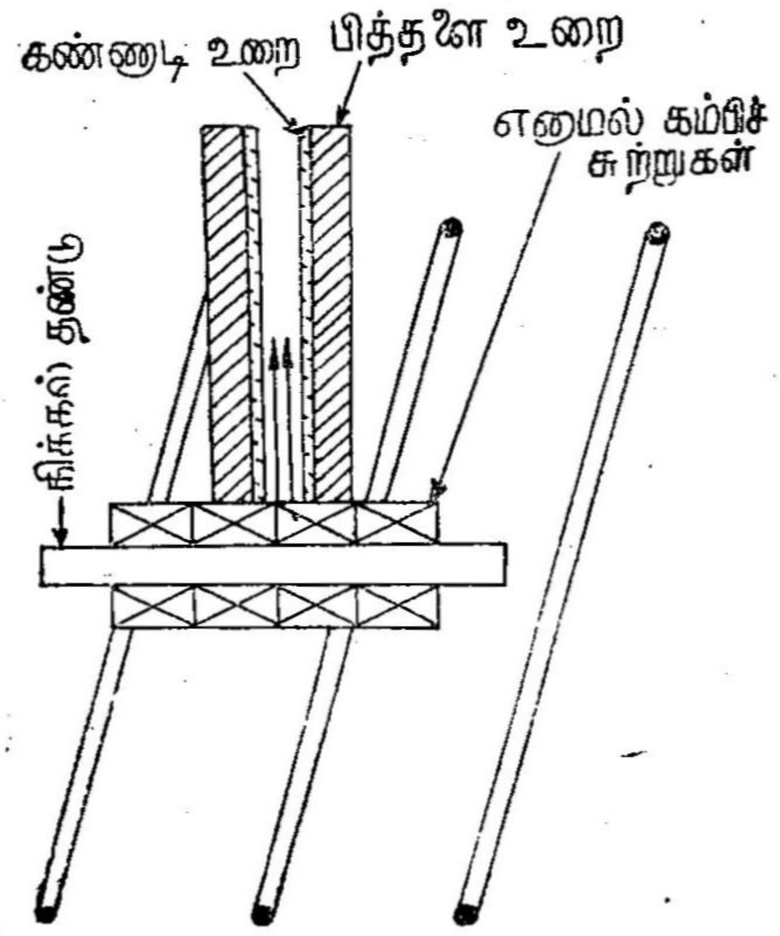


படம் 56. பேரியம் டைடனேட் துளவி

குழாய் பயன்படுகிறது. குழாயை இரப்பர் வளையங்கள் (rubber-washers) தாங்குகின்றன. இதனில் வெள்ளி மின்வாய்கள் இணைந்துள்ளன. வெள்ளியின்மீது மின்கம்பிகள் பொருத் தப்படும். பொதுவாக, தேவையற்ற ஒலியியல் பிணைப்பைத்

தவிர்க்கும் வகையில் அமைப்பு உள்ளது. இது ஆரவியல் புலங்களையும் (radial fields) ஆராய வல்லது.

காந்தப் பரிமான மாற்றவியல் மைக்ரபோன் (magnetostriction microphone): இதன் அமைப்பு படம் 57-ல் காண்கிறது: 5 மி.மீ. 4 மி.மீ: புறவிட்டம் உடைய நீக்கல் தண்டு இக் கருவியின் முக்கிய உறுப்பு ஆகும். செப்புக் கம்பி முடிவிலாச் சுருளாகச் (toroid) சுற்றப்பட்டுள்ளது.

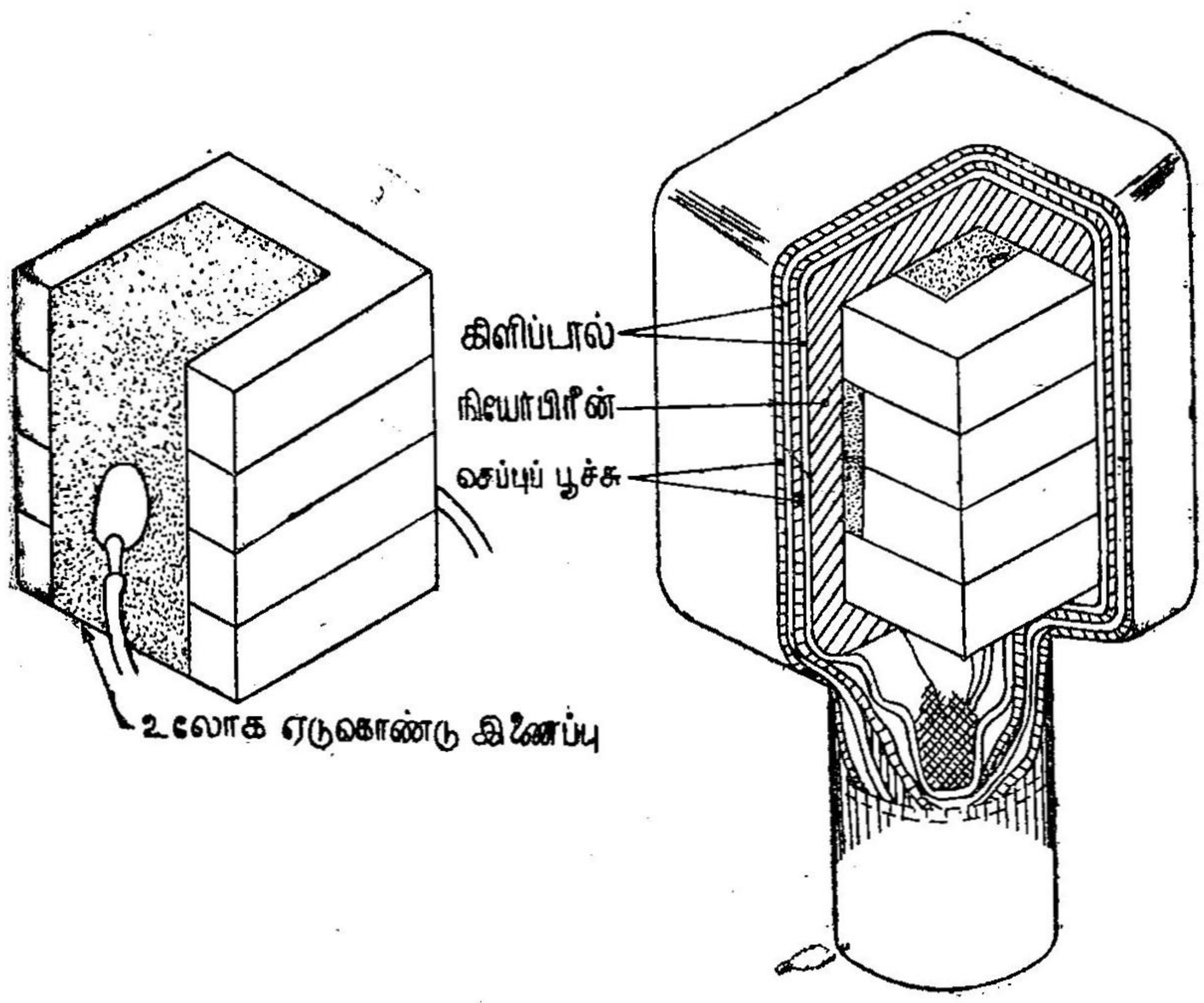


படம் 57. காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் மைக்ரபோன்

இதனை 570 KH_z வரையில் பயன்படுத்தலாம். இவ்வகைச் சோதனைத் துளைவிகளில் மீயொலிப் புலங்களில் தோன்றும் அழுத்தமாற்ற விகிதத்திற்கு (rate of change of pressure) நேர் விகிதத்தில் மின்னழுத்தம் தோன்றும். இவ்வகைக் கருவிகள் சிறிய பருமனுடையன என்பதும், அதனல் ஆராயப்படும் புலங்களில் தோன்றும் குலைவுகள் குறைவு என்பதும் இக் கருவிகளின் சிறப்பாகும்.

X-வெட்டு ரோஷெல் படிக மைக்ரபோன் (X-Cut Rochelle salt): மிகுந்த செறிவுடன் காற்றில் பாய்ந்து வரும் மீயொலி-அலைகளை ஆராய இவ்வகை மைக்ரபோன் பயன்படும்; 15 KH_z வரிசையிலான அதிர் வெண்களில் பயன் மிக்கன. நீர், மற்றும் நீர்–திண்மக் கலவைகளில் (water-solid mixtures) பயன்படுத்தலாம். படம் 58-ல் ரோஷெல் உப்புப் படிகங்கள் நான்கினை அடுக்கி அமைத்த மைக்ரபோனின் அமைப்புக்காணப்படுகிறது. வேறு அமைப்புகளுடன் ஒப்பிட இவை மிகுதியான வெளியீடு

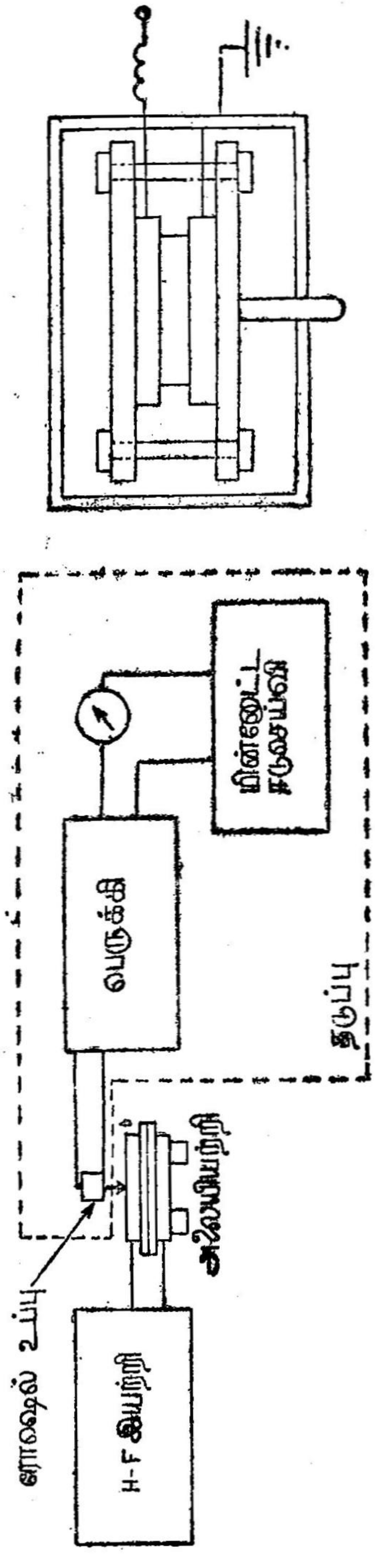
தருவன; ஆனல், மற்றப் பொருள்களைவிட ரோஷெல் உப்புக்கு உறுதி குறைவாகும், மீயொலிப் புலத்தையும், படிகத்தளங்கள்



படம் 58. ரோஷெல் உப்பு ஆற்றல் மாற்றி

மீது திரிபுகள் விவரணத்தையும் (distribution) மற்றும் அதிர் வெண் சார்ந்த பண்புகளையும் ஆராய ரோஷெல் உப்பு மைக்ர போனைப் பயன்படுத்தலாம். இதற்கேற்ற அமைப்பு படம் 58-ல் காணப்படுகிறது. ஆராயும் படிகத்தளத்தின் பரப்பு அதிக மாதலால் அது மீயொலிப் புலத்தில் வெவ்வேறு புள்ளிகளில் வலிமையையும் தொகுத்துத் தரும். இதனைத் தவிர்க்கப் பின் கண்டவாறு அமைப்பு உள்ளது.

ரோஷெல் உப்புப் படிகம் பளப்பளப்பாக்கப்பட்டு இரண்டு பித்தளை மின்வாய்களிடைப் பொருத்தப்படுகிறது. மின்வாய்களும் ஒளியியலுக் கேற்பப் பளபளப் பானவை. ஒரு பித்தளை மின்வாயுடன் கண்ணுடித் தண்டொன்று ஷெல் லாக் (shellac) கொண்டு ஒட்டப்படும். ரோஷெல் உப்பும், மின் வாய்களும் மின்மாற்றி எண்ணெயில் (transformer oil) நனைக் கப்பட்டவை. எனவே, மியொளி ஆற்றல் அவை வழியே எளி தில் பாயும் ஒரு மின் வாய்ப் புவியுடன் இணைக்கப்பட்டு, கண் ணுடித் தண்டின் கூர்முனை செங்குத்தாக மீயொலிப் புலத்தின் மீது அல்லது அதிரும் படிகத்தின்மீது வைக்கப்படும். கூர்



படம் 59. ஆற்றல் மாற்றியின் படிமுகத்திலிருந்து வெளிவரும் அலைக்கற்றைகளின் விவரணத்தைக் சோதிக்கும் அமைப்பு.

முனையானது மிகச் சிறிய பரப்புடையதாதலால் விவரமான அளவீடுகள் எடுக்கச் சாத்தியமாகும். கண்ணுடித் தண்டின் இயக்கம் ரோஷெல் படிகத்துடன் பிணைகிறது. ரோஷெல் உப்பானது ஒரு பெருக்கிக்கு உள்ளீடு தரும். இக் கருவியில் ரோஷெல் உப்பின் தளப் பரப்புச் சாத்தியமான வரை அதிகமாக இருக்க வேண்டும்; தளமும் பளபளப்பாயிருக்க வேண்டும். இந்த அமைப்பு ஓர் உலோகப் பெட்டியினுள் வைக்கப் பட்டு அதனின்றும் கண்ணுடித் தண்டின் முனை மட்டுமே வெளியே நீட்டியிருக்கும். கண்ணுடித்தண்டு மின்கடத்தி அல்லவாதலால் அது பயன்படுத்தப்படுகிறது.

5–8. மின்தேக்கி சோதனைத் துளவி (Capacitive probe)

மின்வாய் ஒன்றிற்கு மிக அருகிற் பொருந்திய இயங்கு சவ்வு (diaphragm) இக் கருவியின் முக்கிய உறுப்பு ஆகும். சவ்வினுடைய இயக்கத்தால் மின்தேக்கு திறன் மாறுபடுகிறது; இந்த மின்தேக்க மாற்றம் ஊடகத்தில் தோன்றும் சராசரி இடப்பெயர்ச்சிக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது. மீயொலிப் புலத்தில் இடப் பெயர்ச்சியானது நேர்திசை அழுத்தத்தால் தோன்றுவதாகும். இந்த மைக்ரபோனின் வெளியீடு ஓர் எலக்ட்ரானியல் பெருக்கியால் பெருக்கப்படும். சவ்வினுடைய வலிமையைப் பொறுத்து ஒத்ததிரும் அதிர்வெண்ணின் மதிப்புக்கு எல்லையுண்டு. ஆயிரத்தில் ஒரு சில கூறு அங்குலம் கனமுடைய மெல்லிய சவ்வுகள் பயன்தரப்போதும்.

மேற்சொன்ன மைக்ரபோன்கள் மீயொலிப் புலத்தில் தோன்றும் மாறுதிசை அழுத்தத்தை மின்னியல் அலைவுகளாக மாற்றுகின்றன. இந்த மின்னியல் அலைவுகள் எலக்டரானியல் பெருக்கிகளால் (electronic amplifier) பெருக்கப்பட்டு அளக்கப்படும். இந்த அளவீடுகள் மீயொலிப் புல அழுத்தத்தைக் காட்டும்.

5–9. சுடுகம்பிக் கருவிகள் (Hot-wire instruments)

மின்சாரத்தால் சூடேறும் மெல்லிய கம்பியின் மின்தடையானது அக் கம்பியைக் கடந்து செல்லும் காற்றின் திசைவேகத்திற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது எனக் கண்டுள்ளனர். காற்று நிதானமாக ஒரே திசையிலோ மாறுதிசையிலோ வீசலாம். உயர் அதிர்வெண்களில் மாறுதிசைப் பண்பு இராது. எனவே, காற்றில் அலை பரவும்பொழுது உள்ள கணுக்களில் சிறும மின்தடையும் எதிர்க் கணுக்களில் பெரும மின்தடையும் காட்டும்

வகையில் சுடுகம்பியைப் பயன்படுத்தலாம். மீயொலி அலை பரவும்பொழுது காற்றுத் துகள்கள் இயங்குகின்றன. இந்த இயக்கம் கம்பியைக் குளிர்விக்கும். எனவே, கம்பியில் மின் தடை மாற்றம் தோன்றுகிறது. இக் கம்பிகள் காற்றில் அல்லது வேறு ஆவிகளில் பயன்படலாம். நிலைத் தடக் குறுக்கீட்டு வினைவு மானியிலும் (fixed path interferometer) இக் கம்பியைப் பயன்படுத்தலாம்.

வீட்ஸ்டோன் (Wheatstone) சமனச் சுற்றில் ஒரு புயமாகப் பிளாட்டினம் கம்பிகளைப் பயன்படுத்தலாம்; மீயொலி அலைகளின் வீச்சிற்கு நேர்விகிதத்தில் கம்பியின் மின்தடை மாறும்; இந்த மாற்றம் சாதாரணமாக மின்தடை வீழ்ச்சியாகும். மின் தடை வீழ்ச்சியானது தேவையான அளவிற்கு நேர்போக் குடையது; எனவே, மீயொலி அலை வீச்சினை நேரிடையாகக் காட்டும் வகையில் கம்பியின் மின்தடையை அளவீடு (calibration) செய்யலாம். இவ்வகைக் கருவி 200 *KHz* வரையில் பயன்படும்.

