

Illyés Gyula Naplójegyzetekben megjelent visszaemlékezése szerint: „És hogy mi a sugárzás, erről félelmesen szép példázatot hallottam Zsebők Zoltán barátomtól, a röntgen-professzortól. Párisban járva két ízben is felkereste a Sceaux-i temetőben a Curie-házaspár sírját. Már évtizedek óta fekszenek a nedves földben, sejtjeiket régen elbomlasztotta a halál. De a sok évtizedes munka közben a rádiumsugárzás végleg beépült csontjaikba, ma is ott van, és jelzi sírhelyüket. Ha senki nem lenne a temetőben, hogy megmutassa, merre van a sír: egy egyszerű Geiger-Müller-számláló élenkülő lüktetése odavezetné a látogatót. Az ionizáló sugárzás törvényei szerint 1580 esztendőnek kell eltelnie ahhoz, hogy a Curie-házaspár sírjából érkező jelek erőssége felére csökkenjen.” A XIX. század végén, XX. sz. elején számos tudós vált áldozatává annak, hogy a radioaktivitás jelenségének tisztázásával annak törvényeit az emberiség javára fordította.

Marie Curie 1903-ban a Nobel-díj mellett férjével megkapta a Davy-érmet, valamint 1904-ben a Mateucci-érmet is, kitüntették a francia Becsületrenddel. Marie Curie egyike azoknak a tudósoknak, akik kétszer is megkapták a Nobel-díjat két különböző szakterületen (Linus Pauling kémikus kémia- és békedíjat). Szülőföldjén nagy tiszteletnek örvendett: több lengyel egyetemről díszdoktori címet kapott, 1936-ban állószobrot emeltek a varsói Curie Intézet elé tiszteletére, 1967-ben múzeumot rendeztek be szülővárosában, nagy értékű bankjegyet nyomtattak arcképével. A radioaktivitás egységét (Curie), a 96-os rendszámú elemet (kúrrium) és három ásványt (curite, sklodowskite, és cuprosklodowskite) nevezték el Pierre és Marie Curie tiszteletére.

#### Forrásanyag és ajánlott irodalom

- [1] Vértes A.: Marie Curie és a Kémia éve, Magyar Tudomány, 2010,02.
- [2] Kovács Enikő: Marie Curie, a kétszeres Nobel-díjas tudósasszony, FIRKA,12.évf. 3.sz.
- [3] Radnóti Katalin, Fizikai Szemle 2008/4, Kémia Tanítása 2008/5
- [4] Horia Stanca: Stefania Maracineanu

Máthé Enikő

## Ultrahang

IV. rész

### 9. Az ultrahangok passzív alkalmazásai

Passzív alkalmazásról beszélünk, ha az ultrahang intenzitása a kavitációs küszöb alatt marad, tehát a vizsgált közegben nem idéz elő anyagszerkezeti változásokat. Ez az alkalmazási mód információszerzésre szolgál. A kívánt információt a terjedési paraméterekből (fázissebesség, hullámhossz, abszorpció) szűrik ki, vagy képalkotás során jutnak hozzá.

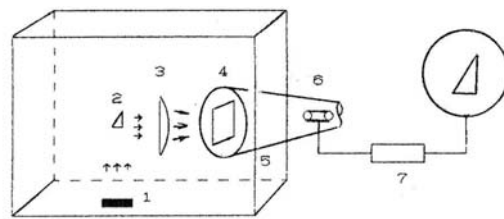
A passzív alkalmazásoknál gyakorlatilag azt használjuk fel, hogy két különböző akusztikai impedanciájú közeg határfelületén a visszaverődési, és az áteresztési együttható értéke a (7), (8) összefüggésekkel adott.

*Ultrahangos defektoszkópia.* Ultrahangos besugárással tanulmányozhatók a szilárd halmazállapotú anyagban létező repedések, törések, üregek, hibák. Ez a kutatási mód-

szer akkor a leghatásosabb, amikor a hiba mérete azonos nagyságrendű, vagy nagyobb, mint az ultrahang hullámhossza (l. 5. bekezdés, a hullámok elhajlása). A hibakeresés a vizsgált anyag átvilágításával vagy a visszavert hang elemzésével történik.

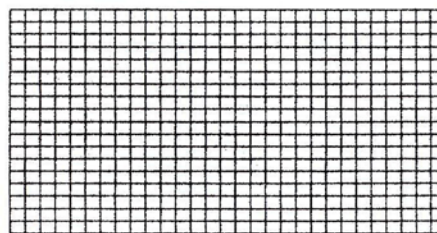
A defektoszkóp egy ultrahangforrásból (általában piezoelektromos generátor), egy érzelő és egy jelfeldolgozó rendszerből áll. A hiba észlelése többféleképpen valósítható meg. Például a hiba optikai leképzésével, az ultrahang direkt észlelésével, a visszavert ultrahangimpulzusok tanulmányozásával. Legelőnyösebb az ultrahangtér optikai leképzése, a hiba a visszaverődés és áteresztés következtében maga is hangforrás lesz. Az ilyen berendezést *ultrahang mikroszkópnak* nevezik. Elvi vázlatát a 9. ábra szemlélteti. Nagy előnye, hogy nem csak a hiba alakja látható, hanem a nagyított képe is előállítható.

