

Mikrohullámú sütő

„Dinoszaurusz” a mikrohullámú sütőben

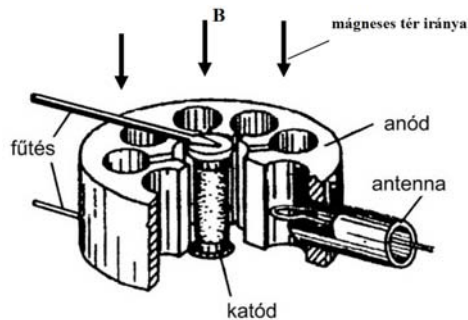
A 20. század közepén a modern konyhákban megjelentek az ételek melegítésére szolgáló mikrohullámú sütők. A sütők előállításához szükséges technikai feltételek, sokkal hamarabb adottak voltak, de a közbejött háborús események háttérbe szorították a mikrohullámú berendezések polgári célokra történő kifejlesztését. A 30-as évektől kezdődően a mikrohullámú rendszerekkel való kísérletezések nagyrészt titkosítottak voltak, és a katonai célokat szolgáló radar készülékek előállítására irányultak. A mikrohullámú sütőben rövid hullámhosszú, cm-es hullámok elektromágneses energiája alakul át hővé. A rendszer energiaforrása, amely a nagyfrekvenciás elektromágneses rezgéseket előállítja, lényegében egy sajátos felépítésű, izzószálas dióda, amelyet *magnetronnak* neveztek el.

A magnetron

A magnetron első változatát még 1924-ben fejlesztette ki August Zacek. Az első típusa egy zárt anódú, üregrezonátoros dióda volt, amellyel elektromágneses rezgéseket lehetett előállítani. A mai formája, a jóval nagyobb teljesítményt biztosító hasított anódú magnetron csak pár évvel később jelenik meg. Ez a dióda típus, amely a csöves elektronika első jól sikerült példánya, eredeti formájában is túlélte az idők változásait. Az időközben kifejlesztett sokféle elektroncső típust, a fejlődés, a félvezetős elektronika megjelenése, kihalásra kényszerítette. Az elektronikának ez az őspéldánya, az „elektronika dinoszaurusza”, túlélte a fejlődés különböző fokozatait, és továbbra is életképesnek bizonyult, annak ellenére, hogy viszonylag hatalmas a tömege és a mérete, amely mellett eltörpülnek a modern elektronika integrált áramkörei. Az 1. ábrán egy magnetron szerkezeti felépítésének a vázlatos képe látható.

Az ábrából jól kivehető, hogy felépítése és működési elve alapján ez az eszköz egy diódának felel meg, amely egy anódból és egy katódból áll, ahol a katód az izzószál (elektronforrás) szerepét is betölti.

Az anód rézből vagy alumíniumból készült üreges henger. A henger központi üregében van az elektronemissziós réteggel bevont katód, a henger koncentrikusan elhelyezkedő többi ürege, amely a mikrohullámú üregrezonátor szerepét tölti be. Ezekben, az üregekben alakul ki a nagyfrekvenciás elektromágneses tér. Az antenna szerepét betöltő, kicsatolóhurok az üregrezonátorokban létrejött elektromágneses energiát – a hullámvezető által – bejutatja a nagy rezonátor-üregbe (mikrohullámú sütőbe).



1. ábra

A magnetron működésében lényeges szerepet tölt be a külső mágneses tér, melynek iránya párhuzamos a henger palástjával (lásd 1. ábrát). A B indukciójú sztatikus mágneses teret két körtárcsa alakú permanens mágnes hozza létre (lásd a 2. ábrát).

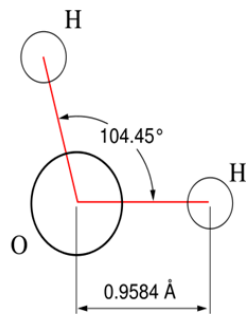


2. ábra

A katódból kirepülő elektronokat radiális irányba gyorsítja a katód és az anód között kapcsolt gyorsító feszültség, melynek értéke 2-3000 Volt. A mágneses tér egy Lorenz erővel hat a mozgó elektronokra, és körpályára készíti azokat.