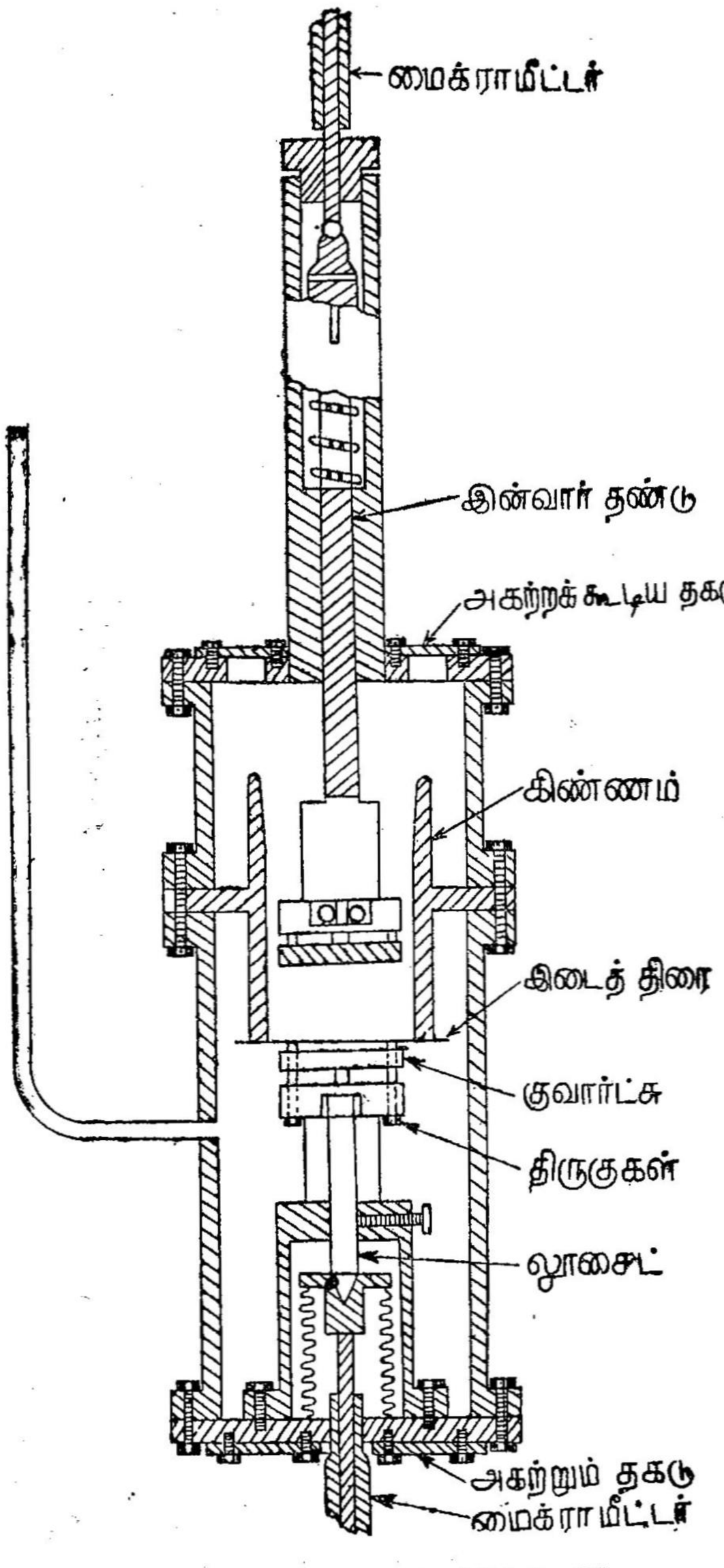
5–10. குறுக்கீட்டு வினைவுமானிகள் (Interferometers)

நீர்மங்களில் அல்லது வாயுக்களில் மீயொலி நிலை அலைகளைத் தோற்றுவித்து அதன் இயைவுகளைக் கொண்டு மீயொலி அளவீடுகள் செய்யலாம். இதற்கான குறுக்கீட்டு வினைவுமானிகள் இருவகையின: (அ) மாறுப் பாதையுடையன (fixed path), (ஆ) மாறும் பாதையுடையன (variable path). நிலை அலைகள் தரும் இயைவின் பொழுது ஒலி எதிர்ப்பு (acoustic impedance) மாறி அதன் காரணமாக ஆற்றல் மூலத்திலிருந்து பெறப்படும் மின்னோட்டத்தில் மாற்றம் தோன்றும்.

குறுக்கீட்டு வினைவுமானியில் சாதாரணமாக ஒரு மீயொலி மூலமும் தெறியாடியும் (reflector) உண்டு. நீளமான தம்பத்தின் எதிரெதிர் முனைகளில் இவை பொருத்தப்படும். நிலை அலைப் பாங்கத்தைச் சோதனைத் துளையால் சோதிக்கலாம்; வாயுக்களில் சாதாரணமாகச் சூடான கம்பி (hot wire) பயன்படும். இயைவு (resonance) நிகழுமாறு மீயொலியின் அதிர்வெண் சீரமைக்கப்படுகிறது; இதுவே மாறுப் பாதைக் குறுக்கீட்டு வினைவுமானியாம்.

மீயொலி மூலம் (ultrasonic source) தெறியாடி இவற்றில் ஒன்றை நிலையாக்கி, மற்றதை நகர்த்தி (சாதாரணமாகத் தெறியாடிதான் நகர்த்தப்படும்) ஆராயும் கருவி மாறும் பாதைக் குறுக்கீட்டு வினைவுமானியாகும். இதனால் மீயொலி

மூலத்தை இயக்கும் அலையியற்றியில் பாயும் மின்னோட்டம் மாறுவது அளக்கப்படும். இக் கருவியில் அதிர்வெண்



படம் 60. மாறும் பாதை குறுக்கீட்டு வினாவுமானி

நிலையானது (படம் 60). ஊடகத்தினுள் மீயொலி

அலைகளை ஒரு படிகம் செலுத்துகிறது. இவ்வலைகள் ஒரு இணையான தெரியாடியில் (reflector) பட்டுத் தெறித்து, மீண்டும் ஒலி மூலத்தைநோக்கி வரும். இந்தத் தெறியாடியானது ஒரு நகரும் திருகுமீது பொருத்தப்பட்டுள்ளது. திருகு கொண்டு, தெறியாடியைத் துல்லியமாக அளக்கப்படும் தொலைவுகளுக்கு நகர்த்தலாம். தெறியாடி நகரும் பொழுது, ஒலி மூலத்தை இயக்கும் அலையியற்றியில் பாயும் மின்னோட்டம் கவனிக்கப்படுகிறது. சிறும மின்னோட்டம் நிகழும்போதெல்லாம் தெறியாடியின் நிலை குறிக்கப்படும்.

அலை நீளங்களை $\frac{1}{2500}$ பங்கு திருத்தமாக அளக்கக் குறுக்கீட்டு விளைவுமானி பயன்படும். இதனைக் கொண்டே நீர்மங்களிலும், வாயுக்களிலும் ஒலி வேகத்தை அளக்கலாம்; ஏனெனில் திசை வேகம் = அதிர்வெண் × அலைநீளம் ஆகும்.

5–11. வெப்ப மின் இரட்டை சோதனைத் துளாவி (Thermocouple probe)

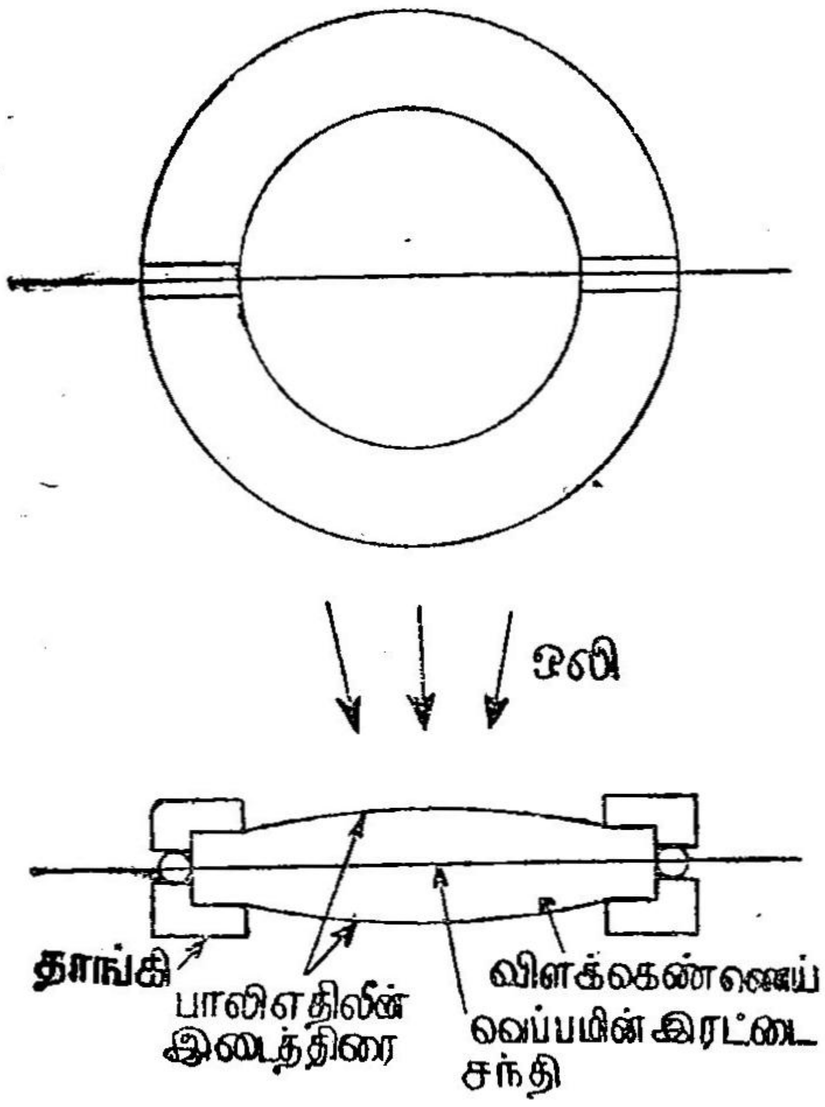
உட்கவரப்படும் மீயொலி அலைகள் வெப்பத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றன. அவ் வலைகளின் ஆற்றலை அளக்க இந்த வெப்பத்தைப் பயன்படுத்தலாம்.

ஒலி அலைகளை உட்கவரும் பருப்பொருளில் வெப்ப மின் இரட்டைச் சந்தி பொதிந்துள்ளது. இப் பருப்பொருளின் அடர்த்தியும், அதனில் ஒலியின் வேகமும் சோதனைக்குட்படும் நீர்மத்தினதைப் போன்றே உள்ளன. தொடக்கத்தில் வெப்ப நிலை உயர்வதைக் கருவி காட்டும்; இந்த வெப்ப நிலை உயர்வு ஆற்றல் அளவைக் குறிக்கும். வலிமை தெரிந்த ஒலிப் புலத்தில் முதலில் பயன்படுத்திக் கருவியை அளவீடு செய்யவேண்டும்; பின்னர் வேறு புலங்களில் அதனைப் பயன்படுத்தலாம்.

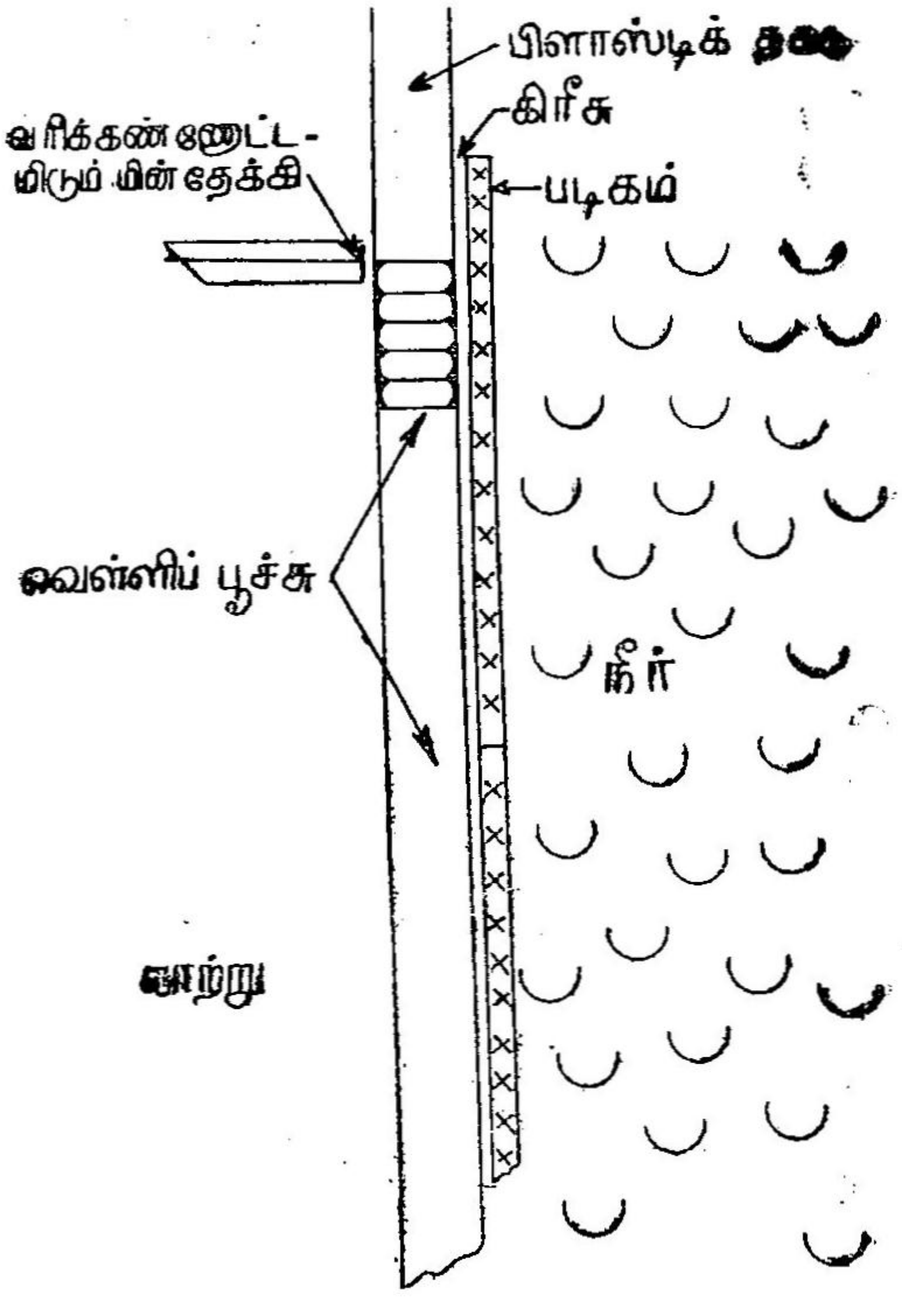
மற்றொரு செய்முறையில் ஒலி புலத்தில் கருவி வைக்கப்படத் தொடக்கத்தில் வெப்பநிலை மாறும் விகிதம் (rate of change of temperature) அளக்கப்படுகிறது. அதனுடன் பருப்பொருளின் ஒலி உட்கவர் திறனும் (acoustic absorption), அதனுடைய வெப்ப ஏற்புத்திறனும் (thermal capacity) தெரிந்திருந்தால் ஒலியின் செறிவைக் கணக்கிடலாம். இக் கருவியின் அமைப்பு படம் 61-ல் காணப்படுகிறது. இதனில் ஒலிப்பண்புடைய பருப்பொருள் (acoustic material) ஆமணக்கெண்ணெய் (eastor - oil) ஆகும்.

5–12. நிழல் வரைவிகள் (Shadow graphs)

எக்ஸ் கதிர்கள் தோற்றுவிக்கும் ரேடியோ கிராஃப் போன்ற நிழற்படங்களை மீயொலி அலைகளைக் கொண்டு



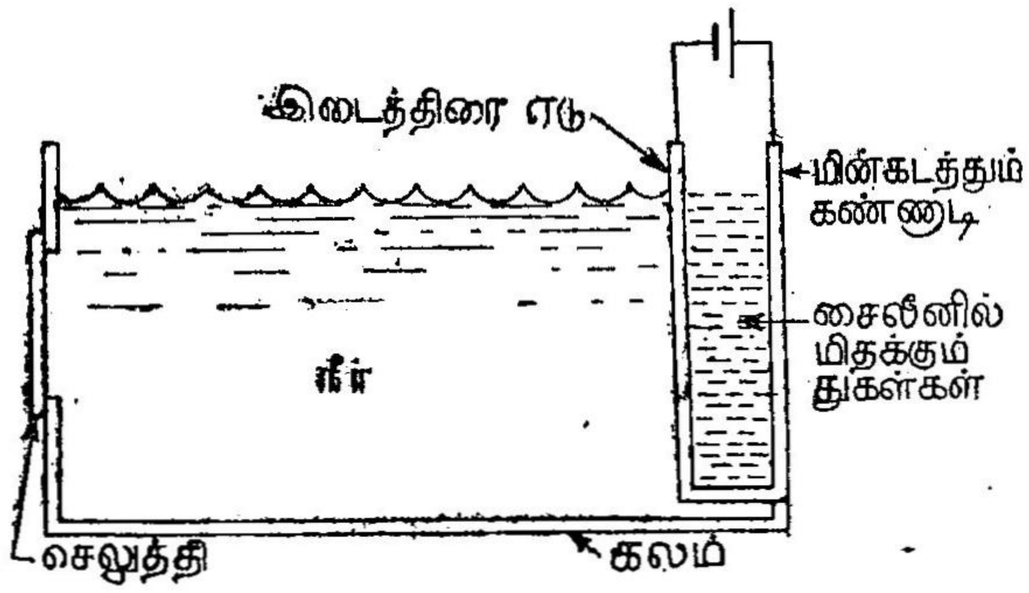
படம் 61.
வெப்ப மின் இரட்டைத் துலாவி



படம் 62.
படிக மொசைக் நிழல் வரைவி

தோற்றுவிக்கும் கருவி நிழல் வரைவியாகும் (படம் 62). ஒரு பெரிய படிகத்தின் முகத்தளத்தில் மின்கடத்தும் பல சிறிய பரப்புகள் உள்ளன. இச் சிறு பரப்புகள் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்பற்றவை. எனவே, பல சிறிய படிகங்கள் சேர்ந்து அமைந்த மொசைக் (mosaic) கிடைக்கிறது. இந்த மொசைக்கின் மீது வரிக் கண்ணோட்டமிட (scanning) நிழற்படம் கிடைக்கும். சிறிய படிகத்தின் பரப்பைப் பொறுத்துப் பகுதிறன் (resolving power) அமையும். மற்றொரு நிழல் வரைவியின் படம் 63 ஆகும். பல சிறிய அலுமினியத் துகள்கள் ஒரு நீர்மத்தில் (சைலீன்–xylene). இரண்டு தகடுகளுக்கிடையே அமிழ்ந்து தொடக்கத்தில் மிதக்கின்றன. மின்னழுத்தம் கொண்டு இத் துகள்கள் குறிப்பிட்ட முகப்பு–நிலையில் (orientation) வைக்கப்

படுகின்றன. நீர்மத்தினூடே மீயொலி அலைகள் பாய்ந்து, அலுமினியத் துகள்களைத் திசை திருப்புகின்றன. கிளர்ச்சியுற்ற (agitated) பரப்புகள்–கருமையான பின்னணியில் பிரகாசமாகத் தெரிவதால், நிழற்படம் கிடைக்கிறது. அலுமினியத் துகள்கள் 5 முதல் 25 மைக்ரான் வரை விட்டமுடையனவாக வேண்டும்; அடிக்கடி சிறிது காற்று ஊதப்பட்டால், இவை மூழ்கிவிடாமல் அமிழ்ந்து மிதக்கும். அலுமினிய மென்தகடு (aluminium foil) அல்லது கிராஃபைட் பூசிய பிளாஸ்டிக் தகடு சவ்வாகப் பயன்படுகிறது. மின் கடத்தும் கண்ணாடி (conducting glass) பலகணியாகும். செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தம் துகள்களின் தளத்தைக் கிடக்கையாக்கும். மீயொலிப் புலம் செலுத்தப்பட, துகள்கள் 90 பாகை (degree) திரும்ப வாய்ப்புண்டு. சிறிய துகள்கள் எதிர்மின் வாயை—சாதாரணமாகச் சவ்வுதான்—நோக்கி இடம் பெயர்கின்றன.



படம் 63. அலுமினியத் துகள் நிழல் வரைவி

5–13. எலக்ட்ரோ கினெடிக் விளைவு (Electro Kinetic effect)

மின் கம்பிமீது நுண்துளைப் பூச்சு (porous coating) தரப்படுகிறது. இக் கம்பியானது மின் முறிபொருளில் (electrolyte) பாயும் மீயொலிப் புலத்திற்குட்பட, அதனில் மின்னழுத்தம் தோன்றுகிறது. இவ் விளைவைக் கொண்டும் ஆற்றல் மாற்றிகள் (transducer) அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

5–14. மீயொலிச் சலவை (Ultrasonic bleach-out)

மீயொலி அலைகளை நேர்முகமாகக் கண்டுணரும் நிழற்படத் தகடுகளைக் கொண்டு படங்கள் பெறப்பட்டுள்ளன. ஒரு செய்முறை சலவை (bleach-out) செய்தலாகும். ஒளி நிற மாலையின் படத்தினைப் பெற உதவும் நிழற்படத் தகட்டுக்குச் சாயம் (dye) பூசப்படும்: இதனுடன் சலவைப் பொருள் (bleaching agent)

சேர்க்கப்பட்டுத் தகடுமீது மீயொலி அலைகள் வீழ்த்தப்படுகின்றன. ஒலி அலைகள் வலிமை மிகுந்திருக்கும் புள்ளிகளில் சாயமும் சலவை பொருளும் கலந்து சாயம் நீக்கப்பட்டு விடுகிறது. இதனல் ஒரு படம் கிடைக்கிறது.

