

## Lucrarea nr.2

### MATERIALE FEROELECTRICE

Scopul acestei lucrări este determinarea dependenței de frecvență și temperatură a permitivității complexe relative și studiul efectului piezoelectric pentru materiale ceramice feroelectrice.

#### NOȚIUNI TEORETICE

##### Feroelectricitatea

Materialele cu polarizare spontană sunt materiale care se caracterizează prin existența unui moment electric nenul al unității de volum în absența unui câmp electric exterior. Celula elementară a unui asemenea material prezintă moment dipolar spontan printr-unul din următoarele mecanisme:

- polarizarea de deplasare a electronilor atomici;
- polarizarea de deplasare a ionilor celulei elementare.

Vectorul polarizație spontană  $\vec{P}_s$  se caracterizează prin simetria limită de tip  $\infty m$  care conține următoarele elemente de simetrie:

- o axă de rotație de ordinul  $\infty$  care conține dreapta suport a vectorului  $\vec{P}_s$
- o infinitate de plane de oglindire care conțin această dreaptă.

Prefixul „fero” nu are legătură cu elementul fier, ci reprezintă o analogie cu fenomenul de feromagnetism care se va studia la materiale magnetice. În anumite materiale, dipolii electrici nu sunt distribuiți aleator, ci interacționează unul cu altul, astfel că se pot alinia, unul după altul, chiar în absența unui câmp electric aplicat. Va rezulta, prin urmare, o polarizare spontană și o constantă dielectrică  $\epsilon_r$  mare.

Materialele fotoelectrice se împart în două categorii (după modul în care are loc tranziția de fază la temperatura Curie  $T_c$ ) : materiale cu tranziție de fază de ordinul I caracterizate prin anularea cu salt a polarizației spontane la  $T_c$  și materiale cu tranziție de fază de ordinul II caracterizate prin scăderea monotonă și continuă a polarizației spontane la  $T_c$

Indiferent de structura cristalină(monocristalină sau policristalină) se constată că în aceste materiale ordinea dielectrică spontană se caracterizează prin formarea de domenii dielectrice în interiorul cărora momentele electrice ale celulelor elementare sunt orientate în aceeași direcție și sens, dar diferite domenii pot avea orientări diferite. Drept rezultat polarizația macroscopică prezentată de material este în general mai mică decât valoarea corespunzătoare orientării homoparalele a tuturor momentelor dipolare elementare, putând fi și nulă.

##### Piezoelectricitatea

Materialele feroelectrice care prezintă polarizație remanentă nenulă se caracterizează prin efect piezoelectric direct și invers, care constă în interacțiunea dintre mărimile electrice (intensitatea câmpului electric  $\vec{E}$  și inducția electrică  $\vec{D}$ ) și mărimile mecanice (tensiunea mecanică  $\vec{T}$  și deformația mecanică relativă  $\vec{S}$ ).

Metoda de determinare a proprietăților materialelor piezoelectrice este o metodă dinamică de rezonanță. Ea se bazează pe faptul că prin aplicarea unui câmp electric sinusoidal de frecvență  $f$  punctele materiale ale unei probe piezoelectrice vor oscila elastic forțat cu aceeași frecvență  $f$ . Amplitudinea oscilațiilor elastice este maximă dacă nu există forțe elastice externe care să le atenueze. Unda elastică determinată de oscilațiile elastice se propagă fie pe o direcție paralelă cu

direcția de oscilație, în acest caz unda elastică numindu-se undă longitudinală, fie pe o direcție perpendiculară, corespunzător obținându-se o undă elastică transversală.

Rezonatoarele piezoelectrice sunt dispozitive la care impedanța electrică de intrare este puternic dependentă de frecvență, motiv pentru care sunt utilizate ca circuite rezonante cu factori de calitate mari și foarte mari ( $10^3$ –  $10^8$ ). Funcționarea rezonatoarelor piezoelectrice se bazează pe efectul piezoelectric și fenomenul de rezonanță elastică, caracteristic materialelor cu structură cristalină (materiale solide, anizotrope, monocristaline sau materiale ceramice policristaline). Rezonatoarele piezoelectrice prezintă avantajul unei mari stabilități a frecvenței de oscilație datorită excelentei combinații între proprietățile piezoelectrice și cele mecanice, termice și chimice ale materialelor monocristaline sau policristaline cu proprietăți piezoelectrice. Oscilațiile (vibrațiile) mecanice care apar în materialele piezoelectrice se manifestă în interiorul cristalului sub forma undelor elastice (mecanice) de volum sau la suprafața cristalului sub forma undelor elastice de suprafață.

