

A mikrohullámú sütő

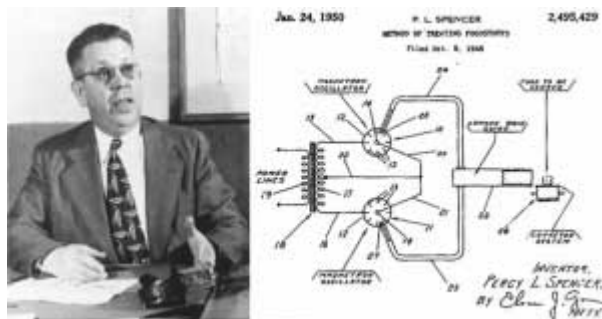
Radar a konyhában



A mikrohullámú sütő megalkotása – sok más nagy találmányhoz hasonlóan – a véletlennek köszönhető. Egy amerikai mérnök, *Percy LeBaron Spencer* (1. ábra) egy radaralkatrész

melegítőterében 2,45 GHz frekvenciájú elektromágneses hullám hatására jön létre a melegedés. Melegedni azonban csak azok az anyagok fognak, amelyek molekulái polárosak, és egymással kapcsolatban vannak. A hullám hatására rezgésbe jött molekulák, ha magukban állnak – például a vízgőz esetében – a mikrohullámot csak ideiglenesen nyelik el, majd újra kibocsátják

víti és elégeti a fémeket. Nagyobb méretű fémek meglepő módon csak nagyon kis mértékben melegszenek fel. Ekkora szaporaságú elektromágneses hullám csak a felületen képes áramokat indukálni (skin-effektus), mélyebb rétegekben nem keletkezik hő. A hullámhossz méretét meghaladó tárgyak (pl. egy lábos) a mikrohullámokat visszaverik, bennük az étel nem melegszik, az állóhullámokat elhangolthatják. Ennek eredményeként túlhevülhet és tönkremehet a magnetroncső.



1. ábra. Percy L. Spencer egy magnetroncsővel, jobbra a mikrohullámú sütő 1950-es szabadalmi bejelentése

kifejlesztésén dolgozott 1946-ban (a radar hullámai is a mikrohullámú tartományba esnek). Az egyik nap egy szelet csokoládét vitt magával a laboratóriumba, amit letett az asztalra az egyik mikrohullámokat kibocsátó készülék mellé. A csoki helyén hamarosan csak az olvadt massa folydogált... Hazánkban a mikrohullámú sütő az 1980-as évek első felében jelent meg a kereskedelmi forgalomban. Mára mintegy másfélmillió készülék került a háztartásokba. Megkönnyíti életünket, azonban sajnos sokan helytelenül használják, sokan pedig félnek tőle. Ennek oka elsősorban a fizikatudás hiányában keresendő.

Hogyan melegít...

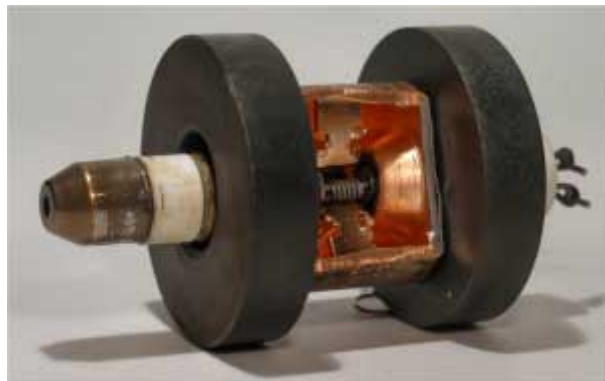
A mikrohullámok, amelyek láthatatlanul melegítik fel ételünket, ugyanolyan „közönséges” elektromágneses hullámok, mint a látható fény, vagy a láthatatlan rádióhullámok, a különbség a hullámhosszban rejlik. A bekapcsolás után, a

anélkül, hogy a vízmolekulák tartós változáson mennének át. Víz esetében az egymással szoros kapcsolatban lévő molekulák egymással ütközve energiát adnak át egymásnak, átlagos kinetikus energiájuk növekszik, megmelegszik a víz. Jég esetében a molekulán keresztül az egész kristályt hozzuk rezgésbe, és ennek a rezgésnek a csillapodása révén növekszik a belső energia, ez sokkal rosszabb határfokkal megy végbe, mint a víz melegítése, ezért – és hogy egyenletesen olvadjon ki az étel – a készülék elosztásakor szakaszosan működik. Külön említést érdemel a fémek viselkedése a mikrohullámú sütőben. Egészen kis keresztmetszetű fémekben (pl. fémmel festett tányérok, alumíniumfólia) a nagyfrekvenciás tér hatására áram indukálódik, amely felhe-

Hogyan állít elő mikrohullámot...

Az elektromágneses rezgés keltésére magnetroncsövet használnak, amely egy speciális kialakítású vákuumdióda (2. ábra). Két végén állandó mágnesek találhatók. A vákuumcső tengelyében egy izzítható katód felületéből lépnek ki az elektronok. A katód és az anód közötti, jellemzően 4 kV-os feszültség hatására az elektronok sugárirányban indulnak el. A katódból kilépő elektronokat mágneses tér segítségével spirális pályára kényszerítik. A spirális pályán

2. ábra. A mikrohullámot előállító vákuumdióda, a magnetroncső



mozgó elektron gyorsulva mozog, és így elektromágneses hullámokat gerjeszt. Ezek felerősítésére az anód körül fémből készített üregek vannak kialakítva.