Az 1. ultrahang generátorból kiinduló sugár a 2. vizsgált tárgyról visszaverődve a 3. hanglencsére esnek, amely a tárgyat leképezi a 4. mozaiklemezre. Ez utóbbi a 10. ábrán vázolt azonos méretű, egymástól elszigetelt kvarc-egykristály lemezekből készül.



9. ábra

A mozaiklemezre eső ultrahangsugár deformálja a kristályt, a direkt piezoelektromos hatás következtében a lap felszínén töltések jelennek meg. A lapokon megjelenő töltésmennyiség arányos a lapra eső ultrahangsugár intenzitásával. Ily módon a mozaik rendszeren megjelenik a tárgy latens képe elektromos töltések formájában.

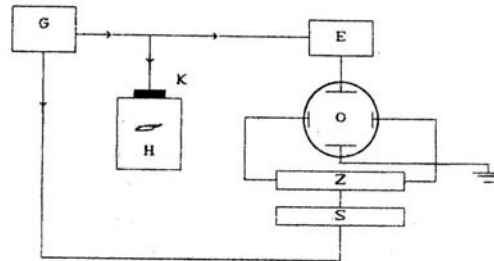


10. ábra

A latens kép láthatóvá tehető, ha a 4. mozaiklapot az 5. katódcső képernyőjére erősítik. A katódcső elektronsugara, akár csak a televíziós cső esetében, végigpásztázza a mozaiklemez hátsó lapját. Az egy lapra eső elektronsugár a lap töltésével arányos számú töltést szakít le, ezeket a csőben levő 6. elektród összegyűjti. Az ultrahang intenzitásával arányos áramot a 7. erősítő felerősíti, ezt a jelet a 8. katódsugárcső rácsára kapcsolják. A katódsugárcső elektronsugara az 5-kel szinkronizálva pásztáz, és a képernyőn megjeleníti a tárgy képét.

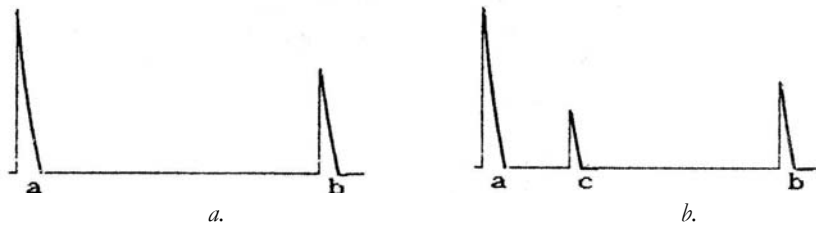
A defektoszkópiában használatos másik módszer a direkt ultrahangos átvilágítás. A vizsgálandó test egyik felületére az ultrahangforrást csatolják, míg az átellenes felületére az érzelőt. Ha a hullámok terjedésének irányában hiba, üreg, repedés van, mivel ennek akusztikai impedanciája különbözik az anyagétól, a beeső hullám fluxusának egy része visszaverődik, tehát az érzékelőre kisebb intenzitású jel jut. Ez a módszer megköveteli, hogy a darab felülete minél simább legyen. A vizsgált darab felületét bekenik olajjal, az impedancia illesztés érdekében. Ha a próba felülete szabálytalan, az egész berendezést, a próbával együtt impedancia-illesztő folyadékba helyezik.

Anyagvizsgálatra széles körben alkalmazzák az impulzusütemben dolgozó visszhangmódszert, ebben az esetben a hullámforrás és az észlelő azonos. Elvi vázlatát a 11. ábra szemlélteti.



11. ábra

A magas frekvenciás  $G$  generátor rövid idejű, nagyfrekvenciás impulzust kelt, és ezt a  $K$  piezoelektromos adónak, valamint az  $E$  erősítőn keresztül az  $O$  katódoszilloszkóp függőleges eltérítő lemezének közvetíti. Az impulzusokat az elektronikus generátor olyan időközönként bocsájta ki, hogy a szünet nagyobb legyen, mint az ultrahanghullám terjedési és visszaverődési ideje. A generátor által adott impulzus triggereli az oszcilloszkóp  $Z$  időalap-generátorát. Abban az esetben, ha a próba hibamentes, a képernyőn a gerjesztő impulzusnak megfelelő  $a$ , valamint a véglapról visszavert impulzusnak megfelelő  $b$  jel jelenik meg (12.a.ábra).



12. ábra

Ha a próba tartalmazza a  $H$  hibát, ennek felületéről a megváltozott akusztikai impedancia miatt az impulzus egy része visszaverődik, ez gerjeszti a kvarckristályt. Az ennek megfelelő jel a képernyőn a  $c$  jelet hozza létre (12.b.ábra). A darab méretével arányos  $ab$  távolságot összehasonlítva az  $ac$ -vel, a hiba lokalizálható.