5–15. ஸ்டார்ச்சு தகடு (Starch plate)

கண்ணுடிப் பலகைமீது ஸ்டார்ச் பூசப்படும். ஆல்கஹாலிலும், நீரிலும் அயோடின் கரைக்கப்பட்டு, நீர்த் தொட்டியில் ஊற்றப்படும். ஸ்டார்ச், அயோடின் இரண்டும் சேர ஸ்டார்ச் கருக்கும். மீயொலி அலைகள் நீர்த் தொட்டியினுள் பாய, கண்ணுடிப் பலகையின் சில பகுதிகள் மற்றப் பகுதிகளை விட மெதுவாகக் கருமையடைவது தெரியும். முடிவில் கண்ணுடிப் பலகை கழுவப்பட்டால், நிழற்படம் கிடைக்கும். இப் படம் கொண்டு மீயொலி அலைகள் நீர்த்தொட்டியில் பாய்ந்த வகையை அறியலாம்.

5–16. மீயொலி அலைகள் எழுப்பும் பல நிகழ்வுகள் ஆராயப்பட்டுள்ளன

இவை பல கருவிகளில் பயன்படலாம். இவற்றைச் (1) சூடிலா ஒளி உமிழ்வு (luminescence), (2) வண்ணமாற்றம் (chromotropism), (3) நிலைப்பாடிலாச் சேர்மங்கள் (labile compounds), (4) எதிர்வினை அளவீடுகள் எனப் பிரிக்கப்படலாம்.

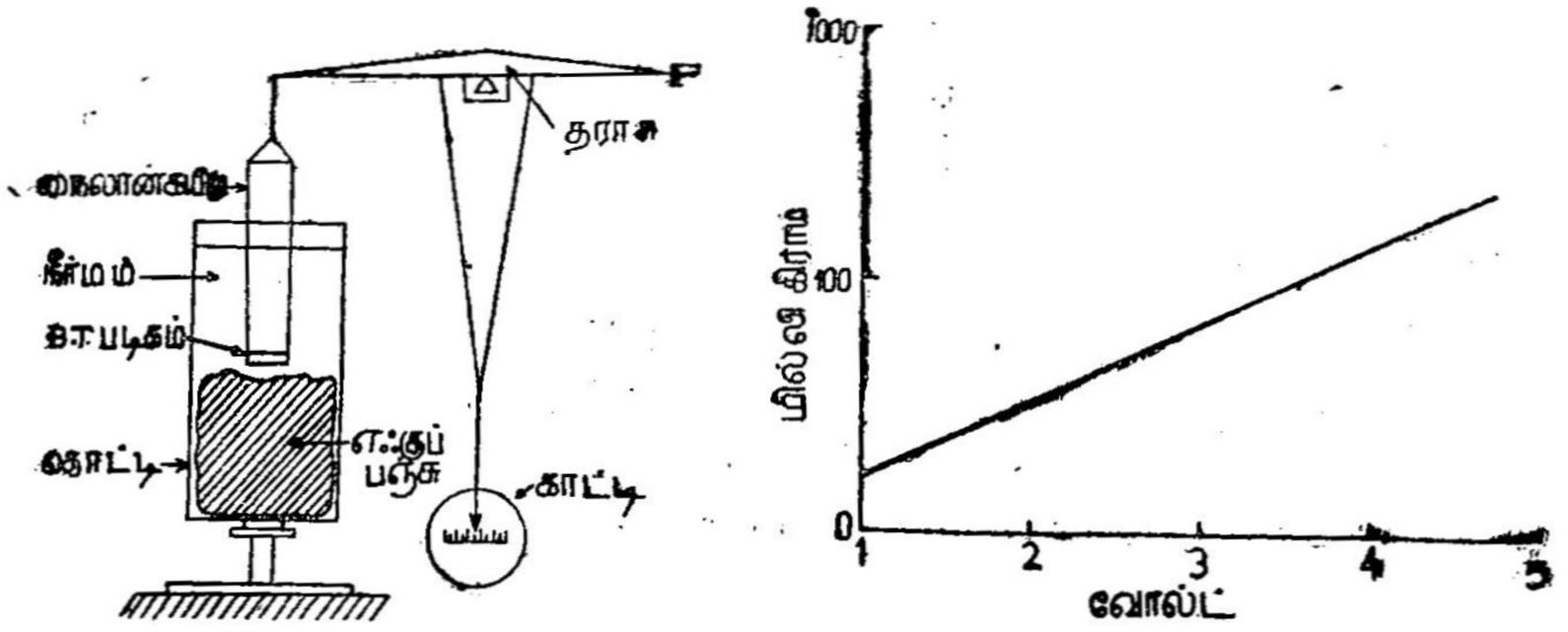
சூடிலா ஒளியுமிழ்வு : செறிவுமிக்க மீயொலி பாயும்பொழுது சில பருப்பொருள்கள் சூடிலா ஒளியுமிழ் காட்டுகின்றன. பொருளில் ஒலிபாய, பொந்துகள் தோன்றுவதுடன் இந் நிகழ்வும் ஒருங்கே தோன்றுகிறது. ஊடகத்தின் உள்ளேயே மீச்சிறு இடைவெளியிலுள்ள படிகத் தளங்களிடையே உயர் மின்னழுத்த வாட்டம் (high voltage gradient) தோன்றுவதால் இந் நிகழ்வு ஏற்படும் எனத் தெரிகிறது. மின்னிறக்கம் (discharge) நிகழ்வதால் சில ஃபாஸ்பார்களில் (phosphors) ஒளியுமிழ்வு ஏற்படும். நீரிலும் இதே விளைவைத் தோற்றுவிக்கலாம்; பொந்துகள் தோன்றுவதால் மின்னூட்டங்கள் தோன்றி வாயுவியலான மின்னிறக்கம் (gaseous discharge) நிகழும் என ஊகிக்கப்படுகிறது. சூடிலா ஒளியுமிழ்வு பல்வேறு சூழ்நிலைகளிலும் நிகழ்வதால், இதற்குப் பலவகைக் காரணங்கள் கூறப்படுகின்றன.

மீயொலி பாய்வதால் சில ஃபாஸ்பார்களில் ஆற்றல் சேமிக்கப்பட்டுப் பின்னர் சூடேறுவதால் ஒளியுமிழப் படலாம். இந்த விளைவு முற்றிலும் ஆராயப்படவில்லை. இயைவு அதிர்

வெண்ணில் (resonance frequency) அதிரும் குவார்ட்சு ஆற்றல் மாற்றியிலும் சூடிலா ஒளியுமிழ்வு நிகழலாம்; இதன் காரணம் படிகத்தின் அருகில் மின்னிறக்கம் நிகழ்வதாயிருக்கலாம்; அல்லது அதிரும் படிகத்தற்கும் அதற்கு மின்னழுத்தம் செலுத்தும் மின்வாய்க்கும் இடையே மின்னிறக்கம் நிகழ்வதாலுமிருக்கலாம். மின்வாயைக் காற்று அல்லது நியான் வாயு சூழ்ப்படி அமைத்தால் அப்பொழுது தோன்றும் ஒளிவீச்சைக் கொண்டு குவார்ட்சு இயைந்து அதிரும் அதிர்வெண்ணில் அழுத்தம் அளக்கப்படலாம்.

வண்ண மாற்றம் (Chromotropism) : சில பொருள்களினூடே மீயொலி பாய்வதால் அவற்றின் நிறம் மாறும். இதற்கு எதிர்ப்பண்பும் உண்டு. சாதாரணமாக நிறமற்ற வெள்ளைச் சேர்மங்கள் (lenco bases) மீயொலி பாய்வதால் நிறம் பெறுகின்றன.

நிலைப்பாடிலாச் சேர்மங்கள் (labile compounds) மீயொலிப் புலம் காரணமாக அதிர்வுடன் வெடிக்கின்றன. எதிர்வினையை அளத்தல் (படம் 64) படிகத்திலிருந்து நீர்மம் வழியே பாயும்



படம் 64. எதிர்வினையை அளத்தல்

மீயொலி ஆற்றல் எஃகு பஞ்சில் (steelwool) சிதறுகிறது. எனவே, நிலை அலைகள் தவிர்க்கப்படுகின்றன. ஆற்றலை வீசும் படிகத்தில் தோன்றிய எதிர்வினை தராசினுல் அளக்கப்படும் வெவ்வேறு உள்ளீடு ஆற்றல் மதிப்புகளுக்கான எதிர்வினை அளக்கப்பட்டுச் சீரையில் (scale) குறிக்கப்படும்; இதற்கான வரைபடத்திலிருந்து உள்ளீடு ஆற்றலுக்கும் எதிர்வினைக்கும் நேர் போக்கு உறவு இருப்பதை அறியலாம்.

6. மீயொலி விளைவுகளும் பயன்களும்

(Effects and uses of ultrasonics)

6–1. இயற்பியல், உயிரியல், வேதியியல்; மருத்துவம், லோக இயல் இன்னபிற துறைகளில் மீயொலி தோற்றுவிக்கும் விளைவுகளும், மீயொலியின் பயன்களும் கவனத்திற் குரியன. இயற்பியல் விளைவுகளில் முக்கியமானவை (1) குழிவாக்கம் (cavitation), (2) அகச் சூடேற்றம் (internal heating), (3) அக அழுத்தம், (4) குவார்ட்சு காற்றுவீச்சு (quartz wind), (5) மூடுபனித்தோற்றம் என்பனவாம்.

குழிவாக்கம் : நீர்மங்களில் குமிழிகள் தோன்றி மறையும் விளைவுக்குப் பொதுவான பெயர் குழிவாக்கம் என்பது. இக் குமிழிகளினுள்ளே வாயுவோ ஆவியோ நிறைந்திருக்கும்; அல்லது வெற்றிட மாயிருக்கும். இக் குமிழிகள் மீயொலி அலைகளால்தாம் தோன்றியன என்றில்லாவிடினும், உயர் செறிவு மீயொலி விளைவுகளோடு உடன்தோன்றலாம். குழிவாக்கத்தின் காரணமாகப் பகட்டான (spectacular) நிகழ்வுகள் தோன்றுகின்றன ; அதனுடன் மீயொலி விளைவுகள் பலவற்றுக்கு அவற்றோடு உடன்தோன்றும் குழிவாக்கம்தான் காரணம் எனலாம். இவ்வகை விளைவுகளில் சில காற்றுடித்தகடுகளில் அரிப்பு (corrosion in propeller blades) உலோக உறுப்புகளின் தூய்மையாக்கம், வேதியியல் விளைவுகள் ஆகும்.

குழிவாக்கம் அடிப்படையாக இருவகைப்படும்; ஒன்று; நீர்மத்தில் இருந்த வாயு குமிழிகளில் நிரைந்திருத்தல், இரண்டாவது குமிழியில் நீர்மத்தின் ஆவி நிறைந் திருத்தல் ஆகும். குறைதிறனுடைய மீயொலிஅலைகள் முதலில் சொன்னவகையைத் தோற்றுவிக்கின்றன; இவை இரண்டாவது வகை

தரும் விளைவுகளைத் தருவதில்லை. இக் குமிழிகளுடன் 'உஸ்' என்ற ஓலியும் தோன்றும்.

குழிவாக்கத்தின் காரணமாகவே தாளுகக் கலக்காத இரு நீர்மங்கள் கலத்தில், பலபடியாக்கத்தை நீக்கல் (depolymerisation) பாக்டீரியாக்களை அழித்தல் இன்னபிறவான விளைவுகள் தோன்றுகின்றன என்பது ஆய்வாளர் கூற்று.

மீயொலி ஆற்றல் உயர்வாயுள்ள புள்ளிகளில் குழிவாக்கம் தோன்றும்; சமதளமுகமுடைய ஆற்றல்மாற்றியில் அதன் முகத்திலும், குவியமாக்கும் ஆற்றல்மாற்றியில் அதன் குவியத்திலும் குழிவாக்கம் தோன்றுகிறது. நிலை அலைகளின் கணுக்களிலும் குழிவாக்கம் உண்டு.

ஏறத்தாழ ஓழுங்கான செய்முறையில் குழிவாக்கம் நிகழ்கிறது. குழிவாக்கம் தோன்றும் வகைமுறையைப் பின்வருமாறு கூறலாம்: (அ) கருக்கள் (nuclei) இருக்க வேண்டும்; (ஆ) குமிழிகள் தோன்றி மெல்ல வளர்கின்றன; (இ) குமிழிகள் இயைவுறுகின்றன; அவை அதிர்ச்சி அலைகளை வீசுவதுடன். நுண் குழிவுகளையும் (microcavities) தோற்றுவிக்கின்றன; (ஈ) வாயுநிறைந்த, அழிவுருத குமிழிகள் உண்டாகின்றன.

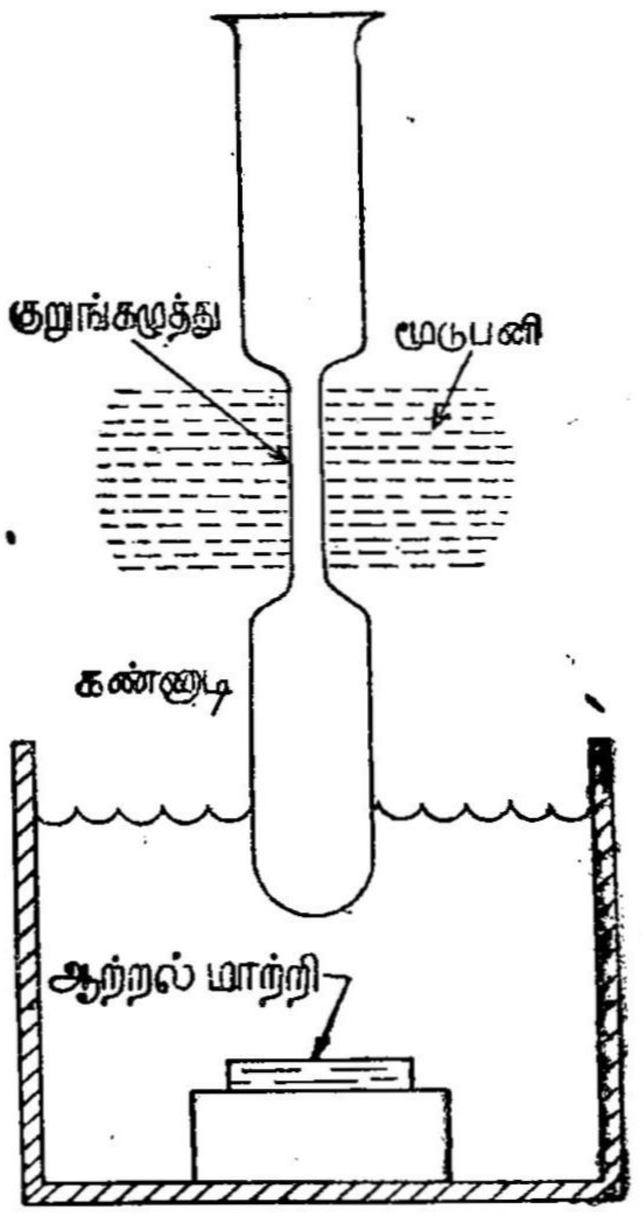
வெப்பவியலான விளைவுகள்: பலவேறு பருப்பொருள்களில் 4 *MHz*-ல் செய்யப்பட்ட சோதனைகளிலிருந்து ஒலியாற்றலானது வெப்ப-எந்திரவியல் இணைமாற்று (mechanical equivalent of heat) விகிதத்தில் வெப்பமாக மாறும் எனத் தெரியவருகிறது,

சோதனைக் குழாய்களில் நிறைந்த நீரிலும், மீயொலிப் புலத்தில் வைக்கப்பட்ட உலோகக் குச்சிகளிலும் வெப்பவியல் விளைவுகள் காணப்பட்டுள்ளன. அதிர்வெண் உயர்ந்தால் அதிகமாகச் சூடேறுகிறது; ஏனெனில் உட்கவரப்படும். ஆற்றல் அதிகரிக்கிறது. மருத்துவ, வேதியியல் விளைவுகளுக்கு வெப்பவியல் விளைவுகள் காரணமாயிருக்கலாம்.

மூடுபனித்தோற்றம்: நீர்மத்துக்கும், காற்றுக்கும் பொதுவான இடைப்பரப்பின்மீது செறிவு மிகுந்த மீயொலி அலைகள் மோத நீர்மப் பீச்சுத் (jet) தோன்றுகிறது; மூடுபனியும் தோன்றுகிறது. பரப்பு இழுவிசையையும், திறனையும் பொறுத்து மூடுபனியின் செறிவும் உள்ளது. நீர்மட்டு மன்றி. உருகிய உலோகங்களிலும் வேறுபல நீர்மங்களிலும் கூட மூடு பனித்தோற்றம் நிகழ்கிறது. மூடு பனியில் துகளின்

பருமன் மீயொலியின் அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்துள்ளதெனத் தெரிகிறது. மூடுபனித் தோற்றத்திற்கும் வெப்பவியலான விளைவுகளுக்கும் தொடர்பில்லை என நிறுவப்பட்டுள்ளது. ஆனால், மூடுபனிக்குக் குழிவாக்கம் காரணமாகலாம் எனத் தெரிகிறது: நீர்மம் ஒன்றில் மறைந்துள்ள வாயு நீக்கப்பட்டு விட்டால், அந்த நீர்மத்தில் மூடுபனி தோன்றுவதில்லை. மூடுபனிக்கு நிலைப்பாடு குறைவு.

எளிதில் ஆவியாகும் நீர்மங்களில் மூடுபனி எளிதில் தோன்றுகிறது; மையத்தில் குறுகலாகவும்; முனைகளில் அகன்றும் உள்ள சோதனைக் குழாய்களில் எண்ணெய்களை வைக்க வேண்டும் (படம் 65). குழாயின் மெல்லிய கழுத்து மிக வேகமாக அதிர்ந்து அதன் சுவரில் ஒட்டிய எண்ணெயிலிருந்து மூடு பனியைத் தோற்றுவிக்கிறது; எண்ணெயின் மிச்சப்பகுதி ஒரு படலத்தைத் (mist) தோற்று விக்கிறது.



படம் 65. மூடுபனி தோற்றுவிப்பதற்கான அமைப்பு

வாயு நீக்கம் (degassing) நீர்மங்களில் அல்லது திண்மங்களில் மறைந்த வாயுவை நீக்க மீமொலி அலைகள் பயன்படுகின்றன. தாழ் அதிர்வெண்களில் 200 KH_z இச் செயல் திறமையாக நிகழ்கிறது. அலைகளின் கணுக்களில் வாயு சேமிக்கப்படுவதாலும், குழிவாக்கத்தாலும் வாயு நீக்கம் நிகழலாம். உருகிய உலோகங்களிலிருந்து வாயுவை நீக்க இம் முறை பயன்படும்.

