

Kutatási beszámoló

2015. február

Gyüre Balázs

BME Fizika tanszék

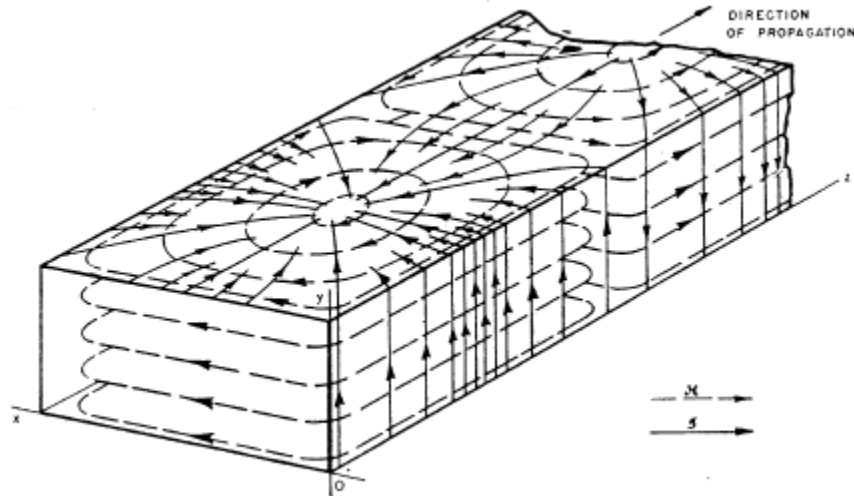
Dr. Simon Ferenc csoportja

Tangens delta mérésére alkalmas mérési összeállítás elkészítése

A TKI-Ferrit Fejlesztő és Gyártó Kft.-nek munkája során a legyártott anyagok minőségének elbírásában egy fontos lépés a mikrohullámú elnyelés vizsgálata. A legyártott anyagokat -ferritek- mikrohullámú alkatrészek gyártására használják fel. Ezek az eszközök az X-sávban (8-12 GHz) működnek. A mikrohullámú elnyelés mérésére üreg perturbációs technikát alkalmaztunk. A mikrohullámú üreg egy rezonáns rendszer, az RLC rezgőkör nagyfrekvenciás megfelelője. A tangens deltának nevezett mennyiség az adott anyag komplex dielektromos állandójának képzetes és valós részének aránya. A komplex dielektromos állandót az üregrezonancia tulajdonságainak a vizsgált anyag behelyezéséből adódó megváltozásából számítjuk.

Mikrohullámú üreg

A mikrohullámú tartományban az eszközök méretével összemérhető a hullámhossz nagysága, így itt nem használhatóak a hagyományos áramköri elemek, ezért rezonáns rendszerként egy mikrohullámú üreget használunk. Egy mikrohullámú üregben egy adott frekvencián egy állóhullám alakul ki, ahol a frekvenciát az üreg geometriai tulajdonságai (alakja és mérete) határozzák meg. A legegyszerűbb üreg egy rektanguláris profilú hullámvezetőből elkészíthető, ha a hullámvezető egy L hosszú darabját fémlapokkal lezárjuk, ahol L a félhullámhossz többszöröse. Az alábbi ábrán egy rektanguláris üregben kialakuló elektromos (teli vonal) és mágneses (szaggatott vonal) tér látható.



Egy mikrohullámú üregben felépülő mágneses tér energiája a frekvencia függvényében egy Lorenz-függvénnyel írható le. Az a frekvencia, ahol maximális energia épül fel az üregben a rezonanciafrekvencia. A felépülő tér nagyságát és ezzel összefüggésben a rezonancia szélességét az üreg jósági tényezője határozza meg.

$$Q = 2\pi \frac{\text{a rendszerben tárolt energia}}{\text{egy periódusban disszipált energia}} = \frac{f_r}{\Delta f}$$

A jósági tényezőt a veszteségek határozzák meg. Az üreg falában ohmikus energiafeszteség lép fel, az üreg és a hullámvezető közti csatoláson keresztül az üreg energiát sugároz ki, illetve a minta is nyelhet el mikrohullámot.

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{Q_{\text{üreg}}} + \frac{1}{Q_{\text{csatolás}}} + \frac{1}{Q_{\text{minta}}}$$

Ezt az összefüggést felhasználva van lehetőség a minta elnyelésének megmérésére.