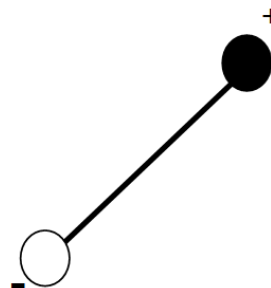
A mozgó elektronok örvényáramot indukálnak az üregrezonátor falába. Az elektromos és mágneses tér értékét úgy kell megválasztani, hogy az elektronok olyan zárt pályán keringjenek, amely hosszabb ideig nem éri el az üregrezonátor (az anód) falát. Az üregrezonátorban kialakult erőterek az elektronokat nagyfrekvenciás rezgésbe hozzák. A nagyfrekvenciájú rezgések által keltett elektromágneses hullámok, a kicsatolóhurok és a hullámvezető által bejutnak a mikrohullámú sütőbe. A 6. ábrán látható a mikrohullámú sugárzás eloszlásának a vázlatos képe, a sütő belső terében.

A magnetronok mint mikrohullámú rezgéseltők, nem csak a mikrohullámú sütőkben nyernek alkalmazást, hanem a legfőbb alkalmazási területük a radartechnikára terjed ki. Ahol nem csak katonai berendezéseknél, de a polgári, légi és tengeri közlekedés, a meteorológia, az ipar és a kutatás számos területén nyernek kizárólagos alkalmazást. A magnetronok jó hatásfokú energia-átalakítók. A mikrohullámú sütők esetén 60 % körüli hatásfokkal működnek, nagyobb teljesítmény esetén akár a 80 %-ot is elérhetik. Teljesítmény tartományuk 10 wattól, MW-ig terjed. Már a kisebb teljesítmények esetén is megfelelő hűtést kell biztosítani. A nagyobb teljesítményű eszközöknél hűtőfolyadék áramoltatással történik a hűtés. A nagyon nagy teljesítményű magnetronok (MW), csak impulzus üzemben működnek. A mikrohullámú sütőkben alkalmazott magnetronok teljesítmény tartománya 500-5000 W.



3a. ábra

Poláris vízmolekula szerkezeti vázlatja



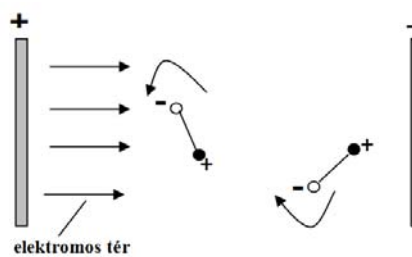
3b. ábra

Vízmolekula dipól modellje

Hogyan süt a mikrohullámú sütő?

A mikrohullámú sütő egy elektronikus, konyhai eszköz, amely ételek, élelmiszerek melegítésére szolgál. Az elnevezése lényegében nem fedti a valóságot, mert sütésre, főzésre nem alkalmas, ezért célszerűbb lenne mikrohullámú melegítőnek nevezni. A mikrohullámú melegítés során az étel nem a tároló edénytől veszi át a hőt, mint a hagyományos, sütés-főzés során, hanem nagyobb részt a tároló edényben levő anyagba behatoló elektromágneses hullámok energiája alakul át hőenergiává, és ez eredményezi a felmelegedést. A tárolóedény nem lehet fémből, vagy más, jó elektromos vezető anyagból, mert a mikrohullámok ezek felületéről visszaverődnek, mint a fény a tükörről. A melegítő hatás több tényezőtől függ: az elektromos térerősségtől, a hullám frekvenciájától, az anyag dielektromos állandójától. Az elnyelt energiából származó melegítő hatás az elektromos térerősség négyzetével arányos. Ezért szükséges a mikrohullámú rezgésnél a nagyobb térerősség biztosítása. A nagy térerősséget az anódkatód közé csatolt 2-3 kV-os gyorsító feszültséggel valósítják meg. A melegítő hatás ugyanakkor az anyag dielektromos állandójával egyenes arányban növekszik. Mivel a víz dielektromos állandója nagyságrenddel nagyobb az élelmiszerekben levő többi anyag dielektromos állandójánál ezért a víz felmelegedése nagyobb. A víz molekulái elektromos szempontból dipólként viselkednek. A 3a. ábrán látható a vízmolekula szerkezeti vázlata, ennek a megfelelő modellje a 3b. ábrán látható. Amint a 4. ábrán látható, a dipólus tengelyét az elektromos tér beforgatja az erővonalak irányába.