Aparatură folosită

Analizorul de rețea E 5061 A Agilent descris în Anexa.

Punte de măsură RLC de precizie E 4980A, Agilent. Utilizarea punții pentru executarea măsurătorilor este prezentată în Capitolul 8 (Materiale pentru Electronică, Îndrumar)

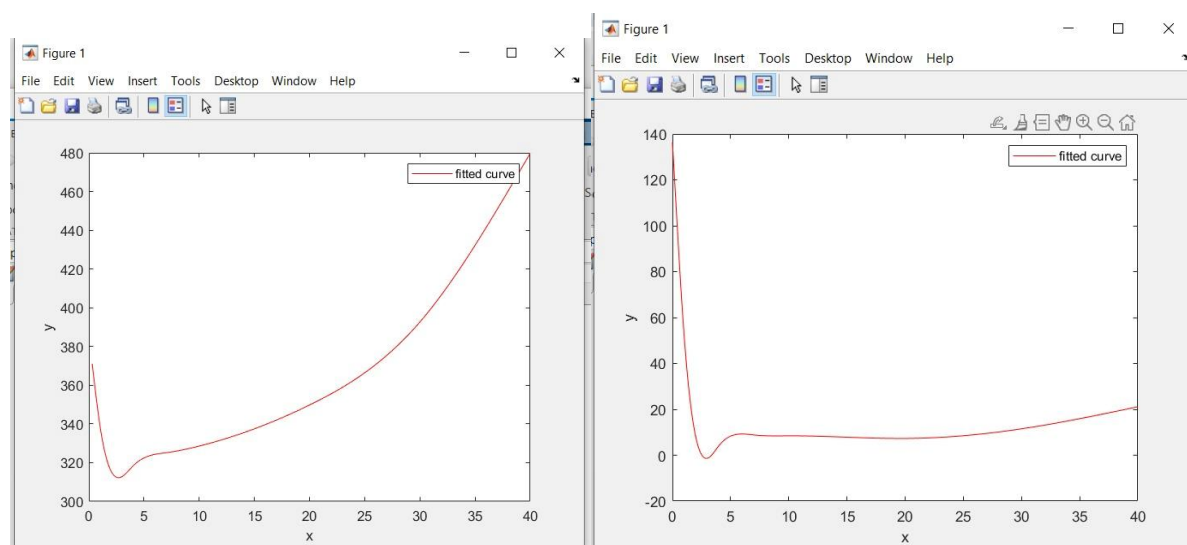
Desfășurarea lucrării

**Tabelul 2-1**

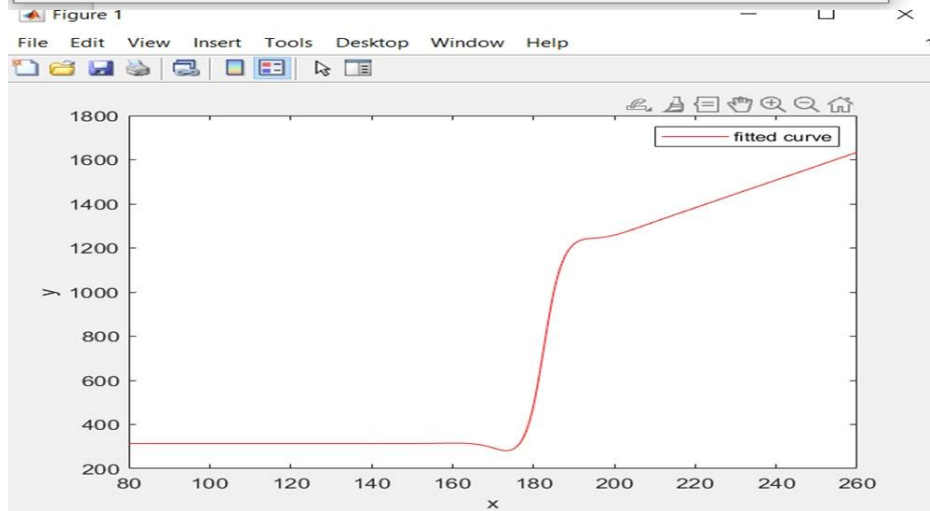
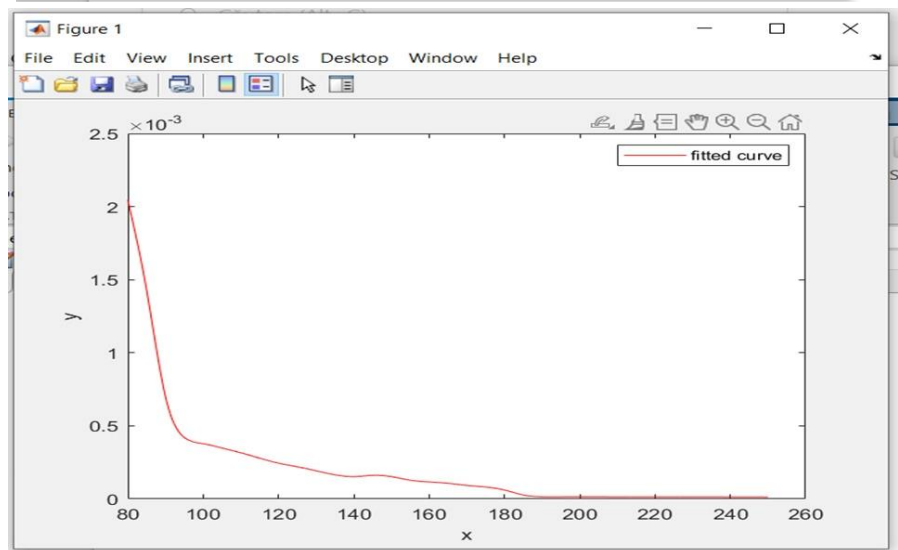
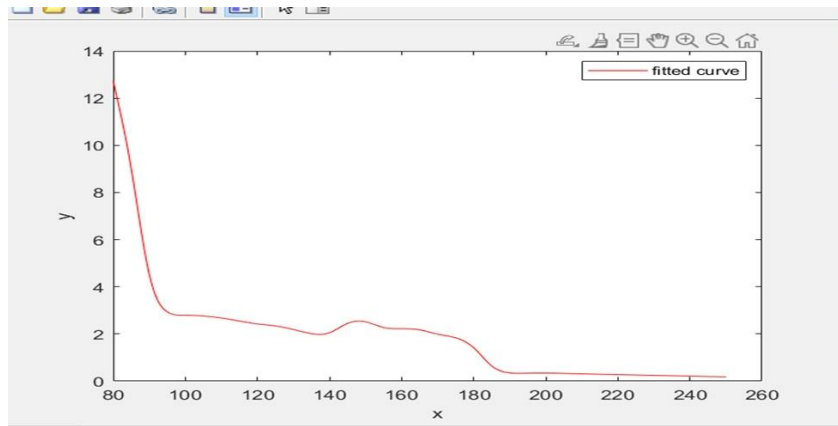
F[MHz]	0.3	0.5	1	4	7	10	20	30	40
$C_0^S$ [pF]	89.6	86.6	76.2	76	76.7	77.6	82.6	92.7	113.3
$G_0$ [μS]	60.5	62.5	43.6	58.3	86.3	126.6	217	510	1250
$\epsilon'$	379.4	366.7	322.66	321.81	324.77	328.59	349.76	392.53	479.75
$\epsilon''$	135.9	84.2	29.39	9.81	8.31	8.01	7.31	11.46	21.07
$\text{tg}\delta_\epsilon$	0.385	0.229	0.091	0.03	0.025	0.024	0.02	0.029	0.043

Relațiile folosite

$$\epsilon' = \frac{C_0^S b}{S \epsilon_0}; \text{tg}\delta_\epsilon = \frac{1}{Q_\epsilon} \text{ si } \text{tg}\delta_\epsilon = \frac{G_0}{\omega_0 C_0^S} = \frac{\epsilon''}{\epsilon'}$$







**Tabelul 2-3.**

			$f_m$		$f_n$			
<b>f(MHz)</b>	5.8	5.9	6	6.004	6.006	6.04	6.12	6.2
<b>A(db)</b>	-57	-56.9	-33.9	-68	-76.6	-58.6	-57.3	-56.9