A mérés elve

Egy minta a mikrohullámú üregbe való helyezése nem csak a jósági tényezőt változtatja meg, hanem a rezonanciafrekvenciát is. Egy rosszul vezető minta hatására a rezonanciafrekvencia kisebb lesz a komplex dielektromos állandó valós részével arányos mértékben. Így azonos alakú és méretű mintákat használva, a minták anyagának dielektromos állandójának valós része kiszámolható.

A méréshez felhasznált összefüggések:

$$\varepsilon' = g \frac{f_c - f_s}{f_s} + 1$$

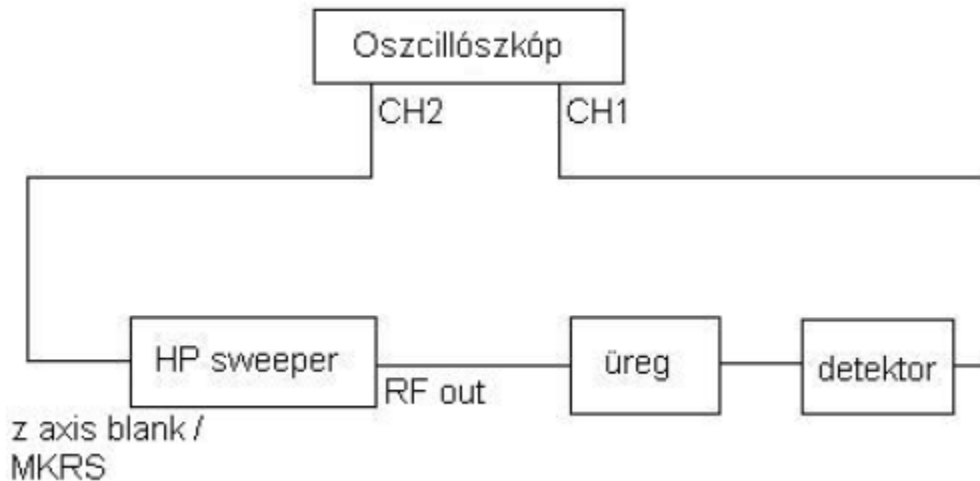
$$\varepsilon'' = \frac{g}{2} \left(\frac{1}{Q_s} - \frac{1}{Q_c} \right) + 1$$

ahol a c az üres üregre jellemző adatokat, az s a mintával terhelt üregre jellemző adatokat jelöli, g pedig egy geometriai faktor.

Ennek a két értéknek az aránya a tangens delta.

A megvalósult mérés

A méréseket egy TE103 módusú 3 félhullámhossz hosszú rektanguláris üreg közepére helyezett 1 mm x 1 mm-es rudakon végeztük. Az üreg két végén levő egy-egy csatolóelem segítségével mérhető az üregben keresztüli transzmisszió. A frekvenciafüggő transzmisszió mérésével a rezonanciafüggvény felvehető. Forrásként egy HP8350A sweepert használtunk, a méréshez egy teljesítmény detektort használtunk, aminek kimenetét egy oszcilloszkóppal mértük.



Az oszcilloszkóp által mért adatokat egy számítógép kiolvassa, és az adatokra Lorenz-függvényt illeszt.