6–2. உயிரியல் விளைவுகள் (Biological effects)

மீயொலியின் பின்கண்ட பண்புகளால் உயிரியல் விளைவுகள் தோன்றலாம் என்று தெரிய வந்துள்ளது; (அ) உயர் அழுத்தம் மற்றும் முடுக்கம் ஆகியவை உயிரணுக்களின் அகத்தே இயக்கத்தைத் தோற்றுவித்தல் (ஆ) அகத்தே தோன்றும் வெப்ப (locally generated heat) (இ) குழிவாக்கம்.

உயிரினங்கள் மீதும் சோதனைகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. மனித உடலை மீயொலி பாதிக்கின்றது; செறிவு மிகுந்த மீயொ

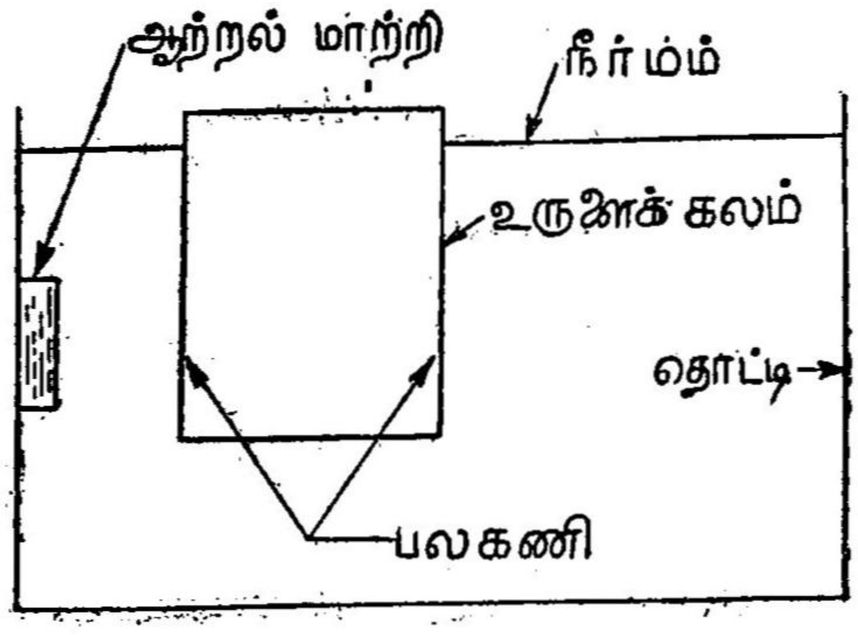
லிப் புலத்தால் சோர்வு, குமட்டல், மயக்கம் மற்றும் சூடேறுதல் தோன்றலாம்.

சிறு உயிரினங்களில் செறிவுமிகு மீயொலிப் புலம் தோற்றுவிக்கும் விளைவுகள் அதிகமாக ஆராயப்பட்டுள்ளன. இச் சிறு உயிர்களில் சில மீயொலிக்கதிர்களால் உயிரிழக்கலாம் அல்லது சிதைவுறலாம்; இது போன்றே நரம்புகளிலுள்ள உயிரணுக்கள், புரோடோசோ, மற்றும் குருதிக் கணங்களிலும் (blood corpuscles) நிகழ்கின்றது. பொருளின் துகள்கள் சிதறலாகின்றன. உடல் மற்றும் சரும வெப்பநிலைகளில் தீவிரமான மாற்றங்கள் மிகவேகமாக ஏற்படுகின்றன. இம் மாற்றங்கள் உடலினுள் வாயுக்குமிழிகள் தோன்றுவதாலும், குழிவாக்கத்தாலும் நிகழ்கின்றன.

மிருகங்களின் இதய இயக்கத்தை மீயொலியால் மாற்றலாம். இந்த அலைகளைக் கொண்டு செயற்கையான காய்ச்சலைத் தோற்றுவிக்கலாம்; இம் முறையானது உடலினுள்ளே வெப்பமூட்டி மருத்துவம் செய்யவும், கத்தியில்லா அறுவைச் சிகிச்சைக்கும் பயன்படலாம்.

வேறுசில உயிரியல் விளைவுகளாவன: விதைமுளைக்க ஆகும் காலத்தின் மாறுதல்; உயிரணுக்களின் இனப் பெருக்கத்திறமை அழிதல்; செரிமானப் பொருள்களைத் தோற்றுவிக்கும் வகையில் பாக்டீரியாக்களின் சிதைவு; பாலின் பண்பு மாற்றம் இன்ன பிறவாம்.

உயிரினவியல் ஆராய்ச்சிச் சோதனைகளுக்குப் பயன்படும் கருவியமைப்பு படம் 66-ல் காணப்படுகிறது. கதிர்வீச்சுக்கு



படம் 66. உயிரினவியல் ஆராய்ச்சிக்கான கருவி

உட்படும் பொருள் உருளைக் கலத்தினுள் வைக்கப்படும். இக்

கலத்தின் இருமுகங்களிலும் மியொலிபாயும் பலகணிகள் உண்டு. உருளையின் விட்ட, மீயொலிக்கற்றையின் அகலத்தை விட அதிகமாகும். கலத்தினுள்ளே வெப்பநிலையும், வாயுச் செறிவும் எச்சரிக்கையாகக் கட்டுப்படுத்தப்பட வேண்டும்.

6–3. வேதியியல் விளைவுகள் (Chemical effects)

வேறு எம்முறையிலும் தோற்றுவிக்க இயலாத பல வேதியியல் விளைவுகளை மீயொலி கொண்டு தோற்றுவிக்கலாம். பொதுவாக, குழிவாக்கமே இவ்விளைவுகளுக்குக் காரணம் என்று கருதப்பட்டாலும், வெப்பநிலை உயர்வு, அழுத்த மாற்றம், மின்னியல் நிகழ்வுகள், நீர் அயனியாதல் மற்றும் அக இயைவுகள் (internal resonances) எனப் பல காரணங்களும் சொல்லப்படுகின்றன. அதிர்வெண், செறிவு, சோதனைக் காலம், வெப்பநிலை, அழுத்தம் என ஏதாவதொன்றை மாற்றிச் சோதனை நிகழும் சூழ்நிலையை மாற்றியமைத்து முடிவுகளைக் காணலாம்.

பொதுவாகவே, குழிவாக்கம் தோன்றுவது தவிர, வேறு எவ்விதத்திலும் வேதியியல் விளைவுகளை அதிர்வெண் பாதிக்க வில்லை என்ற கருத்து நிலவுகிறது.

குறைந்த செறிவு மீயொலியால் வேதியியல் விளைவுகள் தோன்றவில்லை. செறிவு உயர, குழிவாக்கம் தோன்று நிலையில் வேதியியல் விளைவுகள் தோன்றி, செறிவுடன் நேர்போக்காக வளர்கின்றன. உகந்த (optimum) செறிவுக்குப் பிறகு விளைவுகள் குறையலாம் என்ற கருத்தும் உண்டு.

சோதனைக் காலம் அதிகரித்தால் விளைவும் அதிகரிக்கும். விளைவு வளர்ந்த பின் சிறிது தாமதித்துப் பின்னர் குறையலாம் என்ற முடிவு மேலும் ஆராய்ச்சிக்குரியது. அழுத்தத்தைச் சார்ந்து குழிவாக்கம் நிகழ்வதால், அழுத்தமானது வேதியியல் விளைவுக்கு உறுதுணையாக உள்ளது. எனினும் 1,500 மி. மீட்டரிலும் உயர்வான அழுத்தம் குமிழிகள் தோன்றுவதைத் தடுக்கும்.

வேதியியல் வினையின் விரைவு, வேதியியல் பொருள்களைப் பிரித்தல், ஆக்சிகரணம், சிதைவு, படிகமாதல், கொதிநிலை-மாற்றம் என்பனவற்றை வெப்பநிலையானது பாதிக்கிறது. மீயொலி உள்ளபொழுது ஆக்சிகரணம் விரைவாக நிகழ்கிறது. மூலக்கூறுகளிடை பிணைப்பையும் பாதிக்கிறது; உயர்மட்ட பாலிமர்களை (high polymers) மீயொலியால் பிரிக்கலாம்; மேலும் மூலக்கூறு சங்கிலிகளை (molecular chains)ச் சிதைக்க

லாம். மீயொலியால் நிழற்படப் பால்மம் (photographic emulsion) அதிக உணர்திறனும், பகுதிறனும் உடையதாகிறது; அதனுடைய நிறம் உணர்திறனும் (colour sensitivity) அதிகரிக்கும்.

6-4. மின்வேதியியல் விளைவுகள் (Electrochemical effects)

இவ்விளைவுகளை மீயொலி கொண்டு ஆராயும் முறைகளைப் பின்வருமாறு பகுக்கலாம்; (அ) மின்வாய் நிகழ்வுகளில் விளைவுகள், (ஆ) மின் இயக்கவியல் நிகழ்வுகள் (electro Kinetic phenomena), (இ) மின்பகுப்புக் கரைசல்களை ஆராய்தல்.

மின்பகுப்பின்பொழுது வாயுக்களை வெளியேற்றும் மின்வாய்மீது மீயொலி செயல்பட, அந்த மின்வாய்மீது மாறுதிசை மின்னழுத்தம் தோன்றுகிறது. மின்வாய்மீது உலோகம் படிகின்ற மின்னழுத்தமும் மாறுகிறது; எனவே, உலோகப் படிவத்தின் இயலமைப்பு மாறுதலடைகிறது. உலோக அரிப்பும் (corrosion) பாதிக்கப்படுகிறது.

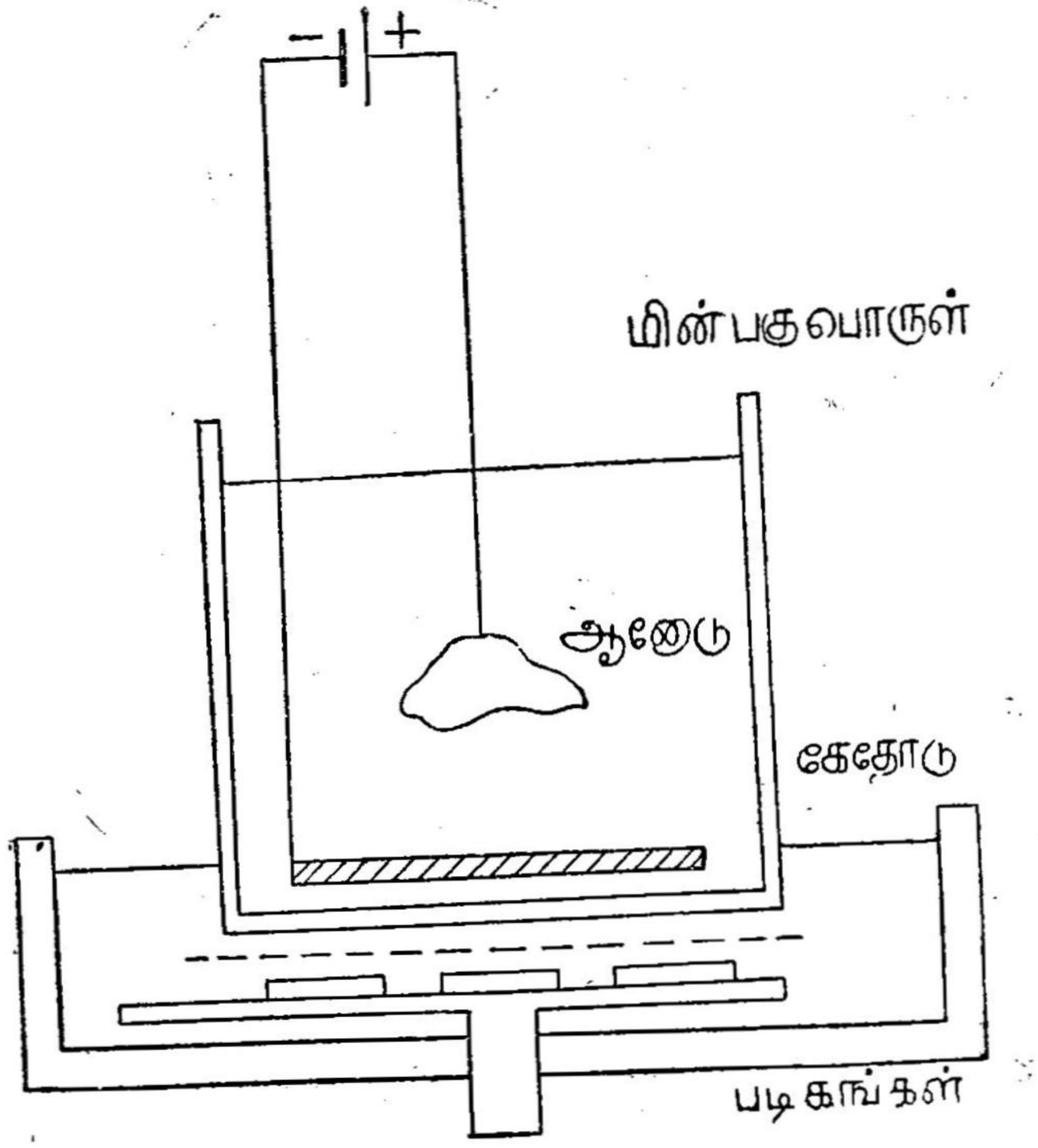
மின்பகுப்புக் கரைசலுக்கும் ஒரு திண்மத்திற்குமான எல்லையில் அயனிகளாலான மெல்லிய படிவம் தோன்றுகிறது: இந்த ஏடு கலங்குவதால் தோன்றும் சில நிகழ்வுகள் மின் இயக்கவியல் நிகழ்வுகள் எனப்படும். இந்த நிகழ்வைப் பயன்படுத்தி ஆற்றல் மாற்றிகள் அமைக்கப்படலாம். இவ்வமைப்பில் தோன்றும் மின்னேட்டத்தின் அளவு மீயொலியின் ஆற்றலைச் சார்ந்துள்ளது.

மின்பகுப்பு நீர்மங்களில் மின்கடத்து திறன், திசை வேகம், உட்கவரல் போன்ற விளைவுகள் மீயொலி கொண்டு ஆராயப்பட்டுள்ளன. இவ்விளைவுகள் காரணமாக மின் முலாமில் உலோகம் படியும் திறமை, படியும் உலோகத்தின் துகட்பருமன் (உள்ளணுத்துகள் பரும அளவு–grain of the depositing metal) அதன் கூட்டமைவு (composition) என்பன மாறுகின்றன. வலிய மற்றும் மெலிந்த மின்னேட்டங்களிலும் இவ்விளைவுகள் ஆராயப்பட்டுள்ளன. நிக்கல், குரோமியம், செம்பு, வெள்ளி, துத்ததாகம் ஆகிய உலோகங்கள் ஆராயப்பட்டு இவற்றைப் பயன்படுத்து முறைகள் செவ்வையாக்கப்பட்டுள்ளன. மின்பகுப்பு பொருளை ஆராய உதவும் அமைப்பு படம் 67-ல் காணப்படுகிறது.

6-5. குழம்பாக்கமும் சிதறுகையும் (Emulsion and dispersion)

நீர்மங்களில் சிதறுகையும் (dispersion), இறுகுதலும் (coagulation) வேதியியல் விளைவுகளுடன் நெருங்கிய தொடர்பு

கொண்டன. மீயொலி கதிர்வீச்சின் பொழுதும் இவ்விளைவுகள் நிகழ்கின்றன. சோதனைகளில் 20,000 முதல் 100,000 ஹெர்ட்



படம் 67. மின்பகு பொருளில் சிதறுகையை ஆராய்தல்

சியன் வரையான அதிர்வெண்ணுடைய மீயொலி பயன்படுத்தப்பட்டது. இதனைத் தோற்றுவிக்கும் அலையியற்றிகள் 10 முதல் 20 வாட்டுகள் (watts) / ச. செ. மீ. வரை திறன் தருபவை.

சாதாரணமாகக் கலக்காத இரு நீர்மங்களைக் கலத்தல் குழம்பாக்கம் (emulsification) எனப்படும்; இதனை மீயொலி கொண்டு செய்யலாம். சோதனை அமைப்பின் எல்லைகளில், அதாவது; (அ) தொட்டியின் சுவர்களுக்கும், நீர்மத்துக்கும் மற்றும் (ஆ) நீர்மத்துக்கும் அதிர்வுறு உறுப்புக்குமான, இடைப்பரப்புகளில் இவ்விளைவு அதிகமாகத் தோன்றுகிறது. நீர்போன்ற நீர்மத்தின் சிறு துகள்கள் மற்றொரு நீர்மத்தினுள், அதிர்வுகளால் வேகமாகத் திணிக்கப்படும்பொழுது குழம்பாக்கம் அதிகமாக நிகழ்கிறது. வாயுக்கள் முன்னிலையிலும், அழுத்தம் காரணமாகவும் மேற்சொன்ன விளைவு பாதிக்கப்படலாம்.

மேற்சொன்னவாறு சிதறுகை வலிமையாகத் தோன்றினாலும், சிற்சில சூழ்நிலைகளில் இறுகுதலும் (coagulation) தோன்றுகிறது.

சிறு தூசுகள் சிதறி ஊடுருவியுள்ள வாயுக்கள் ஏரோசால் எனப்படும். ஏரோசால்களில் மீயொலியினால் இறுகுதல் நிகழ்தல் தெரிய வந்துள்ளது. இதனில் தூசுகள் நெருங்கி வந்து புகை வடிவமாக அல்லது பனிப்படலமாக மாறுகின்றன. சிறு தூசுகளிடையே தோன்றும் ஈர்ப்பின் காரணமாகவே இது நிகழ்கிறது. இந்த ஈர்ப்பு மீயொலியின் அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்துள்ளது. இந் நிகழ்வுக்கு உகந்த அதிர்வெண் (optimum frequency) தூசுகளின் பருமனைப் பொறுத்து அமைகிறது.

குழம்பாக்கம் (emulsifiction) நிகழ்வதற்கு உகந்த அழுத்தம் வேண்டும் : அழுத்தம் மிகுதியாகவோ, மிகக் குறைவாகவோ இருப்பின் அது நிகழ்வதில்லை. மீயொலி அலை நீர்மத்தினுள் பாயும்பொழுது, அதனில் இறுக்கங்களும், விரிவுகளும் தோன்றுகின்றன—அதாவது ஊடகத்தில் முறிவுகள் (disruptions) தோன்றுகின்றன. அதனுடன், மீயொலிக் கதிர்வீச்சு நிகழும் பொழுது 'உஸ்' என்ற ஓலி (hissing sound) வலிமையாக எழும். பல சிறிய குமிழிகள் நீர்மத்தினுள் தோன்றி அழிவதால் மிகுதியான அழுத்தம் எழுகின்றது. இப்படிக் குமிழிகள் தோன்றி அழிவதே அதாவது குழிவாக்கம் நிகழ்வதே குழம்பாக்கம் நிகழக் காரணமாகும். பருப்பொருளானது கிளர்ச்சியுறுவதில் தோன்றும் ஒழுங்கீனங்கள் காரணமாக எழும் மீயொலி விளைவுடன் கூடவே பொருளும் நன்முகக் கலக்கப்படுகிறது. நீர்மத்தில் வாயுக்கள் இருப்பதும், இல்லாதிருப்பதும் நிகழ்வைப் பாதிக்கும். வாயு இல்லையெனில் சில நிகழ்வுகள் ஏற்படுவதில்லை ; ஏற்படும் விளைவுகளும் நிலைப்பாடு உடையன அல்ல ; பொருளானது மீண்டும் பழைய நிலையை அடைகின்றது.