Biztonsági kérdések

A mikrohullámú készülékek szerkezeti felépítésének igen szigorú biztonsági előírásai vannak, mivel a nagy intenzitású mikrohullámú sugárzó energia az emberi szervezetre veszélyes. Az előírások kivétel nélkül azt célozzák, hogy a sugárzó energia semmilyen körülmények között se juthasson ki a készülékből. Az üzembe helyezett készülékektől mért 50 mm-es körzetében nem lehet több a sugárzás intenzitása, mint 5 mW/cm^2 . Csukott ajtó esetében az ajtónyílás keretében egy $\lambda/4$ méretű (λ a hullámhossz), ferrittömítéssel kombinált hullámcsapda, míg nyitott ajtó esetében egy kettős biztonságú reteszelőkapcsoló akadályozza meg a sugárzó energia kilépését.

Hogyan használjuk...

Hagyományos módon az ételeinket úgy melegítjük, hogy az edénnyel, annak is az aljával közöljük a hőt. Ha folyadék halmazállapotú az étel, akkor a hőmérséklet-különbségek hatására áramlások jönnek létre benne, és könnyedén forrásba jöhet. A mikrohullámú sütőben a meleg az ételben keletkezik, ennek eredményeként az előbb említett áramlások nem jönnek létre, így előfordulhat, hogy a víz túlhevül. A túlhevült víz a legkisebb behatás, rázás, vagy például a teafilterrel történő érintkezés hatására heves forrásba jöhet és égési sérülést okozhat. Ennek elkerülésére egy kanalat érdemes a vízbe tenni, amelynek felületén könnyedén megindul a víz forrása. A mikrohullámú készülék nem képes tészták, húсок *sütésére*, sem az ételeken felületi rétegek kialakítására (pl. kenyér héja). Ezek elkészítése kombinált készülékkel lehetsé-

ges. A legtöbb mikrohullámú sütőben forgó tányért találunk. Ugyanis a melegítőterben állóhullámok alakulnak ki, melyek hullámhossza körülbelül 12 cm, vagyis 6 cm-enként találunk egy csomópontot. A duzzadóhelyeken nagyon, csomópontokon pedig egyáltalán nem melegszik az étel. A forgatás hatására az étel minden pontja eljut a duzzadóhelyre, és így lesz egyenletesen meleg. Sokan talán az esztétikai érzékükre hallgatva a forgó tányér közepére helyezik a melegítendő ételt. Ha a sütőben itt duzzadóhely van, akkor az ételben koncentrikus körök mentén eltérő hőmérsékletet hozunk létre. Léteznek olyan sütők is, amelyekben nincs forgótányér, mégis egyenletesen melegítenek. Ezekben a sütőkben a mikrohullám útjába egy forgó fémpropeller lapátjait helyezik el. Így pillanatról pillanatra más és más elrendezésű hullámképet állíthatunk elő. Ilyenkor hasonlóan szóródik a mikrohullám, mint amikor egy forgó ventilátor lapátja in vízszaggárral locsolunk keresztül.

tések vannak, a láncmolekula végig semleges. A glicerinen viszont a kötések polárosak ($\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$), a molekulában az O negatív, a H és C pozitív töltésű. Az állóhullámok bemutatására végezzünk el egy egyszerű kísérletet! Helyezzünk egy kartonlapot a sütőbe, amelynek méretei éppen megegyeznek a melegítőter méreteivel, és szórjunk meg egyenletesen reszelt sajttal! Majd körülbelül harminc másodpercig kapcsoljuk be a sütőt. A kartonlapot kivéve láthatóvá válik mikrosütőnk állóhullámképe (3. ábra); a duzzadóhelyeken megolvad a sajt, míg a csomópontokon hideg marad.

Härtlein Károly
BME, Fizikai Intézet

Kísérletek

Két üveg pohárba töltünk paraffint és glicerint. Mindkettőt helyezzük be a mikrohullámú melegítőbe, és melegítsük körülbelül fél perccig! Amikor kivesszük a két poharat, azt tapasztaljuk, hogy a paraffinolaj hideg maradt, a glicerint felforrósított. Az egyformának kinéző – hasonló sűrűségű és viszkozitású, átlátszó – folyadék eltérő viselkedésének magyarázata azok molekulaszervezetében keresendő. A paraffinolajban ($\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{CH}_3$) apoláros kö-



3. ábra. Mikrohullámú sütő állóhullámképe, a duzzadóhelyeken megolvad a sajt. További képek láthatók a <http://jedlik.phy.bme.hu/~hartlein/mikro> webhelyen.

tekek vannak, a láncmolekula végig semleges. A glicerinen viszont a kötések polárosak ($\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$), a molekulában az O negatív, a H és C pozitív töltésű.

Az állóhullámok bemutatására végezzünk el egy egyszerű kísérletet! Helyezzünk egy kartonlapot a sütőbe, amelynek méretei éppen megegyeznek a melegítőter méreteivel, és szórjunk meg egyenletesen reszelt sajttal! Majd körülbelül harminc másodpercig kapcsoljuk be a sütőt. A kartonlapot kivéve láthatóvá válik mikrosütőnk állóhullámképe (3. ábra); a duzzadóhelyeken megolvad a sajt, míg a csomópontokon hideg marad.

Kapcsolódó internet-oldalak

<http://www.cco.caltech.edu/~phys1/java/phys1/MovingCharge/MovingCharge.html>
<http://www.colorado.edu/physics/2000/applets/h2o.html>
<http://www.colorado.edu/physics/2000/applets/oven.html>
<http://www.colorado.edu/physics/2000/applets/h2ob.html>
<http://amasci.com/weird/microexp.html>
<http://apache.airnet.com.au/~fastinfo/microwave/index.html>
<http://apache.airnet.com.au/~fastinfo/microwave/videos/watervideos.html>
<http://www.phys.unsw.edu.au/~jw/superheating.html>
<http://musicclub.web.cern.ch/MusiClub/bands/cernettes/songs/microwave.html>