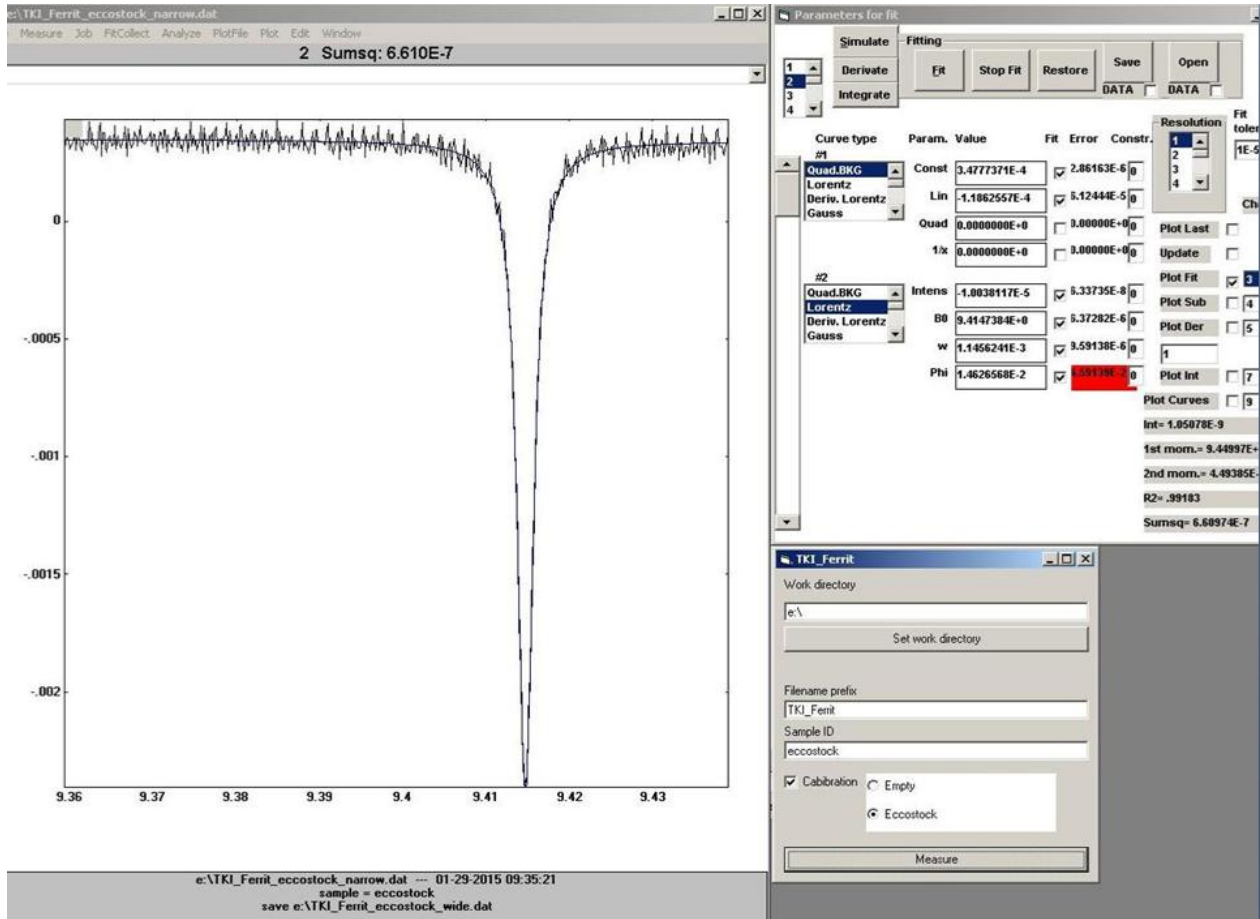
A mérés zajának csökkentése érdekében minden görbét egy széles és egy szűk frekvencia sweep mellett felvesszünk. A szélesebb sweepből kapjuk meg a rezonanciafrekvenciát, a szűkebb sweepből a jósági tényezőt.

Mivel a minták dielektromos állandóját az üres üreghez képest mérjük, és a számolásokban van egy geometriai faktor, szükség van két referencia mérésre. A két mérés az üres üregben, és egy ismert mintán végzett mérés. A referencia minta eccostock 0005, melynek dielektromos állandója nagy pontossággal ismert (2.53).

Mérőprogram

A méréseket, a függvényillesztést, és a számítások elvégzését egy erre a célra írt mérőprogram automatikusan elvégzi.

Az alábbi képen egy elvégzett mérés látható az illesztés elvégzése után.



Eredmények

A következő táblázat mutatja az új módszerrel készített (fekete) és régi (piros) mérések összehasonlítását néhány mintán:

minta neve	ε valós	Tan delta	ε valós	Tan delta	eltérés valós	eltérés Tan delta
1419	2.41E+01	9.56E-03	2.32E+01	9.60E-03	3.84%	-0.46%
1400	1.52E+01	8.43E-04	1.49E+01	8.00E-04	2.10%	5.43%
1401	1.54E+01	1.11E-05	1.49E+01	1.20E-04	3.31%	9.29%
1402	1.50E+01	9.06E-04	1.44E+01	1.00E-03	4.23%	-9.40%
1407	1.49E+01	1.50E-03	1.43E+01	1.40E-03	4.16%	7.11%
1338	1.60E+01	4.99E-04	1.48E+01	5.50E-04	7.81%	-9.26%

Az összeállítás tesztelésére használt mérések eredménye azt mutatja, hogy a helyszínen korábban alkalmazott mérési technikával kapott értékeket jól közelítjük, a módszer alkalmas a gyártási folyamat ellenőrzésére.