குழம்பாக்க விளைவினால் மிகுதியான பயன்கள் இன்னும் ஏற்படவில்லை. தகுந்த ஆற்றல் மாற்றிகள் அமைக்கப்படாததே இதற்குக் காரணமாகும் : ஏனெனில் தற்பொழுது கிடைக்கும் ஆற்றல் மாற்றிகளின் திறன் குறைவு ; எனவே, பெரும் பருமன்களைக் கலக்கிச் செயல்படுத்த அவற்றால் இயலாது.

6–6. மருத்துவம்சார் விளைவுகள்

மருத்துவம்சார் விளைவுகளை நோய் நாடல் (diagnosis), நோய் நீக்கல் (therapy) விளைவுகளெனப் பகுக்கலாம். நோய்

நீக்கலில் மீயொலி விளைவுகளைப் பின்வருமாறு கூறலாம். (அ) மீயொலியானது நோயை விளைவிக்கும் திசுக்களை (malignant tissues) மட்டும் தனியாகப் பிரித்து அழிப்பதில்லை. (ஆ) மற்றப் பகுதிகளை விட எலும்பில் சூடேற்றம் வேகமாக நிகழ்கிறது. (இ) நரம்புகளில் சூடேற்றம் தனித்தனியே நிகழும். அது போன்றே நோய் நாடலிலும் விளைவு வகைகளாவன : (அ) திசுக்கள், மூளை மற்றும் புற்று நோய் திசுக்கள் இவற்றில் நிகழும் மாற்றங்களை இடஞ்சுட்ட இயலும். (ஆ) பித்தப் பையில் கற்களை இடஞ்சுட்டல். (இ) குருதியோட்டத்தை அளத்தல் என்ற மூன்றுமாம் அறுவை மருத்துவத்தில் சில திசுக்களைக் குறிப்பாகப் பிரித்து அழித்துவிட இயலும்.

நோய் நீக்கலில், கீல்வாதம் போன்ற நோய்களை குணப்படுத்தப் பல மீயொலிக் கருவிகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

நோய் நாடலில், துடிப்புத் தெறித்தல் (pulse-reflection) முறை பெரும்பாலும் பயன்படுகிறது. திசுக்களை ஆராய உகந்த அதிர்வெண் 15 *MHz* ஆகும். இந்தமுறை பருப் பொருள்களை ஆராயப் பயன்படும் முறையேயாகும். குருதியோட்டத்தை அளக்க உதவும் கருவிகள் அமைக்கப்பட்டிருந்தாலும் அவை சோதனையளவிலேயே உள்ளன.

மூளையின் வெவ்வேறான பல பகுதிகளில் சிதைவு ஏற்படுத்தும் மீயொலிச் சாதனைகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. இதனில் மிகக் குறுகிய பரப்பில் மிகுதியான ஆற்றல் குவியமாக்கப்பட வேண்டும்; 1*MHz* அதிர்வெண்ணில் 300 முதல் 1200 வாட்/ச.செ.மீ. ஆற்றல் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

6–7. உலோகவியல் விளைவுகளில் முக்கியமானவை

சிறுதுகள் (grain) பருமனைக் குறைத்தல், உருகிய நிலையில் உள்ள உலோகங்களிலிருந்து வாயு நீக்கம், உருகிய உலோகத்தினுள் வேறு பொருள்களைச் சிதறி ஊடுருவ வைத்தல், சில நிகழ்வுகளைத் துரிதமாக்கல் எனலாம்.

உருகிய நிலையில் உலோகத்தினுள் மீயொலியைத் தூண்டலாம். உலோகத்தை உருக்குவதற்குத் தேவையான வெப்பம் தரும் சூட்டுச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கும், அதனால் உலோகத்தினுள் தூண்டப்படும் மின்னோட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள விசை உலோகத்தில் இயக்கத்தைத் தோற்றுவிக்கும். சூடேற்றுவதற்குப் பயன்படும் மாறுதிசை மின்புலத்துடன் நிலையான காந்தப்புலத்தையும் ஒருங்கே பயன்படுத்தினால் மேற்

சொன்ன விசை வலிமை மிகுந்து இயக்கத்தையும் மிகுவிக்கும். இதனல் மீயொலி அதிர்வுகள் உருகிய உலோகத்தினுள் தோன்றுகின்றன.

வீழ்படிவுகள் (precipitates). மீயொலி கொண்டு வீழ்படிவு நிகழ்த்தலாம்; மற்றும் சிறு துகள்களை ஒன்றுசேர்க்கலாம். இவ் விளைவினுலாய தொழில் துறைப் பயன் ஏதும் செம்மையாக்கப் படவில்லை. நிழற்படத் தகடுமீது மீயொலியின் எந்திரவியல் செயல்படு (mechanical action) காரணமாகப் பிம்பம் தோன்றும். ஈரத்தகடுகளில் (wet plates) தான் இது நிகழும்; உலர் தகடுகளில் (dry plates) நிகழாது. மீயொலி பாயும்பொழுது தோற்றுவிக்கப்படும் சூடிலா ஒளியுமிழ்வு (luminescence) காரணமாகத்தான் மேற்சொன்ன விளைவு நிகழ்கிறது; மீயொலியால் அன்று என்ற கருத்து நிலவினுலும், நேர்முக (direct) மற்றும் இரண்டாம் நிலை (secondary) விளைவுகள் இரண்டுமே நிகழ்கின்றன என்று சமீப காலத்திய சோதனைகள் சில நிறுவியுள்ளன.

6-8. மீயொலியின் முக்கியமான பயன்களில் ஒன்று

அது நீர் மூழ்கிய தொலைத் தொடர்புக்குப் (submarine telecommunication) பயன்படுவதாம். உயர் அதிர்வெண் ஒலி அலைகளை எளிதிற் கற்றையாக்க இயல்வதால் குறிப்பிட்ட திசையில் சைகை அனுப்பித் தொடர்புகொள்ள எளிதாகிறது. ஒலி அலை நீளம் குறைவதால் தெறியாடிகளைக் (reflectors) கொண்டு, அலைகளைத் திசைப்படுத்துவதும் எளிதாம். தடிப்புவகை அதிர்வு தரும் குவார்ட்சு போன்ற பலகை வடிவத்திலுள்ள மீயொலியியற்றிகளும்; தங்கள் முனைகளில் பலகைகள் பொருந்திய காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் தண்டுகளும் அப்பலகைகளுக்குக் குத்தான திசையில் அலைகளை வீசுகின்றன. அப் பலகைக்கு முன்னல் ஒலிப்புலத்திற்கு நிச்சயமாகத் திசைப் பண்பு உண்டு; அதிரும் பலகையின் விட்டம் வீசப்படும் அலையின் நீளத்துடன் ஒப்பிட உயர்வாயின், மீயொலிக் கற்றையும் குறுகலாயிருக்கும். ஆரம் R உடைய வட்டப் பலகையிலிருந்து வீசப்படும் மீயொலி ஆற்றல், முழுவதும் ஏறத்தாழ ஒரு கூம்பு வடிவம் பெறும்; இக் கூம்பின் உச்சிக் கோணத்தில் பாதி θ என்பதை சைன் $\theta = \dfrac{0{\cdot}61\lambda}{R}$ வாய்பாட்டிலிருந்து பெறலாம். 24 செ. மீ. விட்டமுடைய வட்டப் பலகையானது நீரினுள் 30 KH_z அதிர் வெண் உடைய ஒலியை 28° உச்சிக் கோணம் உடைய கூம்பில் வீசுகிறது. 300 KH_z-ல் 7 செ. மீ.

விட்டமுடைய பலகை வீசுகின்ற ஆற்றல் கற்றையானது 5° கோணத்தினுள்ளேயே அடங்கிவிடும். கேள் ஒலியை இவ்வாறு குறுகிய கற்றையாக்க இயலாது என்பது விளங்கும். அதிர்வுறும் மூலத்தின் வீச்சுகள் மீயுயர்வாகாமலே அதிகமான மீயொலி ஆற்றலைக் கதிர்வீசலாம். நீரினுன் 40 KH_z-ல் 0·3 வாட்டு/ச: செ. மீ. செறிவுடைய ஆற்றலை வீச $0{\cdot}27\times10^{-3}$ மி. மீ. வீச்சுடைய அதிர்வுகள் தோன்றினுல் போதும்; 500 H_z-களில் இவ்வீச்சு $21{\cdot}6\times10^{-3}$ மி.மீ. ஆகும். காற்றில் மேற்சொன்ன வீச்சுகளுக்கான மதிப்புகள் முறையே $15{\cdot}4\times10^{-3}$ மி. மீ. மற்றும் 1·23 மி.மி. ஆகின்றன. அதாவது, காற்றில் அலை வீசும் ஒலி மூலத்திற்கு சிரமம் அதிகம். மேலும், ஓப்புநோக்கின், காற்றானது ஒலியைக் கடத்தத் தகுந்த ஊடகமன்று. மீயொலி ஆற்றல் நீரை விடக் காற்றில் அதிகமாக உட்கவரப் படுகிறது என்பதும் கவனத்திற்குரியது.

கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் ஒலிச்செறிவு பாதியாகக் குறைவதற்குத் தேவையான மீயொலி அலை பாயும் தொலைவு X எனக்கொண்டு, காற்றிலும் நீரிலும் X-ன் மதிப்பு நான்கு வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுக்குத் தரப்படுகின்றது; இவற்றினின்றும் மீயொலி மூலமான தொடர்பு நீரினுள் மட்டுமே பயன்படுவது ஏன் என விளங்கும்.

அட்டவணை 3

காற்றிலும், நீரிலும் வெவ்வேறு அதிர்வெண்களில் மீயொளியின் நெடுக்கம்.

ஊடகம்	அதிர்வெண் N=10	100	500	100 KH_z
காற்று	x=220 மீ.	220 செ மீ.	4·8 செ. மீ.	2·2 செ.மீ.
நீர்	x=400 கி.மீ.	4 கி.மீ.	160 மீ.	40 மீ.

கடல்களில் பனிப் பாறைகளைக் (icebergs) கண்டுபிடிக்கவும், நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள் நெருங்குவதை அறியவும் அவற்றிடையே செய்திகள் பரிமாறவும். மீயொலி வழித் தொடர்பு பயன்படுகிறது. இத் தொடர்பை ஏற்படுத்த, சைகை செலுத்தவும் வாங்கவும், ஒரேயொரு ஆற்றல் மாற்றியைப் பயன்படுத்

தலாம். இந்த ஆற்றல் மாற்றியின் நெடுக்கம் 10 முதல் 15 கி.மீ. வரையாகும்; ஒலிபரவும் திசையை 1°-க்குத் திருத்தமாக நிர்ணயிக்கலாம். செய்திகளைப் பரிமாற மோர்சு சைகைமுறை அல்லது டெலிபோன் பயன்படுத்தலாம்; இதனால் மீயொலி அலைகள் கேள் ஒலி அதிர்வெண்களில் அலைப் பண்பேற்றம் பெறும் கப்பல்கள் மற்றும் அமிழ்ந்துள்ள நீர்மூழ்கிக் கப்பல்களின் இடங்களைச் சுட்டவும் 'எதிரொலி'த் தத்துவம் கொண்டு மீயொலியைப் பயன்படுத்தலாம். குறுகிய இடைக்காலங்களில் (short intervals) மீயொலிச் சைகைகள் அனுப்பப்படும். அனுப்பியவுடன் ஆற்றல் மாற்றியானது ஏற்பிச் சுற்றுடன் (receiver) இணையும் எதிரொலித்து மீண்டுவரும் சைகையை அது பதிவு செய்யும். மீயொலியானது இலக்கிற்குச் சென்று மீள்வதற்கு ஆகும் நேரத்தைக் கணித்து அதனின்றும் இலக்கின் தொலைவை அறியலாம். இம் முறையில் நுண்ணியம் (accuracy) ஏறத்தாழ ஒரு விழுக்காடு (percent) ஆகும்.

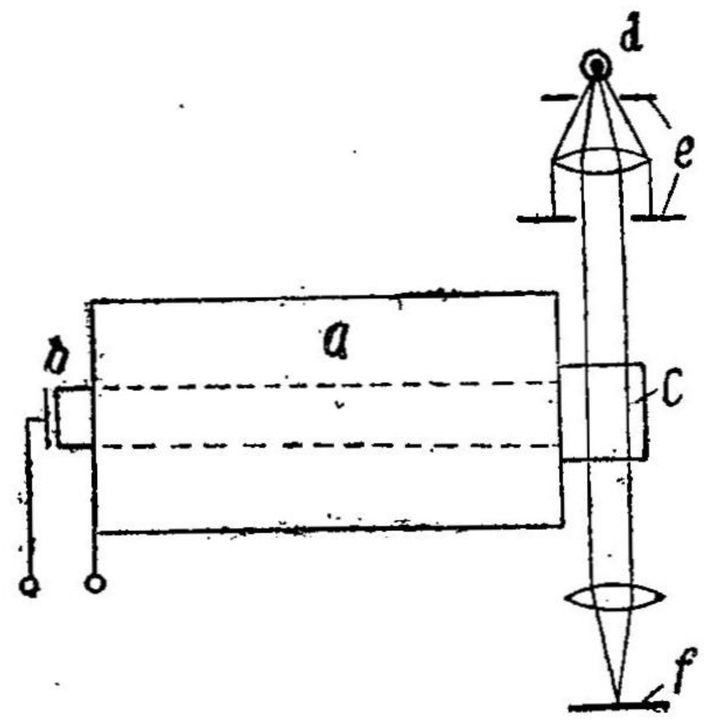
கடல் ஆழத்தை அளக்கவும் இம் முறை பயன்படும். எதிரொலிப்பு முறையில் மீயொலியைப் பயன்படுத்துவதில் சில நிறைகள் உண்டு. ஓசையின்றி வேலை நடைபெறும். அதனுடன் ஒரு விநாடியில் (7 முதல் 15) பல தடவைகள் சோதனை நிகழும். ஆழமற்ற நீரிலும் இச் சோதனையைச் செய்யலாம்; மற்றும் நுண்ணியமும் அதிகம். இம் முறையில் வேலை செய்ய 37.5KH_z பயன்படும். படிகத்தின்மீது ஏறத்தாழ 6,000 வோல்ட் மின்னழுத்தத்தை ஒரு மில்லி வினாடிக்குச் செலுத்த அது தனது இயல்பு அதிர்வெண்ணில் அதிரும். எதிரொலியானது ஆற்றல் மாற்றியில் தூண்டும் மாறுதிசை மின்னழுத்தம் வெற்றிடக் குழாய் பெருக்கிகளால் பெருக்கப்பட்டுப் பின்னர் நுண்ணிய நேரங்களை அளக்கும் கருவிக்கு அனுப்பப்படும்.

படிக ஆற்றல் மாற்றிக்குப் பதிலாக, காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் ஆற்றல் மாற்றியும் பயன்படுகிறது. மீயொலித் துடிப்பை அனுப்புதல், எதிரொலியை ஏற்றல், ஆழத்தைக் கணித்துச் சுட்டுதல் (depth measurement and location) ஆகிய செயல்கள் யாவும் தானுகவே நிகழும் வகையில் தற்கால கருவிகள் அமைக்கப்படுள்ளன. அளக்கப்பட்ட ஆழங்களை எதிரொலி வரைவி (echograph) கொண்டு பதிவு செய்யலாம், எனவே, கடலில் ஒரு கப்பலின் பாதையின் கீழ் உள்ள கடல் தளத்தின் படம் கிடைக்கும். ஒரு எதிரொலிக்குப் பதிலாக, பல எதிரொலிகள் கிடைப்பதனின்று கடல் தளத்தின் தன்மையையும் மணலா, சேரு, களியா, என்பதனையும் அறியலாம்.

கடலில் மீன் பிடித்தலிலும் இம் முறை பன்படுகிறது. மீன் கும்புகள் (shoals of fish) இருக்குமிடங்களை இம்முறையில் எளிதில் அறியலாம்.

6–9. பருப் பொருட் சோதனைகள் (Testing of materials)

ஒருபடித்தான இயல்பைப் (homogeneous) பொறுத்த வரையில் உலோகங்கள் மிகுதியான மீயொலியின் வன்மை (acoustic hardness) உடையன. எனவே, அவை மீயொலியை நன்கு கடத்துகின்றன. ஒருபடித்தான இயல்பு மாறும் வகையான் குழிவுகள், விரிசல்கள் அல்லது வேறு குறைகள் இருப்பின், இவ்விடங்களில் பிரதிபலிப்பு அல்லது உட்கவர்தல் அல்லது இரண்டுமே நிகழ்கின்றன. இந்த நிகவுழ்களைக் கொண்டு மேற் சொன்ன குறைகளைக் கண்டுபிடிக்கலம் (படம் 68). சோதனைக்குரிய பொருளின் (*a*) சமதள முகப்பு மீது குவர்ட்சுப்

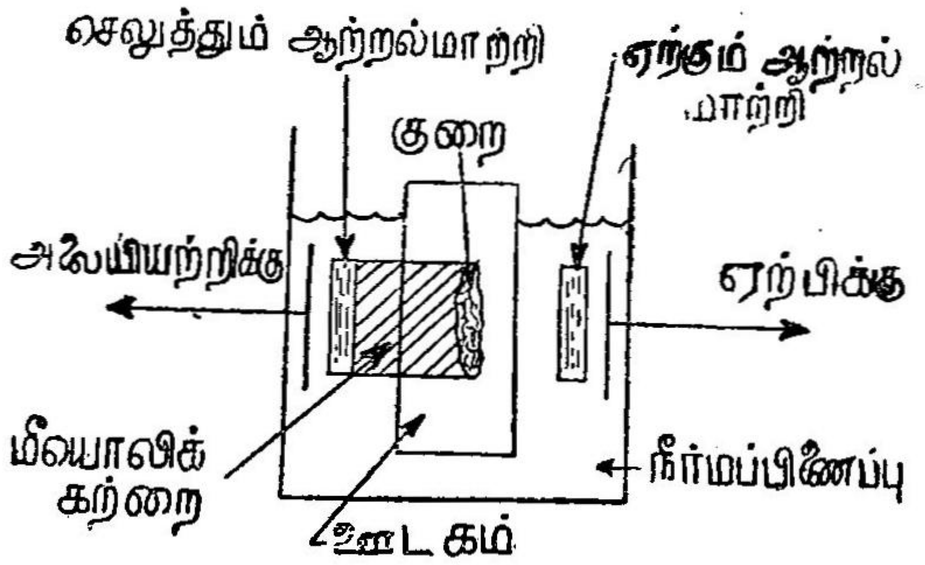


படம் 68. மீயொலி ஒளி விளிம்பு விளைவு முறையில் பருப்பொருள்களைச் சோதித்தல்

படிகம் (*b*) அழுந்திப் பொருந்துகிறது. இதற்கு எதிர்ப் பக்கத்தில் நீர்மம் நிறைந்த கலம் (*c*) உள்ளது; பொருளை ஊடுருவி வரும் மீயொலி அலைகள் இக் கலத்தினுள் புகும் ஒளி மூலம் d-யிலிருந்து ஒளியுண்ட பிளவு *e*-ன் பிம்பம் நீர்மம் வழியே திரை மீது வீழ்த்தப் படுகிறது, திரையில் விளிம்பு விளைவுப் பாங்கம் தோன்றும்; இப் பாங்கத்தின் செறிவு, கலத்தினுள் புகும் மீயொலி அலையின் வலிமையைச் சார்ந்து அமையும். பருப் பொருளில் வெவ்வேறு புள்ளிகளில் வரிசையாக மீயொலி செலுத்தப்பட, கலம்(*c*)-யினுள் பாயும் மீயொலிச் செறிவு மாறும்; இந்த மாற்றங்களால் விளிம்பு விளைவுப் பாங்கத்தில் தோன்றும் செறிவு மாற்றங்களைக் கொண்டு, சோதனைப்பொருளின் அகத்திலுள்ள குறைகள் சுட்டப்படும்.