Váltakozó elektromos tér esetén félperiódusonként megváltozik az erőter irányja, ami a dipólust egy folytonos forgó mozgásra készíti. A vízmolekula forgása során súrlódik a többi molekulákkal és mozgási energiájának nagy részét átadja a többi molekulának. Elsősorban a vízmolekuláknak ez a mozgása melegíti az ételiszert. A sütőben alkalmazott mikrohullámok frekvenciája 2450 MHz. Ennek megfelelően másodpercenként 2450 millió teljes körforgást végez egy vízmolekula, ezért igen hatékony az ételiszertben levő vízmennyiség energia átadása.



4. ábra

Az elektromos energiának egy anyagba való behatolása mindig energia veszteséggel jár, az anyag részecskéivel való kölcsönhatás (energia elnyelés) folytán. Az 5. ábrán látható az elektromos térerősség változása egy anyagba (pl. ételiszertbe) való behatolása során. A változást leíró függvény az (1) képlettel adható meg:

$$E = E_0 \cdot e^{-\beta x} \quad (1)$$

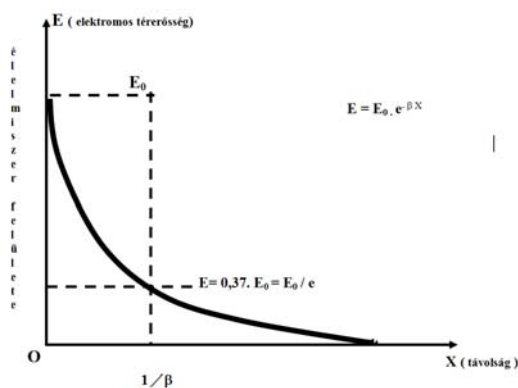
ahol E_0 az anyag felületén mért térerősség, X jelenti a felülettől mért távolságot az anyag belsejében, és β az anyagra jellemző elnyelési állandó, melynek értéke a (2) összefüggéssel adható meg:

$$\beta = \sqrt{\frac{\rho}{\mu \cdot f}} \quad (2)$$

ahol ρ az anyag fajlagos ellenállása, μ a permeabilitása és f a mikrohullám frekvenciája. Az elektromágneses sugárzások elméletében az energiát elnyelő anyag jellemzésére de-

finiálnak egy paramétert, amely szemléletesen jellemzi az anyag energia elnyelő képességét. Ez a paraméter az X_β behatolási mélység. A mikrohullámú sütőre alkalmazva a definíciót: X_β jelenti azt a távolságot (behatolási mélységet), amelynél az elektromos térerősség az anyag felületén levő E_0 értéknek az e -ed részére csökken : $E_\beta = \frac{E_0}{e}$ ahol $e = 2,718\dots$, a természetes logaritmus alapszáma. A behatolási mélység definíciója értelmében az (1) összefüggésből következik a (3) képlet :