*Ultrahangradar* (szonolokáció). Ezt az alkalmazást a fizikusok előtt, a természet a maga módján már megoldotta, bizonyos emlősök (bálna, delfin, denevér) esetében. Az ember általi alkalmazást a ködös időben való, illetve éjszakai hajózás, a tengeralattjárók, halrajok, felszín alatt úszó jéghegyek felderítése tette szükségessé.

Kezdetben hallható hangok alkalmazásával próbálkoztak, ez nem vezetett kielégítő eredményre, ugyanis a nagy hullámhossz miatt a hanghullámok irányíthatósága kicsi és szóródásuk nagy, továbbá a vevőt zavarja a motorok és a hullámok hangja. A frekvencia növelésével ezek a hiányosságok fokozatosan kiküszöbölhetők, de a frekvencia növe-

lésnek is van gyakorlati határa. A frekvencia növelésével az abszorpció rohamosan növekszik. Az irányíthatóság és az abszorpciót is figyelembe véve, 40kHz-re kapták a legjobb megoldást.

A szonolokáció a különböző impedanciájú közegek határfelületén fellépő visszaverődésen alapul. A legegyszerűbb mérőberendezés egy hullámforrásból, erősítővel ellátott érzelőlőből, valamint olyan mérőrendszerből áll, amely értékeli a kibocsátott és a visszavert jel érkezése közötti időt. Ismerve a hang sebességét a tengervízben, nagy pontossággal meghatározható az adó és a visszaverő felület közötti távolság. Ezt az elvet használják fel tengermélység mérésére (szonár), jéghegyek helyzetének meghatározására, halrajok, tengeralattjárók felderítésére. Ez az ultrahangradar működésének az elve, amely olyan jelforrással kell rendelkezzen, amely minden irányban sugároz, ezért gyűrű alakú magnetosztrikciós generátort alkalmaznak.

Az ultrahangot felhasználják tengeralattjárók, valamint hajók közötti hírközlésre. A hírközlés leghatásosabb hordozófrekvenciája 42kHz-hez közeli érték, ezért csökkentett sávzélességű beszéd-modulációt alkalmaznak (200-tól 3000Hz-ig). Az adó, az információ tartalmának megfelelő, állandó vivőfrekvenciájú amplitúdómodulált jelet sugároz. A jelet egy felvevő észleli, ez lehet a vivőfrekvenciának megfelelő méretű kvarckristály, vagy megfelelően kiképezett mikrofon. A felfogott jelet alkalmas elektronikával demodulálják, és visszaalakítják beszédhanggá.

Az ultrahangadó vivőfrekvenciája nem szabályozható, értékét az adófej méretei határozzák meg, ez érvényes az érzelőre is. Ez a hírközlés titkos voltát biztosítja.

*Az ultrahangok orvosi alkalmazásai.* Az ultrahangot széles körben alkalmazzák az orvosi gyakorlatban.

Első alkalmazását a reumatikus jellegű betegségek gyógyítása, valamint a gerinctáji fájdalmak enyhítése terén nyerte. Az ultrahangsugárzó fejet vazelinnel vagy olajjal bekenve (impedancia illesztés) testrésze helyezik, és ezt kellő ideig besugározzák. Az ultrahang gyógyító hatása egyértelműen bizonyított, de nem tisztázott, hogy az ultrahang melyik hatása érvényesül. Feltételezhető, hogy az ultrahang abszorpciója következtében lokális felmelegedés jön létre. Továbbá, hogy a rezgési állapot, amelyet az ultrahang kelt az élő szövetben, meggyorsítja az élettani folyamatokat, a sejtfalon keresztüli anyagcserét.

Jelentős eredmények születtek az ultrahang diagnosztikai alkalmazásában. Ez elsősorban annak köszönhető, hogy a passzív ultrahang kevésbé roncsolja az élőszervezetet, mint a röntgensugár. Diagnosztikai célra az *echográfot* használják. Ez az eszköz lehetővé teszi, hogy az élőszervezet láthatóvá téve, hosszasan megfigyeljék. Működési elve hasonló az ultrahang-mikroszkópéhoz. Egy piezoelektromos, vagy magnetosztrikciós generátor állandó frekvenciájú és intenzitású ultrahangot kelt, amelyet az adófejben levő akusztikai lencserendszer párhuzamos nyalábbá alakít. Az élő szervezet különböző részei eltérő akusztikai impedanciával rendelkeznek, ezért különböző módon vezetik át, vagy verik vissza a beeső sugárzást. Az adófejben található mozaikrendszer a visszavert jel alapján képet alkot. Annak érdekében, hogy a különböző mélységben levő szervek külön-külön láthatók legyenek, az akusztikai optika segítségével különböző mélységből érkező jeleket lehet a mozaikra fókuszálni.

Az ultrahangok alkalmazásai nem merítik ki a felsoroltakat, ezek csak szemléltető példák.

Néda Árpád