

PIEZOELECTRICITATEA, FLEXOELECTRICITATEA ȘI APLICAȚIILE LOR

Catalin TRIFAN

Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor, Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: Piezoelectricitatea și flexoelectricitatea, fiind efecte de cuplu electromecanic, în combinație cu nanotehnologia, prezintă un interes sporit datorită potențialului aplicativ la scară industrială. O aplicație deosebită și importantă este colectarea energiei prin intermediul nanogeneratoarelor bazate pe materiale flexoelectrice. În această lucrare, de asemenea, sunt incluse o listă de materiale, aplicații, tendințe și concluzii referitor la viitorul tehnologiilor bazate pe aceste efecte.

Cuvinte – cheie: Piezoelectricitate, flexoelectricitate, colectarea energiei, polarizare electrică

Piezoelectricitatea este un efect de cuplu electromecanic ce constă în polarizarea electrică sub influența tensiunii mecanice. Acest fenomen apare în diferite categorii de materiale precum solide, cristale lichide, polimeri, biomembrane ș.a. Aceasta se poate manifesta în două moduri: direct, atunci când se aplică tensiune mecanică și apare polarizare electrică și indirect, atunci când obiectul cercetat începe să vibreze datorită câmpului electric existent [1]. Un alt fenomen similar este flexoelectricitatea, dar ele se disting prin modul de aplicare a tensiunii mecanice, fapt ce duce la apariția unor categorii de substanțe în care poate apărea flexoelectricitatea și nu poate să apară piezoelectricitatea. Ultima apare în urma aplicării uniforme a tensiunii mecanice, fapt ce blochează apariția acestui fenomen în substanțe cu simetrie centrală, pe când, flexoelectricitatea poate surveni datorită gradientului de tensiune mecanică [4]. Aceste fenomene prezintă un interes deosebit pentru oamenii de știință, deoarece au o aplicabilitate largă în domeniul senzorilor și actuatorilor. Tendința de a crea nanotehnologii ce ar permite colectarea energiei după un principiu absolut inovativ de asemenea nu-i lasă indiferenți pe cercetători.

În continuare este prezentată o serie de aplicații ale piezoelectricității:

- Generator de tensiune electrică .
- Senzori.
 - Dispozitiv de prindere de chitara acustică-electrică (microfon de contact).
 - Detectarea, generarea undelor sonore.
 - Microbalanțe care sunt folosite ca senzori chimici și biologici foarte sensibili.
- Actuator.
 - Alinierea oglinzii laserului.
 - Modulator acustico-optic (utilă pentru calibrarea frecvenței unui laser).
 - Microscop de forță atomică.
 - Printer cu cerneală.
- Piezochirurgie (destinată spre posibilitatea de a tăia anumite țesuturi cu daune minime pentru celelalte țesuturi).
- Celule fotovoltaice.

Un moment important despre efectul flexoelectric este că la scară micro-nanometrică acesta tinde să devină la fel de puternic ca cel piezoelectric și chiar să-l depășească [4]. Iată o altă serie de aplicații, deja ale flexoelectricității:

- Nanogenerator.
- Sesizare: Micro/nano accelerometru.
- Acționare: Microtuburi cu electrozi interdigitali.
- Posibile aplicații pentru memorie feroelectrică.

Concluzionând, avantajele esențiale a flexoelectricității față de piezoelectricitate sunt următoarele:

- poate apărea în cristale cu simetrie centrală.
- la scară micro/nanometrică ea devine mai semnificativă decât piezoelectricitatea.

Conceptul de nanogenerator a fost format și prezentat pentru prima dată de Wang în 2006. Pentru demonstrarea acestuia, el a folosit nanofire de ZnO aranjate vertical cu intenția de a amplifica intensitatea curentului electric. În 2013 s-au înregistrat parametrii curentului electric precum 57 V, 134 μ A, cu densitatea de putere de 0.78 W/cm^3 suficient pentru a irita un nerv sciatic al unei broaște. Pe lângă nanofire de ZnO au fost folosite mai apoi și nanofire din PZT, PVDF și nanofire de PMN-PT [4]. Ce ține de eficacitate, în urma prelucrării datelor experimentale, s-a ajuns la concluzia că polarizarea flexoelectrică depășește pe cea

piezoelectrică considerabil (în cazul unei diafragme circulare cu grosimea considerabil mai mică ca raza, circa de 20 de ori). Cele expuse anterior demonstrează avantajul practic al flexoelectricității și arată că viitorul nanogeneratoarelor va fi determinat de setul nostru de cunoștințe despre acest fenomen. Problema actuală constă în găsirea materialelor cu coeficienți flexoelectrice înalți, deoarece, la moment, coeficienții vizați pentru materialele cunoscute sunt mici [5]. În continuare urmează un tabel cu materiale flexoelectrice și cu coeficienții flexoelectrice corespunzători:

Tabelul 1. Coeficientul flexoelectric teoretic și practic pentru diferite materiale.

Compoziția materialului	Coeficientul flexoelectric (teoretic) (nCm^{-1})	Coeficientul flexoelectric (practic) (nCm^{-1})
$BaTiO_3$	+0,15 ^(d) (51) -5.5 ^(d) (51) -1.9 ^(d) (51)	
$Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$	10-20 (53) 6-10 (53)	
$SrTiO_3$	-0,26 ^(d) (51) -3.7 ^(d) (51) -3.6 ^(d) (51)	0,2 ^(e) (64, 65) 7 ^(e) (64, 65) 5.8 (21, 65)
$KTaO_3$		
$PbTiO_3$		
C		
$GaAs$		+0.51 $\times 10^{-2(d)}$ (51) +0.85 $\times 10^{-2(c)}$ (51) -0.84 $\times 10^{-2(d)}$ (51) +0.50 $\times 10^{-2(c)}$ (51) +0.26 $\times 10^{-2(d)}$ (51) +0.17 $\times 10^{-2(c)}$ (51)

Concluzie

Piezoelectricitatea și flexoelectricitatea sunt două efecte electromecanice similare și importante datorită universalității înalte, fapt ce duce la o aplicabilitate înaltă. De asemenea, datorită faptului că efectul flexoelectric crește odată cu micșorarea dimensiunilor dispozitivului, el devine un factor important ce necesită studiere minuțioasă pentru a fi posibilă aplicarea acestuia în nanodispozitive și crearea unor noi tehnologii avansate.

Bibliografie

1. Katzir S. Who knew piezoelectricity? Rutherford and Langevin on submarine detection and the invention of sonar. *Notes Rec. R. Soc.* 66 (2): 2012. 141-157. doi:10.1098/rsnr.2011.0049. Archived from the original on 2015-11-17.
2. Migliorato Max et al. *A Review of Non Linear Piezoelectricity in Semiconductors.* *AIP Conference Proceedings.* 2014, 1590 (N/A): 32–41. doi:10.1063/1.4870192.
3. Pavlo Zubko, Gustau Catalan and Alexander K. Tagantsev Flexoelectric Effect in Solids. *Annual Review of Materials Research.* 2013, 43: 387–421. doi:10.1146/annurev-matsci-071312-121634. hdl:10261/99362.
4. Xiaoning Jiang, Wenbin Huang, Shujun Zhang Flexoelectric nano-generator: Materials, structures and devices, *Nano Energy*, 2013, 2, 1079–1092. https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2013.09.001
5. Alexander K. Tagantsev, Petr V. Yudin Flexoelectricity in Solids From Theory to Applications, WSPC, August 12, 2016, 414 p., ISBN-13: 978-9814719315, ISBN-10: 9814719315