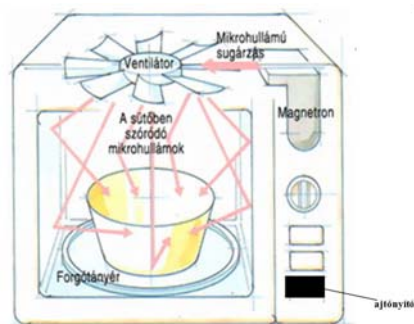
$$X_\beta = \frac{1}{\beta} \quad (3)$$



5. ábra

Tehát a behatolási mélység az elnyelési állandó reciproka értéke. Amint az 5. ábra grafikonjából leolvasható, pl. élelmiszer esetében a mikrohullám elektromos térerőssége a behatolási mélység távolságában, a felületen mért érték 37 %-ára csökken. A β elnyelési állandó értéke a (2)-es összefüggéssel könnyen kiszámítható különböző anyagok vagy élelmiszerek esetében, ismerve a ρ és μ anyagállandókat. Disznóhús esetén a (2)-es összefüggés alapján kiszámítva a behatolási mélység értékét, 2,5 cm-nek adódik.

A 6. ábrán látható, hogyan szóródik a mikrohullámú sugárzás a sütőben. Az elektromágneses hullámok többször is visszaverődnek a doboz faláról, míg teljesen elnyelődnek. Részben e sugármenetnek is köszönhető a készülék jó hatásfoka. Amint az ábrából is kivehető, a sugárzás hullámterele nem homogén, emiatt az edénybe helyezett anyag (élelmiszer) nem melegszik egyenletesen. Egyenletesebb melegítést lehet elérni azáltal, hogy az edényt egy forgó tányérra helyezik. A sütőbe lévő ventilátor a magnetront hűti a túlmelegedés ellen.



6. ábra

A nagyobb teljesítményű mikrohullámú sugárzás káros az emberi szervezetre. A nemzetközi szabványoknak megfelelően, a készüléktől 5 cm-re a sugárzás maximális értéke, nem haladhatja meg a 10 mW/cm^2 értéket. Mivel a készülékből kilépő sugárszóródás gyakorlatilag csak a nyílászáró ajtónál történik, ezért a gyártó cégek, különösen nagy gondot fordítanak az ajtók tömítésére és az átlátszó üveglak kivitelezésére. Az ajtó nyitásakor a készülék automatikusan kikapcsol.

Az ajtó üveglakán be lehet látni a sütő belső terébe. A belső terét egy kis izzólámpa világítja meg. Az ajtóra szerelt, kétrétegű, speciális üvegből készült ablak és az üveglemezek között levő fémrács meggátolja a mikrohullámú sugárzásnak a külső térbe való kijutását. Mindenesetre a külső térbe kijutó mikrohullámú sugárteljesítmény jóval a megengedett érték alatt van.

A 7. ábrán egy korszerű mikrohullámú sütő fényképét láthatjuk.



7. ábra

Puskás Ferenc



Ultrahang

I. rész

Az emberek közötti kommunikáció egyik legismertebb módozata a *hang*. Amikor rákérdezek egy társamra, értelmezi a kérdést, és felel. Ez csak egy lehetőség, de ugyanakkor a legfontosabb és legegyszerűbb kapcsolatteremtés módja. A kis gyermek, a cse-csemő hang által tudatja környezetével nemtetszését, óhaját, vagy kedélyállapotát. Ez a kommunikációs folyamat egy általános fizikai jelenséghez, a *hullámhoz* kötött.

1. A hullám mint fizikai jelenség

Nyugalmi állapotban levő közegben „zavart” keltve, a közölt energia nem lokalizálódik a keltés helyére. A közeg részecskéi közötti rugalmas vagy kvázi rugalmas csatolás következtében a befektetett energia tovaterjed. Az említett jelenséget néhány példával szemléltetjük:

- Víz felületére követ dobva magasabb, illetve alacsonyabb szinten levő, időben és térben változó körök keletkeznek.
- 9 órakor megszólal az iskolacsengő, a tanulók azonnal észlelik, és élevezettel veszik tudomásul.
- Bekapcsoljuk a villanyégőt, fényt észlelünk.