தடிப்பு அதிகமான உலோகத் துண்டுகளைச் சோதிக்க அதிகத்திறனுடைய மீயொலி தேவை; அதனுடன் சோதனைப் பொருளுக்குன் மீயொலி ஆற்றலைப் புகுத்துவதிலும் கவனம் தேவை. அதிகமாக தடித்த பொருளுக்கும் ஆற்றல் மாற்றிக்கும் (transducer) இடையே ஒலி எதிர்ப்புச் சமனம் (matching of acoustic impedance) செய்யத் தகுந்த ஒரு பொருள் தேவை. சோதனைப் பொருளின் முகப்பு சமதளமாயின் மெல்லிய எண்ணெய் ஏடுகள் போதும், முகப்பு சிறிதே மேடு பள்ளமாகவோ சுரசுரப்பாகவோ இருப்பின் பாதரசம் பயன்படும்.

படம் 68-ல் காணப்படும் முறையில் ஒளிக்குப் பதிலாக ஓர் ஆற்றல் மாற்றியைப் பயன்படுத்தலாம். இதனில் மீயொலியை



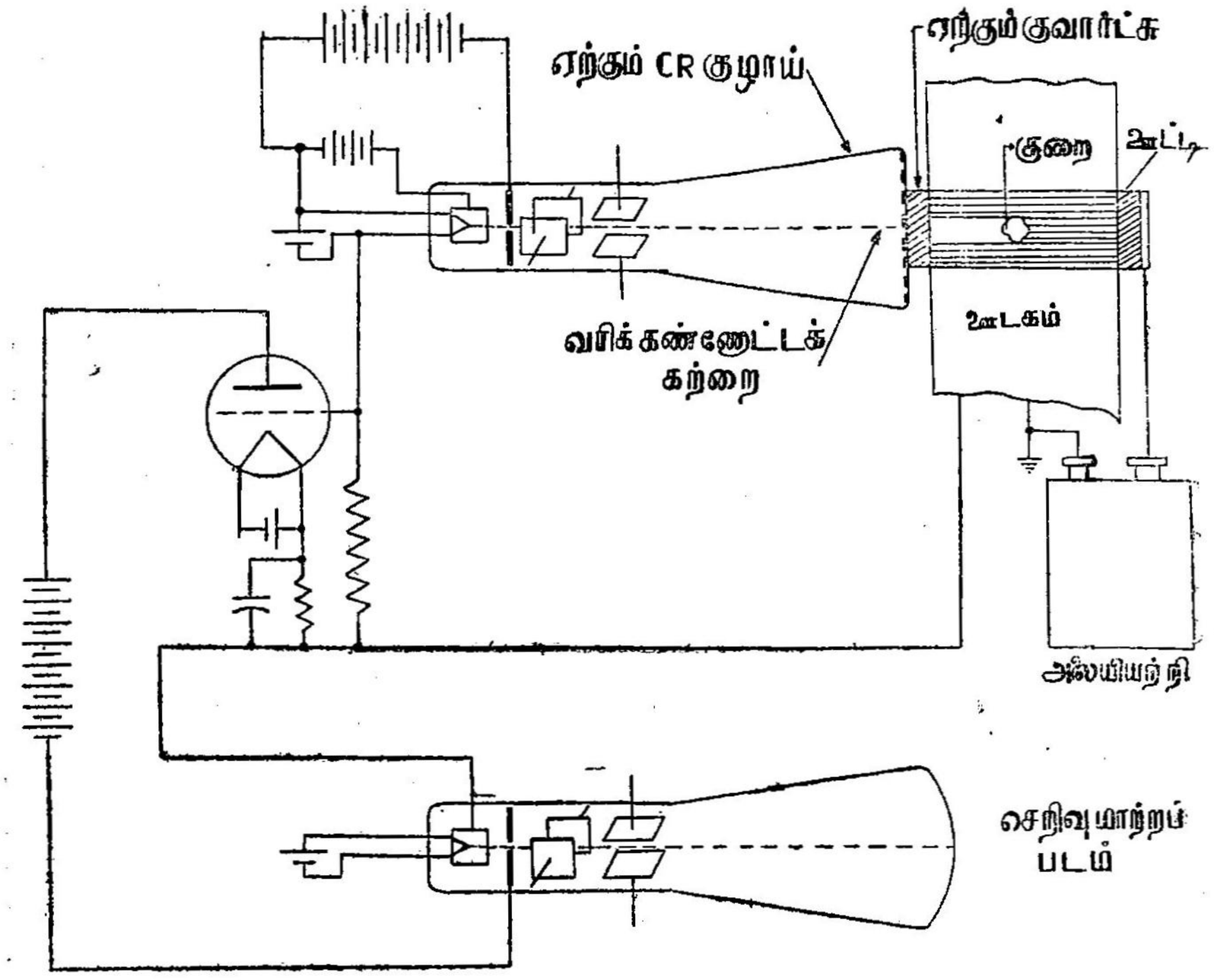
படம் 69. மூழ்கவைத்துச் சோதித்தல்

ஓர் ஆற்றல் மாற்றிச்சோதனை ஊடகம் வழியே அனுப்ப மற்றோர் ஆற்றல் மாற்றி அவ்வொலியை ஏற்கிறது. இம் முறையில் ஊடகம் ஒரு நீர்மத்தில் மூழ்கியிருப்பது கவனத்திற்குரியது.

ஏற்கப்படும் மீயொலியைக் கொண்டு, ஊடகத்தினுன் உள்ள குறையின் வடிவத்தையே படமாகக் காணலாம்;இதற்கு கேதோடு கதிர்க்குழாய் (cathode ray tube) பயன்படும். ஏற்கும் குவார்ட்சில் தோன்றும் மின்னூட்டங்கள் எலக்ட்ரான் கற்றையால் வரிக் கண்ணோட்டமிடப்பட்டு அதனுல் உண்டாகும் மின்னழுத்தம் வேறொரு கேதோடு கதிர்க்குழாயில் பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கும். இப் பிம்பம் ஒரு எக்ஸ்ரே (X-ray) படம் போன்றிருக்கும். படம் 70-ல் இம் முறை காணப்படுகிறது.

மேற்சொன்னவாறு இயங்கு அலைகளைக் கொண்டு பொருள்களைச் சோதிக்கும் அமைப்புகள் யாவிலும் ரேடியோ அதிர்வெண்ணில் செயல்படும் ஓர் அலையியற்றியும், ஏற்கும் பெருக்கியும், காட்டி (indicator) ஒன்றும் அலை செலுத்த ஓர் ஆற்றல்

மாற்றியும் அலை ஏற்க மற்றோர் ஆற்றல் மாற்றியும் உண்டு. சோதனைக்குரிய பொருள் அவ்விரண்டு ஆற்றல் மாற்றிகளுக்



படம் 70. ஊடகத்தினுள் உள்ள குறையைக் கட்புலனுக்குதல்–கேதோடு கதிர்க்குழாய் பயன்படுகிறது.

கிடையே வைக்கப்படும் அலையியற்றியிலிருந்து புறப்படும் *RF* துடிப்பு ஒரு படிகத்தைத் (ஆற்றல் மாற்றியை) தூண்டிவிட, அது அதிர்ந்து மீயொலி அலைகளைத் தொடர்ச்சியாகச் சோதனை ஊடகத்தினுள் அனுப்பும். மீயொலி ஆற்றல் ஊடகத்தை ஊடுருவி, மற்றோர் ஆற்றல் மாற்றியை இயக்கும். ஏற்கும் படிகமானது அதிர்ந்து எந்திரவியல் ஆற்றலை மின்னியல் ஆற்றலாக மாற்றும்; பின்னர் அதனை வெளியிடக் குழாய்ப்பெருக்கியானது (vacuum tube amplifier) பெருக்கிப் பின்னர்க் காட்டிக்குச் செலுத்தும். காட்டியினின்னும் ஊடகம் குறையுடையதா அல்லதா என அறியலாம்.

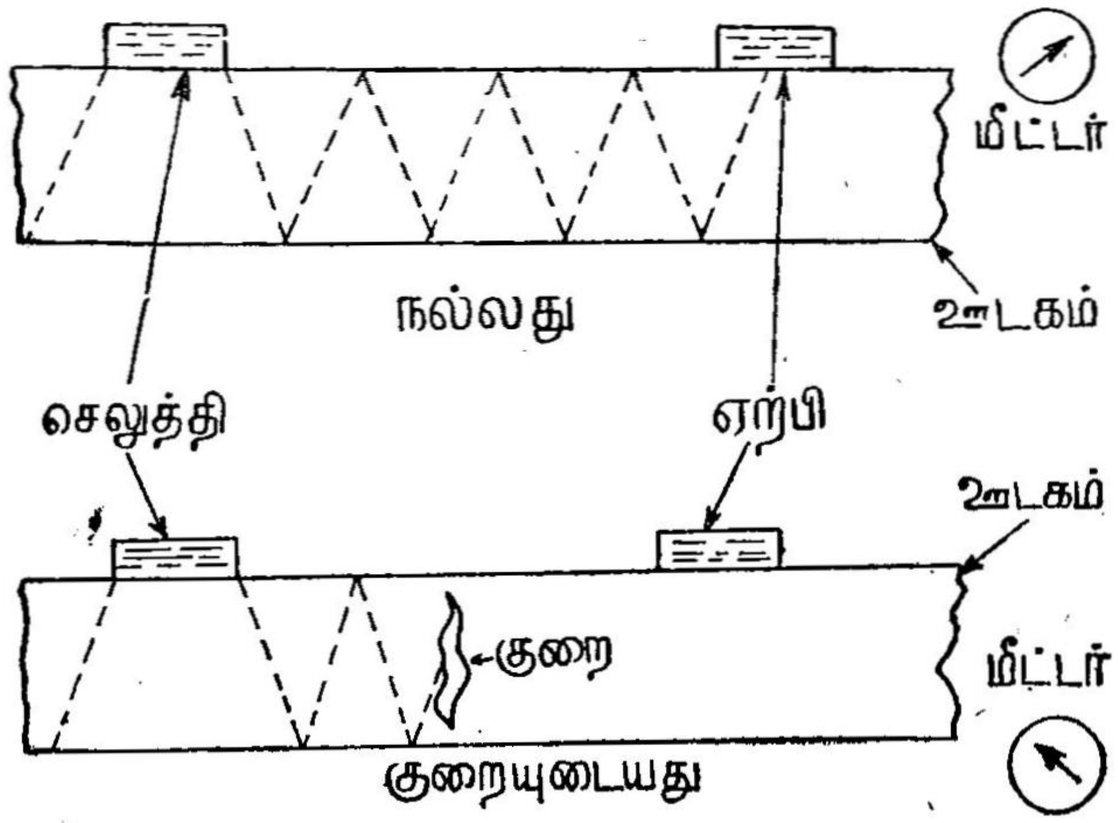
இக் கருவிகள் யாவிலும் சோதனை ஊடகம் மற்றொரு நீர்மத்தில் மூழ்கியிருக்கும். இந்த நீர்மமே ஊடகத்திற்கும் ஆற்றல் மாற்றிகளுக்கு மிடையே ஒலி எதிர்ப்புச் சமனம் செய்யும்.

மேலும் ஊடகத்தை வெவ்வேறு நிலைகளில் மாற்றி மாற்றி வைத்துச் சோதிக்கவும் நீர்மத் தொட்டி உதவுகிறது.

உலோகங்களைச் சோதிக்க 0·5 முதல் 5 MH_z வரையும், பிளாஸ்டிக், மரம், கண்ணாடி போன்றவற்றைச் சோதிக்க 100 KH_z முதல் 1 MH_z வரையான அதிர்வெண்கள் இச் சோதனைகளில் உதவுமெனக் கண்டுள்ளனர்.

தொட்டியினுள் உள்ள நீர்மம், சாதாரணமாக எண்ணெய் அல்லது நீர் ஆகும். எந்த நீர்மத்தைப் பயன்படுத்தினாலும் அது திறமையாகச் செயல்படும். நீர்மத்துடன் ஏரோசால் (aerosol) போன்ற ஈரமாக்கும் நீர்மமும் (wetting agent) கலக்கப்பட வேண்டும்; அன்றெனில் குமிழிகள் தோன்றிப் படிக முகப்பில் ஒட்டிக் கொள்ளும்; இக் குமிழிகளும் பருப்பொருள்களில் குறைகள் போலவே காணப்படும். நீர்மத் தொட்டியின் வெப்பநிலை சீரிய முறையில் கட்டுப்படுத்தப்பட வேண்டும். தொட்டியினுள் நீர்ம ஓட்டம் இருக்கக் கூடாது.

ஊடகத்தினுன் மீயொலி அலையைக் குத்தாகப் பரப்பாமல், சிறிது சாய்வாகவும் பரப்பலாம் (படம் 71). மீயொலி ஆற்ற



படம் 71. சோதனைச் செய்முறை

லில் ஒரு பகுதி சாய்வாகப் பாய்ந்து, பலதடவைகள் பிரதிபலிக்கப் படுகிறது. எனவே, அது செலுத்தும்-ஆற்றல் மாற்றியின் முகத்துக்கு இணையான திசையில் பரவும்; அதன் பாதையில் குறைகளிருப்பின் பரவாமல் தடுக்கப்படும்; குறைகளின் மேல் ஏற்கும் ஆற்றல் மாற்றியைச் சேரும்.

சோதனைகளினின்றும் சில குறிப்பிட்ட கோணங்களில் பாயும் ஆற்றல் மற்ற கோணங்களில் பாய்வதைவிட அதிகமாக இருப்பது தெரிய வந்துள்ளது. படிக ஆற்றல் மாற்றியை எளிதில் ஊடகத்துடன் பொருத்த. இயலாத சூழ்நிலைகளில் மேற்சொன்ன முறையைப் பயன்படுத்தலாம். பெரும் ஆற்றலைப் பாய்ச்சுவதற்கு, உகந்த கோணங்கள் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு அவற்றைக் கொண்டு நீர்மத்தொட்டியில் சோதனைசெய்யலாம்.

6–10. ஒத்ததிர்வினுல் பருப்பொருள்களைச் சோதித்தல்.

ஒத்ததிர்வு கொண்டும் பருப் பொருள்களைச் சோதிக்கப் பல செய்முறைகள் காணப்பட்டுள்ளன. மெல்லிய பொருட்களில் ஒத்ததிர்வு நிகழ்த்த எந்த மீயொலியியற்றியும் பயன்படும். ரேடியோ அதிர்வெண் மீயொலியியற்றிகள் மிகுந்த பயன் தருவனவாம். ஒத்ததிர்வு தோற்றுவிக்க தேவையான திறனும் அந்த இயற்றிகளிலிருந்து கிடைக்கும்.

ஒத்திர்வினுல் தடிப்பினை அளத்தல்: வெவ்வேறு பொருள்களில் மீயொலியின் திசைவேகம் வேருனதால், அதிர்வெண்ணுக்கும். அலை நீளத்திற்கும் உள்ள தொடர்பினை $\lambda = \frac{c}{f}$ என்றெழுதலாம். இங்கு λ = அலைநீளம்; c = திசை வேகம்; மற்றும் f அதிர்வெண் ஆகின்றன; அல்லது

$$f = \frac{ck}{2f}$$ என்றுமெழுதலாம்.

இங்கு K = மேற்சுர எண். t = தடிப்பு.

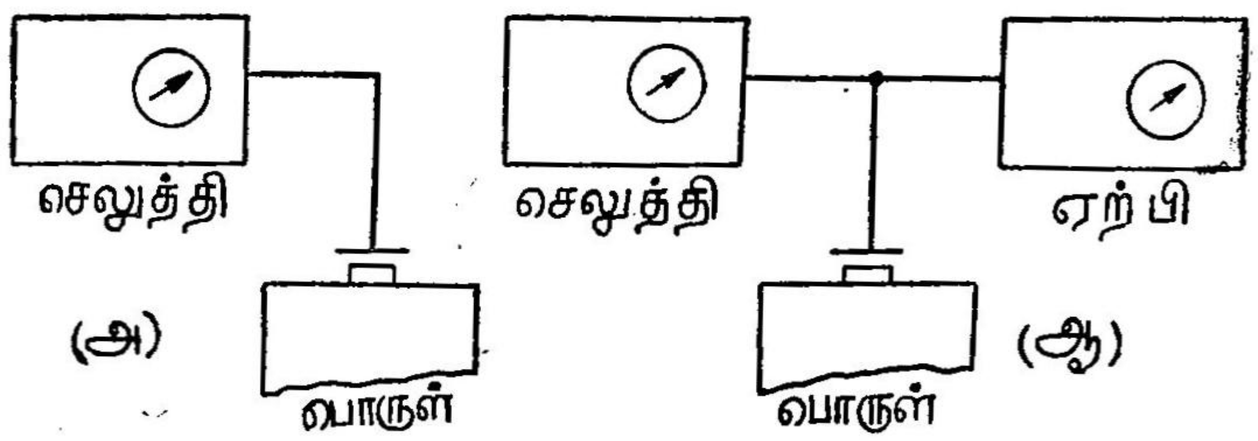
இத் தொடர்பினை அடிப்படையாகக் கொண்டே ஒத்ததிர்வு முறையில் தடிப்பு அளக்கப்படுகின்றது. பெருமமாகப் பிரதிபலிப்பு நிகழும் வரையில் அலை நீளம் சீரமைக்கப்படுகிறது; அப்பொழுது ஒத்ததிர்வு நிகழ்கிறது என்பது தெளிவு. சோதனைக் குட்படும் பொருள் அடிப்படை வகையில் அதிர்ந்தால் ஒரேயொரு பிரதி பலிப்புத்தான் பெருமமாகக் கிடைக்கும்.

பொருளின் தடிப்புத் தெரியாதவரை, பிரதிபலிப்பு நிகழ்வது அடிப்படையிலா மேற்சுரத்திலா என்று பகுத்தறிய வேண்டும். இதற்காக அடுத்தடுத்து இரண்டு அளவீடுகள் பெற வேண்டும். இந்த அளவீடுகள் தடிப்பு t-ல் $\frac{1}{n}$ பங்கு மற்றும் $\frac{1}{n-1}$ பங்கு இருக்கும்; அளவீடுகளை

v_1, v_2 எனக் கொண்டால் $t = \frac{v_1 v_2}{v_1 - v_2}$ எனப் பெறப்படும். பொருளின் தடிப்பு மிக அதிகமாயின், பல மேற் சுரங்கள் தோன்றும். இச் சோதனைகளில் ஒவ்வொரு Nஆவது பெருமப் பிரதிபலிப்பும் (every n^{th} peak in reflection) எண்ணப்பட்டு.

$t = \frac{N v_1 v_2}{v_1 - v_2}$ எனக் கணக்கிடப்படும். ஒத்ததிர்வு முறையில் எப்பொழுதுமே ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட ஒத்ததிர்வுப் புள்ளிகளை அதிர்வெண்ணை மாற்றித் தெரிந்து கொள்வதவசியம். ஒரு குறிப்பிட்ட பொருள் 1, 2, 3 MH_z இன்ன பிற அதிர்வெண்களில் ஒத்ததிருமாறல் அப்பொருளின் அடிப்படை அதிர்வெண் $(3-2)=1$ அல்லது $(2-1)=1$ MH_z ஆகும். எனவே. அடிப்படையான ஒத்ததிர்வை நிர்ணயிக்க இரண்டு மேற் சுரப்புள்ளிகளாவது தெரியவேண்டும். இந்த முறை தொழில் நுணுக்கவியலில் மிகவும் பயன்படுகின்றது.

ஒத்ததிர்வுச் சோதனைக்கான அமைப்புகளைப் படம் 72-ல் காணலாம் படம் 72 (அ)-ல் காணும் அமைப்பு எளிமையானது; எனினும் வசதியானதன்று இது ஊடகத்தில் தோன்றும் ஒத்ததிர்வானது செலுத்தும் கருவியில் தோற்றுவிக்கும் விளைவைப் பயன்படுத்துவது ஆகும். எடுத்துக் காட்டாக; அலையியற்றியில் மின்னோட்டம் குறையும்.



படம் 72. ஒத்ததிர்வுக் கருவிகள்—இருவகை

இந்தக் குறைவைக் கண்டுணர்வது எளிதன்று. எனவே, அமைப்பில் தனித் தனியாக ஒரு செலுத்தியும், ஏற்பியும் இருக்கலாம் படம் 72 (ஆ). ஒத்ததிர்வுச் சோதனைக் கருவிகளில் படிக ஆற்றல் மாற்றிகளே பெரும்பாலும் பயன்படுகின்றன. எனினும், காந்தப் பரிமாண மாற்றவியல் ஆற்றல்மாற்றியையும் பயன்படுத்தலாம்.

மீயொலித் துடிப்புகளைக் கொண்டு பருப்பொருள்களைச் சோதிக்கலாம். இச் செய்முறை நடைமுறையில் மிகச் சிறந்தது.

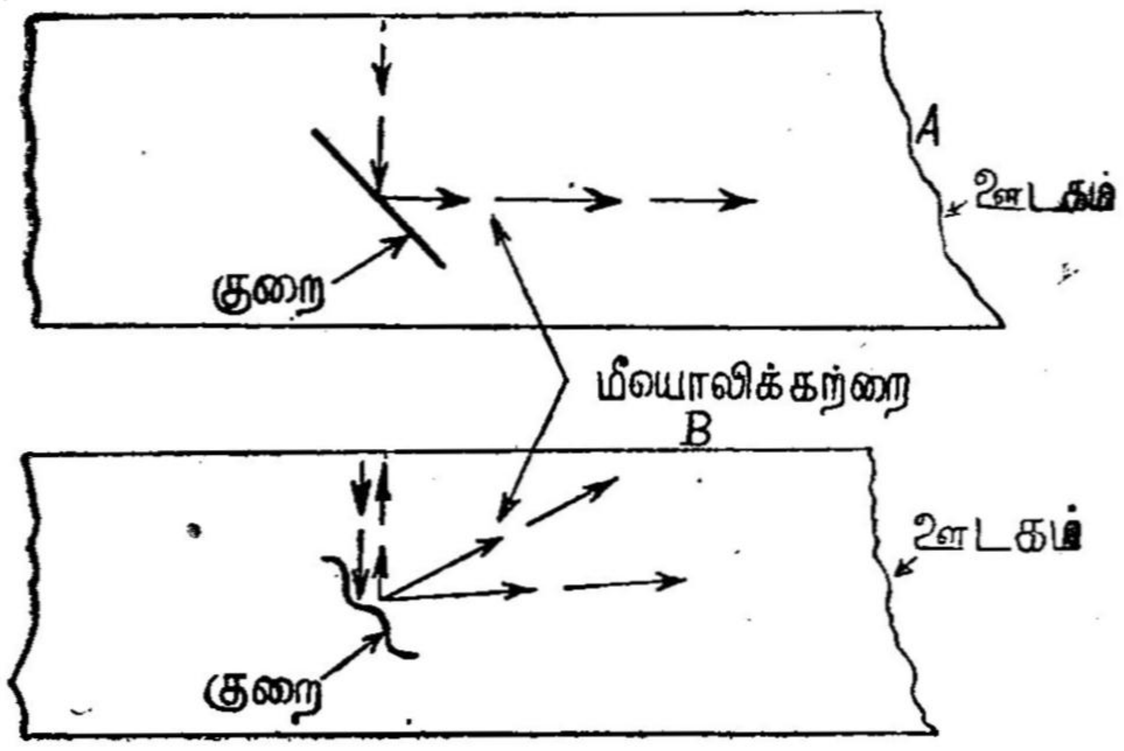
ஊடகத்தினுள் செலுத்தப்படும் மீயொலித் துடிப்பொன்று ஊடுருவி, பிரதிபலிக்கப்பட்டு மீண்டுவரத் தேவையான நேரம் கணக்கிடப்படுகிறது.

ஊடகத்தினுள் ஊடுருவும் தொலைவுக்கேற்ப துடிப்பின் காலம் அமைய வேண்டும். ஓர் அங்குல நீளம் உடைய பொருளைச் சோதிக்க, துடிப்பானது அதனில் ஒரு சிறு பகுதி யாக வேண்டும். மீயொலி அலைகள் எஃகில் ஓர் அங்குலம் செல்ல 8 மைக்ரோ வினாடி தேவை; எனவே, துடிப்பின் காலம் 2 மைக்ரோ வினாடியாகலாம். 20 அடி நீளமுடைய உறுப்பினைச் சோதிக்கும்பொழுது துடிப்பின் காலம் 5 முதல் 10 மைக்ரோ வினாடியாகலாம்; அப்பொழுது ஊடகத்தினுள் அதிக மியொலி ஆற்றலும் புகுத்தப்படும்; எனவே, ஊடுருவும் தொலைவும் அதிகமாகும். 10 மைக்ரோ வினாடிகளுக்கு அதிகமான துடிப்புக் காலம் அதிகமாகப் பயனளிப்பதில்லை.

ஊடுருவும் ஆற்றல் கவனத்திற்குரியது. அதைப் பொறுத்தே மீண்டுவரும் ஆற்றலும் அமையும். ஊடகம் அதிக மாக உட்கவர்வதாயின் செலுத்தப்படும் ஆற்றலும் அதிகமாகத் தேவை. படித்தரமான உறுப்பின் (standardised component) உட்கவர்திறன் தெரிந்திருப்பின், குறையுடைய பகுதிகளை எளிதில் கண்டு கொள்ளலாம்; ஏனெனில், குறை யுடைய பகுதி அதிகமான ஆற்றலை உட்கவரும். பிரதி பலிக்கப்படும் ஆற்றலானது பிரதிபலிக்கும் தளத்தின் தன்மை யையும், பரப்பையும், மற்றும் அலை நீளத்தையும் சார்ந்தது. எனவே, பொருளின் தன்மைக் கேற்பப் பயன்படும் அதிர் வெண்ணைச் சீரமைக்க வேண்டும். எஃகு, அலுமினியம் போன்ற மிகுதியும் ஒருபடித்தான பொருள்களைச் சோதிக்க 5 *MHz* பயன்படுத்தலாம். மிக நுண்ணியமான குறைபாட் டையும் இதனுல் அறியலாம்; அக நுண்ணமைப்பானது (fine grain) அலைகளைப் பாதிக்காது. அக நுண்ணமைப்பு குறைவாயுள்ள (சொரசொரப்பான) பொருள்களைச் சோதிக்க 2·5 *MHz* அதிர்வெண்ணைப் பயன்படுத்தலாம். பித்தளை, வெண் கலம் போன்றவற்றின் அகத்தில் சொரசொரப்பாயிருக்கும்; இதனுல் நுண்ணமைப்பு எல்லைகளில் (grain boundaries) அலை கள் சிதறி, ஊடுருவுவது குறைந்துவிடும். இவற்றிற்கு 1 அல்லது 0·5 *MHz* அதிர்வெண் போதுமானது. அக நுண் ணமைப்புக் குறையக் குறைய அதிர்வெண்ணும் குறைய வேண்டும்.

உலோகத்தாலான பொருள்களில் உள்ள காற்றுக் குமிழி கள்(blow holes), வெடிப்புகள்; விரிசல்கள் போன்ற குறைகளைக் கண்டுபிடிக்க மீயொலித் துடிப்புகள் பயன்படும். அச்சுகள், சுழல் தண்டுகள் (shafts), சுத்தியல் (hammer) உந்து தண்டுகள், சுழலிகள்(rotors)போன்ற வார்ப்பட உறுப்புகளையும் மீயொலித் துடிப்புகளால் சோதிக்கலாம். இவற்றிலுள்ள குறைகளின் வடிவம், பருமன், தன்மை ஆகியன எவ்வாறுயினும் சோதனை யிட்டுக் காணலாம்.

குறைகளின் முகப்புநிலையையும் (orientation) கண்டு கொள்ளலாம். படம் 73-ல் ஒரு விரிசலின் முகப்பு நிலையைச்



படம் 73. குறையின் முகப்பு நிலையினால் தோன்றும் விளைவு

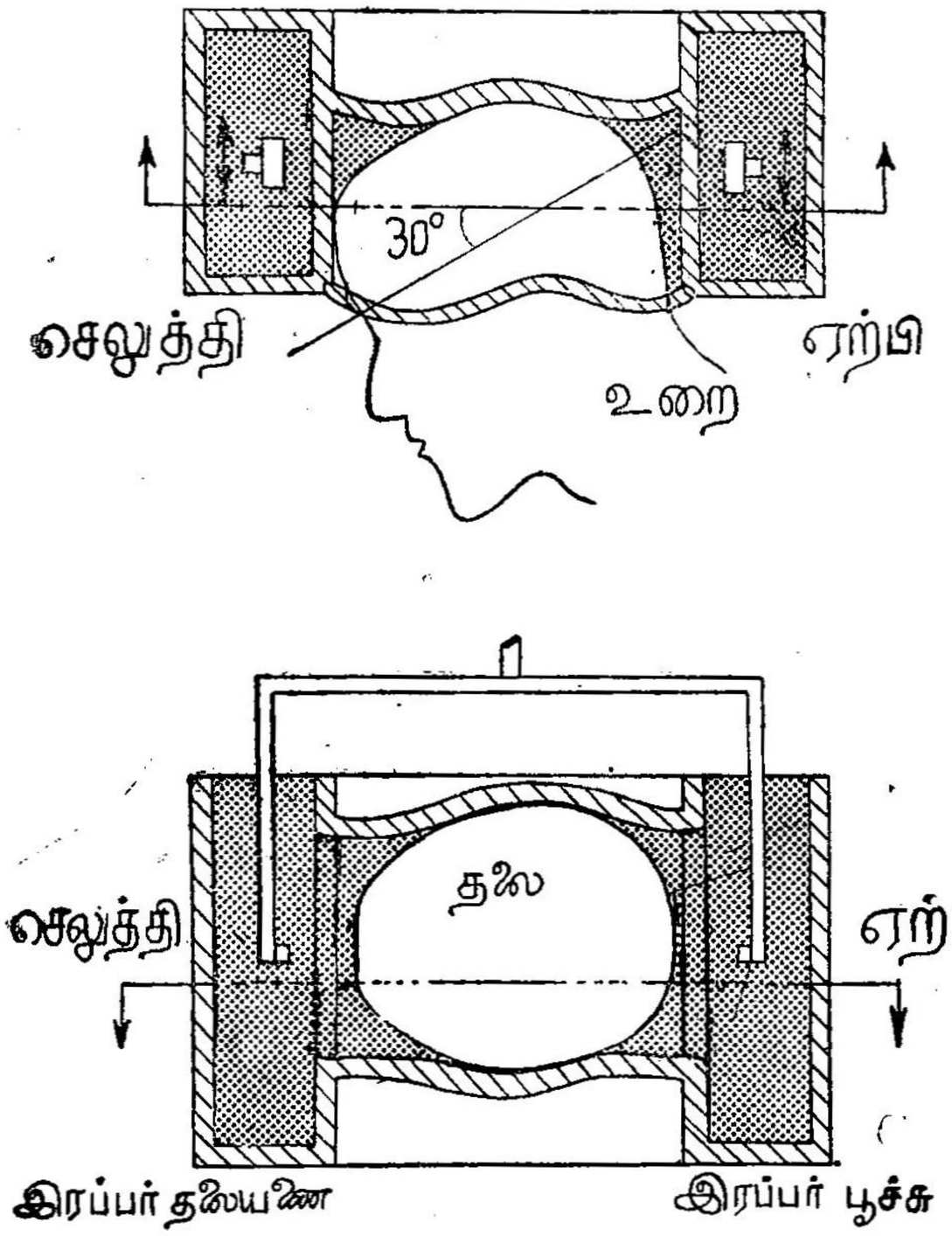
சோதித்தறியும் முறை காணப்படுகிறது. புள்ளிகள் *A* மற்றும் *B*-யில் ஏற்கும் ஆற்றல் மாற்றிவைக்கப்படின் பிரதிபலிக்கப் படும் மீயொலி அலைகள் அதனைச் சேரும்; வேறு புள்ளிகளில் மீயொலி ஏற்பியை அடையாது. மீயொலியின் தொழிலியல் பயன்களில் பற்றுசு வைத்தல் (soldering), ஒட்ட வைத்தல் (welding), துளைத்தல் (drilling), தூய்மையாக்கல் (decontamination) என மேலும் சிலவற்றைக் கூறலாம்.

மருத்துவஞ்சார் பயன்களை (1) நோய் நாடல், (2) நோய் நீக்கல் என இருவகைப்படுத்தலாம்.

6-11. நோய்நாடும் கருவிகள் (Instruments for Diagnosis)

மூளைவழியே மீயொலியைச் செலுத்தி அதனுள் குழிவுகளை ஆராயலாம்; இதனை ஆங்கிலத்தில் (ventriculography) என்பர். ஒலி எதிர்ப்புச் சமனம் செய்ய, மூளைக்கும் கருவிக்கும் தொடர்பு

ஏற்படுத்த நீர் பயன்படுகிறது. இரப்பர் உறையினுள் தலை யைப் பொருத்த, (படம் 74) இரப்பரானது நீர்வழியே மீயொலி ஆற்றலைப் பெற்று மூளைக்குள் செலுத்தும். தலையின்வெவ்வேறு



படம் 74. மீயொலியால் மூளையைச் சோதித்தல்

பகுதிகளில் பிரதிபலிப்பாலும், உட்கவர்தலாலும் மீயொலி ஆற்றல் இழக்கப்படும்; இந்த இழப்பையே கருவி அளக்கிறது. மூளையின் திசுக்களில் (tissues) உட்கவர்தல் அதிகம்; மூளை யிலுள்ள நீர்மங்களில் உட்கவர்தல் குறைவு.

புற்று நோயினைக் கண்டுபிடிக்கவும் மீயொலி அலை பயன் படுகிறது.

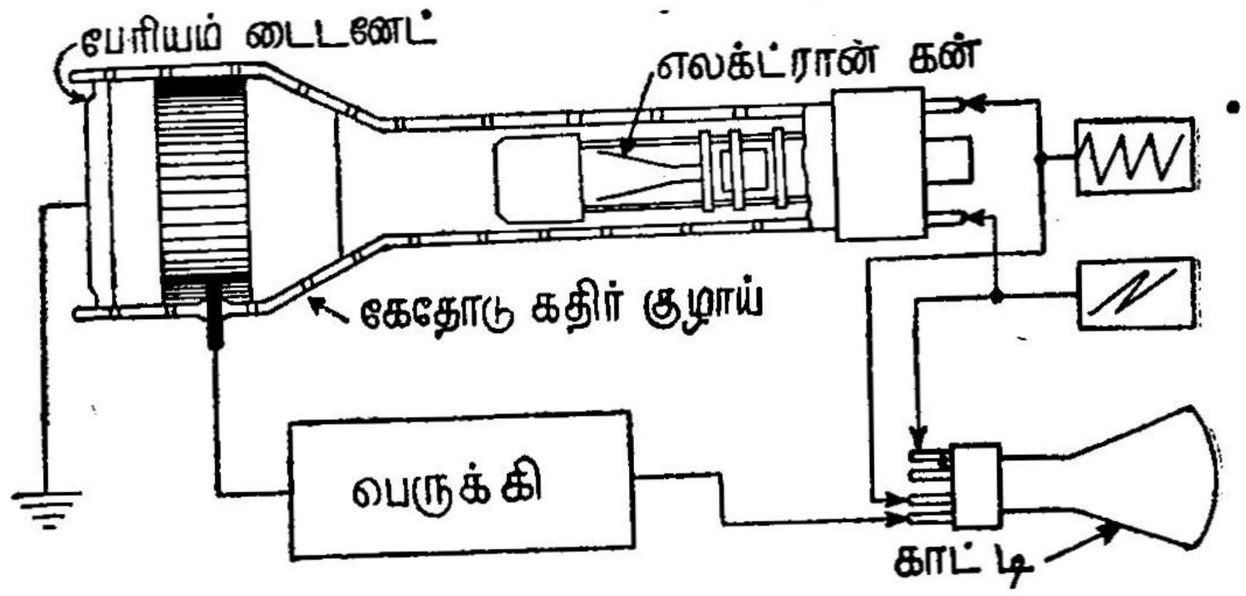
நோய் நீக்கும் கருவிகளில் $3\frac{1}{2}$ வாட்/ச.செ.மீ. திறனில் ஒரு மெகாஹெர்ட்சு அதிர்வெண் பயன்படுகிறது. இதனில் ஆற்றல் மாற்றியாகக் குவார்ட்சு அல்லது பேரியம் டைடனேட் அல்லது வேறு படிகம் பயன்படுகிறது. ஆற்றல் மாற்றியைச் சருமத்துடன் பிணைக்க ஒரு நீர்மம் அல்லது கிரீசு (grease) பயன்படும்.

கருவியிலிருந்து தொடர் அலைகளை அல்லது துடிப்புகளைப் பெறலாம். உடல் பகுதி நீரினுள்ளே வைத்து மருத்துவம் செய்யப்படும். வெப்பம், அழுத்த மாறுபாடு, குழிவாக்கம் மற்றும் கதிர்வீச்சு அழுத்தம் ஆகியவற்றால் உடலில் மாறுபாடுகள் தோன்றுகின்றன. மருத்துவம் செய்கையில், உடற்கூறு மாற்றங்கள் எவ்வாறு தோன்றுகின்றனவென்று இன்னும் புலப்படவில்லை. எனினும், சுரப்பி வீக்கம்(bursitis), கட்டிகள், (abscesses) மற்றும் இடுப்பு வாதம் (lumbago) போன்ற நோய்களுக்கு மீயோலி மருத்துவம் பரிந்துரைக்கப்பட்டுள்ளது.

அறுவை மருத்துவத்திலும் மீயொலி பயன்படுத்தப்படலாம் எனக் கண்டுள்ளனர். குறிப்பிட்ட சில திசுக்களைத் தேர்ந்தெடுத்து அழிக்க அல்லது கத்தரித்து எடுக்க மீயொலி பயன்படும்.

பல் மருத்துவத்திலும் (பற்களை அல்லது எயிறுகளை வலியின்றி வெட்ட) மீயொலி பயன்படுகிறது.

6-12. மீயொலியைப் பயன்படுத்தும் நுண்ணோக்கிகளும், தொலை நோக்கிகளும் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இக் கருவிகளில் முக்கிய அங்கம் ஒரு கேதோடு கதிர்க் குழாய் ஆகும் (படம் 75).



படம் 75.

மீயொலிப் பிம்பம் தோற்றுவிப்பதற்கான கேதோடு கதிர்க் குழாய்

இதனில் பேரியம் டைடனேட் பலகைமீது மின்னூட்டம் பரவலாயுள்ளது; படிகம்மீது மீயொலி விழுந்த கால அளவைப் பொறுத்து அதன்மீதுள்ள மின்னூட்டச் செறிவு அமையும். எலக்ட்ரான் கற்றையால் அந்த மின்னூட்டம் வரிக் கண்ணோட்ட மிடப்படும். வரிக்கண்ணோட்டத்தால் இரண்டாம் நிலை எலக்ட்ரான்கள் தோன்றும். மின்னூட்டச் செறிவுக்கேற்ப எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் அமையும். எனவே, பளு மின்தடையில் மின்னோட்டமும் அதனைச் சார்ந்திருக்கும்.

தொலைக் காட்சி (television) போன்றே பிறசெயல்களும் நிகழ, பிம்பம் தோன்றுகிறது. பிம்பமானது செவ்வையாக இல்லை என்பது ஒரு குறையே.

நுண்ணோக்கியிலும் இதே தத்துவம் பயன்படுகிறது. காணப்பட வேண்டிய பொருள் மீது மீயொலி அலைகள் விழுந்து பிரதிபலிக்கப்பட்டபின் அவை குவார்ட்சு பலகைமீது குவியமாகின்றன. இதனை வரிக்கணினிப்பட்டமிட்டுப் பிம்பம் பெறப்படுகிறது. 1000 *MHZ* மீயொலியால் பெறப்படும் பெருக்கு எண் 10,000 என்றும் ஒளியியல் கருவிகளில் பெறக் கூடிய அளவிற்குப் பகுதிறனும் (resolving power) உயர்வாயுள்ளது என்றும் ஆய்வாளர் கண்டுள்ளனர்.

கம்ப்யூட்டர்களிலும் டெலிவிஷனிலும்கூட மீயொலி பயன்பட வாய்ப்புண்டு என எதிர்பார்க்கப்படுகின்றது.

மேற்கோள் நூற்பட்டியல்

(BIBLIOGRAPHY)

1. Bergmann, L., 'Ultrasonics'.
2. Beranek, L. L., 'Acoustic Measurements'.
3. Cady, W. G., 'Piezoelectricity'.
4. Carlin, B., 'Ultrasonics'.
5. Kinsler and Frey, 'Fundamentals of Acoustics'.
6. Mason, W. P., 'Piezoelectric crystals and their application to Ultrasonics'.
7. Morse, P. M., 'Vibration and Sound'.

கலைச்சொற்கள்

A

Abrasive	—	உராய்பொருள்
Abscesses	—	கட்டிகள்
Absorbing pad	—	உட்கவர் பலகை
Acoustic absorption	—	ஒலி உட்கவர்திறன்
Acoustic impedance	—	ஒலியியல் எதிர்ப்பு
Acoustic impedance matching	—	ஒலி எதிர்ப்புச் சமனம்
Acoustic material	—	ஒலிப் பண்புடைய பரும் பொருள்
Activity	—	செயலாக்கம்
Aerosol	—	ஏரோசால்
Aging	—	காலப்போக்கு மாற்றம்
Agitated	—	கிளர்ச்சியுற்ற
Agitation	—	கலக்கல்
Air gap	—	காற்று இடைவெளி
Alternating pressure	—	மாறு திசை அழுத்தம்
Angular deflection	—	கோண விலகல்
Arc lamp	—	பிறை விளக்கு
Audible sound	—	கேள் ஒலி
Auto collimation	—	தன்னிணையாக்கம்

B

Bake lite	—	பேக்லைட்
Barium titanate	—	பேரியம் டைட்டனேட்
Biological effects	—	உயிரியல் விளைவுகள்
Bleach	—	சலவை
Blood corpuseles	—	குருதிக் கணங்கள்

Blow holes	—	காற்றுக் குமிழிகள்
Bowl	—	கிண்ணம்

C

Castor oil	—	விளக்கெண்ணெய்
Catalin	—	கேடலின்
Cavitation	—	குழிவாக்கம்
Cavity	—	உட்குழிவு
Central image	—	மையப் பிம்பம்
Centre of symmetry	—	சமச்சீர் மையம்
Chemical effects	—	வேதியியல் விளைவுகள்
Cleaning quartz	—	குவார்ட்சினைத் தூய்மை யாக்குதல்
Coagulation	—	இறுகுதல்
Combination	—	கூட்டு
Communication	—	தொடர்பு
Composition	—	கூட்டமைவு
Compound oscillator	—	கூட்டு அலையியற்றி
Concave mirror	—	குழி ஆடி
Condenser	—	மின் தேக்கி, குவிப்பான்
Condenser microphones	—	மின் தேக்கி மைக்ரோ ஃபோன்கள்
Conducting glass	—	மின்கடத்தும் கண்ணாடி
Continuous waves	—	தொடர் அலைகள்
Contour	—	பரிதி வடிவம்
Convergence	—	குவியமாதல்
Couplant	—	பிணைக்கும் பொருள்
Coupling	—	பிணைத்தல்
Crystal	—	படிகம்
Crystal holders	—	படிகப் பற்றிகள்
Crystallography	—	படிகவியல்
Crystal plating	—	படிக முகங்களுக்குப் பூச்சுகள்
Crystal transducer	—	படிக ஆற்றல் மாற்றி
Curie point	—	கியூரி வெப்பநிலை

D

Damping	—	தடையுறுதல்
Decontamination	—	தூய்மையாக்குதல்
Degassing	—	வாயு நீக்கம்
Delay components	—	தாமதக் கூறுகள்
Detectors	—	கண்டுணர்விகள்
Deterioration	—	இயல்பான வீழ்ச்சி
Diagnosis	—	நோய் நாடல்
Diaphragm	—	இயங்கு சவ்வு, இடைத்திரை
Dielectric properties	—	மின் கடத்தாப் பொருட் பண்புகள்
Diffraction of light	—	ஒளி விளிம்பு விளைவு
Direct	—	நேர், நேர்முகமான
Direct pressure	—	நேர்முக அழுத்தம்
Dispersion	—	சிதறல், சிதறுகை
Disruptions	—	முறிவுகள்
Distortion	—	உருக் குலைவு
Distuning	—	இயைவுச் சிதைவு
Drilling	—	துளைத்தல்
Dry plates	—	உலர் தகடுகள்
Duraluminium	—	டியூராலுமினியம்
Dye	—	சாயம்

E

Echo graph	—	எதிரொலி வரைவி
Elastic wave	—	மீட்சியியல் அலை
Electric arc	—	மின்வில் சுடர்
Electrical axes (or piezo axes)	—	மின்னியல் அச்சுகள்
Electrical contact	—	மின் தொடர்பு
Electric displacement	—	மின்னியல் பெயர்ச்சி
Electric impedance	—	மின் எதிர்ப்பு
Electric leads	—	மின் கம்பி
Electro chemical effects	—	மின் வேதியியல் விளைவுகள்
Electrode	—	மின்வாய்

Electro kinetic — மின் இயக்கவியலான
Electro kinetic effect — எலக்ட்ரோ கினெடிக் விளைவு
Emulsification — குழம்பாக்கம்
Epoxy — ஈபாக்சி
Equivalent — இணை மாற்றுன
Excessive vibration — மீயளவான அதிர்வு

F

Facings of crystals — படிக முகப்புகள்
Ferromagnetic material — ஃபெர்ரோ காந்தப் பருப் பொருள்
Filler — திணி பொருள்
Fine structure — நுண்வரி அமைப்பு
Fixed path interferometer — நிலைத்தடக் குறுக்கீட்டு விளைவுமானி
Flash over — பொறிச் சிதறல்
Flaws — குறைகள்
Free charges — தனி மின்னூட்டங்கள்

G

Galton whistle — கால்டன் ஊதல்
Gas current generator — பாய்வாயு அலையியற்றி
Gelatine — ஜெலாடின்
Grain — சிறு துகள்
Grain boundaries — நுண்ணமைப்பு எல்லை

H

Harmonic law — தனிச் சீர்விதி
Harmonics — மேற் சுரங்கள்
High power — உயர்திறன்
Hissing sound — 'உஸ்' ஒலி
Hot-wire instruments — சுடு கம்பிக் கருவிகள்

I

Icebergs — பனிப் பாறைகள்
Indicator — காட்டி

Industrial applications — தொழில்வழிப் பயன்கள்
Insulation — மின்காப்பு
Interference — குறுக்கீட்டு விளைவு
Interferometer — குறுக்கீட்டு விளைவுமானி
Internal resonances — அக இயைவுகள்
Interferometry — குறுக்கீட்டு விளைவு அளவியல்

J

Joule effect — ஜூல் விளைவுகள்

L

Labile compounds — நிலைப்பாடிலா சேர்மங்கள்
Length vibrations — நீள அதிர்வுகள்
Lengthmode vibrations — நீள வகை அதிர்வுகள்
Lenses and reflectors — லென்சுகளும் ஆடிகளும்
Light diffraction in solids — திண்மங்களில் ஒளி விளிம்பு விளைவு
Lithium sulphate — லிதியம் சல்பேட்
Locally generated heat — அகத்தே தோன்றும் வெப்பம்
Logarithmic damping — லாகரிதத் தடையுறுதல்
Logarithmic damping decrements — லாகரிதத் தடைக் கூறுகள்
Longest axis — நீளமான அச்சு
Longitudinal waves — நெட்டலைவுகள்
Longitudinal direct piezoelectric effect — நீளவாகு பீசோ-மின்னியல் நேர்விளைவு
Loops — வளையங்கள்
Low power — குறைந்த திறன்
Lucite — லூசைட்
Lumbago — இடுப்பு வாதம்
Luminescence — சூடிலா ஒளியுமிழ்வு

M

Malignant tissue — நோயை விளைவிக்கும் திசுக்கள்

Magnetostriction effect — காந்தப் பரிமாண மாற்ற விளைவு

Magnetostriction method — காந்தப் பரிமாண மாற்ற வியல் முறை

Magnetostriction microphone— காந்தப் பரிமாண மாற்ற வியல் மைக்ராபோன்

Magnetostriction oscillator — காந்தப் பரிமாண மாற்ற வியல் அலையியற்றி

Magnetic windings — காந்தவியல் சுருள்கள்

Matching of acoustic impedance — ஒலி எதிர்ப்புச் சமனம்

Mechanical action — எந்திரவியல் செயல்பாடு

Mechanical detectors — எந்திரவியல் உணர்விகள்

Mechanical equivalent of heat— வெப்ப-எந்திரவியல் இணை மாற்று

Mechanical generator — எந்திரவியல் அதிர்விகள்

Mechanical motion — எந்திரவியல் இயக்கங்கள்

Metal foils — உலோக மென்தகடுகள்

Micro cavity — நுண்குழிவு

Microphones — மைக்ரா:போன்கள்

Microscope — நுண்ணோக்கி

Mist — படலம்

Modes — அதிர்வு வகைகள்

Modulation — அலைப் பண்பேற்றம்

Molecular chains — மூலக்கூறு சங்கிலிகள்

Monel metal — மோனெல் கலப்பு உலோகம்

Mosaic — மொசைக்

N

Node — கணு

Nuclei — கருக்கள்

O

Operating frequency — செயல்படும் அதிர்வெண்

Optimum — உகந்த

Orientations — முகப்பு நிலைகள்

P

Pattern	—	தோரணி, பாங்கம்
Periodically	—	இடையீட்டொழுங்கு
Phases	—	பிறைகள்
Phosphors	—	பாஸ்ஃபார்கள்
Photo-elasticity	—	ஒளி மீட்சியியல்
Photographic emulsion	—	நிழற்படப் பால்மம்
Physical constants	—	இயற்பியல் மாறிலிகள்
Physical dimensions	—	வடிவப் பரிமாணங்கள்
Physical properties	—	இயற்பியல் பண்புகள்
Piezo electric effect	—	பீசோ மின்னியல் பண்பு
Piezo electric method	—	பீசோ மின்னியல் முறை
Piezo electric modulus	—	பீசோ மின்னியல் குணகம்
Plexi glass	—	ப்ளெக்சி கிளாஸ்
Ply wood	—	ஒட்டுப் பலகை
Polar axes	—	முனைவு அச்சுகள்
Polar coordinates	—	கோண தூரக் கூறுகள்
Polarised	—	ஒருதளப்படுத்தல், முனைவுப் படுத்தப்படல்
Polystyrene	—	பாலிஸ்டரின்
Polymers	—	பல படிகள்
Porous	—	நுண் துளை
Porous coating	—	நுண்துளைப் பூச்சு
Power output	—	திறன் வெளியீடு
Precipitates	—	வீழ்படிவுகள்
Probe	—	சோதனைத் துளைவி
Pulse-time	—	துடிப்பு நேரம்
Pulse-reflection	—	துடிப்புத் தெறித்தல்
Pulsed ultrasonic system	—	மீயொலித் துடிப்பு அமைப்பு

Q

Quartz plates	—	குவார்ட்சு பலகைகள்
Quartz wind	—	குவார்ட்சு காற்று வீச்சு

R

Radial fields	—	ஆரவியல் புலங்கள்
Radial mode vibrations	—	ஆரவியல் வகை அதிர்வுகள்
Radio meter	—	ரேடியோ மீட்டர்
Rarefactions	—	அடர் குறைவுகள்
Rate of change of pressure	—	அழுத்தம் மாறு விகிதம்
Rate of change of temperature	—	வெப்பநிலை மாறும் விகிதம்
Receiver	—	ஏற்பிச் சுற்று
Reflector	—	தெறியாடி; பிரதிபலிப்பான்
Reinforcement	—	வலிமையூட்டம்
Resolving power	—	பகுதிறன்
Resonator circuit	—	தொட்டிச் சுற்று, இயைவுச் சுற்று
Resonance	—	இயைவு
Reversible	—	நேர்-எதிர் பண்பு
Rochelle salt	—	ரோஷெல் உப்பு
Rotors	—	சுழலிகள்
Rubber-washers	—	ரப்பர் வளையங்கள்

S

Scale	—	சீரை, அளவுகோல்
Scanning	—	வரிக் கண்ணோட்டம்
Secondary	—	இரண்டாம் நிலை
Secondary interferance	—	இரண்டாம் நிலைக் குறுக்கீட்டு விளைவு
Shadowgraph	—	நிழல் வரைவி
Shafts	—	சுழல் தண்டுகள்
Shear waves	—	சறுக்கு அலைவுகள்
Shoals of fish	—	மீன் கும்புகள்
Short intervals	—	குறுகிய இடைக்காலம்
Sign	—	குறி
Signalling systems	—	சைகை அமைப்புகள்
Single wave quartz	—	ஓரலைக் குவார்ட்சு

Silver plating	—	வெள்ளிப் பூச்சு, வெள்ளி முலாம்
Silver paints	—	வெள்ளிச் சாயங்கள்
Slit	—	பிளவு
Soldering	—	பற்ருசு வைத்தல்
Spark discharge	—	பொறி மின்னிறக்கம்
Specific acoustic impedances	—	ஒலி எதிர்ப்பு எண்கள்
Spectacular	—	பகட்டான
Stacked crystal	—	படிக அடுக்குகள்
Standardisation of frequency	—	அதிர்வெண் படித்தரம்
Starch plate	—	ஸ்டார்ச் தகடு
Stiffness	—	விறைப்பு
Stray	—	புறமான
Stress	—	தகைவு
Striation method	—	வரிப் பள்ள முறை
Stroboscope	—	ஸ்ட்ரோபோஸ்கோப்
Submarine	—	நீர்மூழ்கி

T

Tangential surface	—	தொடு தளம்
Television	—	தொலைக்காட்சி, டெலிவிஷன்
Temperature characteristics	—	வெப்பநிலைப் பண்பியல்புகள்
Temperature coefficients	—	வெப்பநிலைக் குணகங்கள்
Testing of materials	—	பருப்பொருள் சோதனை
Thermal capacity	—	வெப்ப ஏற்புத்திறன்
Thermo-couple probe	—	வெப்ப மின் இரட்டை சோதனைத் துலாவி
Thickness mode vibrations	—	தடிப்பு வகை அதிர்வுகள்
Thickness vibrations	—	தடிப்பு அதிர்வுகள்
Threefold	—	முக்கூறு
Time constant	—	நேர மாறிலி
Time of free vibrations	—	தனியாக அதிர்வுறும் நேரம்
Tissues	—	திசுக்கள்
Torsion head	—	முறுக்கு முகடு
Toroid	—	சுருள்
Transducer	—	ஆற்றல் மாற்றி
Transformer oil	—	மின்மாற்றி எண்ணெய்
Transverse direct piezo electric effect	—	குறுக்குப் பீசோ-மின்னியல் நேர்விளைவு

Travelling ultrasonic waves	—	இயங்கும் மீயொலி அலைகள்
Turning point	—	திருப்பப் புள்ளி
Two-fold	—	இரு கூறு

U

Ultrasonic absorber	—	மீயொலி கவர்பொருள்
Ultrasonic bleach	—	மீயொலிச் சலவை
Ultrasonic cell	—	மீயொலிக் கலம்; மீயொலிச் சிமிழ்
Ultrasonic insulator	—	மீயொலிக் காப்புப் பொருள்
Ultrasonic stationary waves	—	மீயொலி நிலை அலைகள்
Ultrasonic power out put	—	மீயொலித் திறன் வெளியீடு

V

Vacuum coating	—	வெற்றிடப் பூச்சு
Vario-holder	—	சீரமைக்கும் பற்றி, மாற்றியமைக்கும் பற்றி
Varnish	—	வார்னிஷ்
Vibrating piezo crystal	—	அதிரும் பீசோ படிகம்
Vibration coefficients	—	அதிர்வுக் குணகங்கள்

W

Watt	—	வாட்டு
Welding	—	ஒட்டவைத்தல்
Wet plates	—	ஈரத் தகடுகள்
Wheat stone	—	வீட்ஸ்டோன்
Wide frequency range	—	நீளமான அதிர்வெண் நெடுக்கம்
Window	—	பலகணி

X

X-cut crystal	—	X-வெட்டுப் படிகம்
X-cut Rochelle salt	—	X-வெட்டு ரோஷெல் படிகம்
Xylene	—	சைலீன்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

சென்னை–600031

*

தமிழில் பயில்பவர்க்குக் கல்லூரிப் பாடநூல்கள்

(Tamil Medium Books for Colleges)

இதுவரை 606 நூல்கள் வெளியிடப்பட்டுள்ளன

——

மேலும், விரைவில் வெளிவருபவை

பொறியியல்	—	43 நூல்கள்
சட்டம்	—	19 ,,
மருத்துவம்	—	9 ,,
இயற்பியல்	—	27 ,,
வேதியியல்	—	21 ,,
தாவரவியல்	—	17 ,,
விலங்கியல்	—	7 ,,
கணிதம்	—	19 ,,
வணிகவியல்	—	30 ,,
பொருளாதாரம்	—	21 ,,
புவியியல்	—	12 ,,
வரலாறு	—	36 ,,
மனையியல்	—	2 ,,
தத்துவம்	—	5 ,,
உளவியல்	—	4 ,,
புள்ளியியல்	—	2 ,,
கல்வி	—	3 ,,
நிலப்பொதியியல்	—	3 ,,
அரசியல்	—	25 ,,

கிடைக்குமிடம் :

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனக் கிடங்கு

(கல்லூரிக் கல்வி இயக்குநர் அலுவலகச் சுற்றுக்குள்)

கல்லூரிச் சாலை, நுங்கம்பாக்கம்,

சென்னை-600006.

கல்லூரிப் பாடநூல்களுக்கு 20% கழிவு வழங்கப்படும்.