



Tehnologie de creștere orientată a filmelor monocristaline din material anizotrop (de exemplu Bi și aliaje Bi-Sb) într-un câmp electric puternic

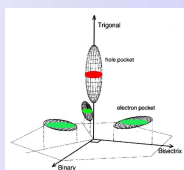
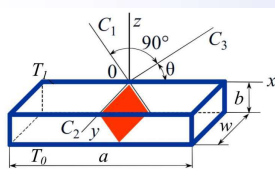


Leonid Konopko, Albina Nikolaeva, Ana Kobylanskaya, Gheorge Para

HN „D. GHIȚU”, str. Academiei, 3/3, Chișinău, MD 2028, Moldova.
Tel: +37322-737072; Fax: +37322-727088; e-mail: l.konopko@nanotech.md

Invenția se referă la domeniul științei materialelor și al nanotehnologiei și, mai precis, la posibilitățile de obținere a unor filme Bi monocristaline cu parametri predeterminați. Obiectivul invenției este de a dezvolta o tehnologie pentru recrystalizarea peliculelor subțiri de Bi cu scopul final de a obține orientarea necesară a axei cristalografice principale C_3 a filmului. Metoda propusă se bazează pe brevetul nostru privind recrystalizarea unui microfibr de bismut acoperit cu sticlă într-un câmp electric puternic (MD 1409 Y 2019.12.31). Senzorul de flux de căldură anizotrop fabricat utilizând această tehnologie avea o sensibilitate ridicată (10^{-2} V/W), dar stratul de sticlă a crescut foarte mult constanta de timp ($\tau = 0,5$ s). O altă arhitectură anizotropă a senzorului de flux de căldură bazat pe tehnologia filmului va reduce constanta de timp cu aproximativ 4 ordine de mărime. Metoda constă în faptul că un fascicul laser focalizat topește o mică zonă a unui film de bismut policristalin în mișcare pe un substrat de sticlă în interiorul unui condensator format dintr-o placă de sticlă cu un strat conductiv semitransparent aplicat și o placă de cupru; în condensator se creează un câmp electric puternic, $E = 8 \times 10^3$ V/cm. Porțiunea topită a filmului din interiorul condensatorului este recrystalizată de un flux de aer cu direcția axei cristalografice principale C_3 a filmului de-a lungul câmpului electric. Tehnologia de recrystalizare propusă într-un câmp electric puternic este componenta principală și necesară în crearea convertoarelor de energie termoelectrică anizotropă pe baza unui film Bi monocristal.

Teoria termoelementelor anizotrope

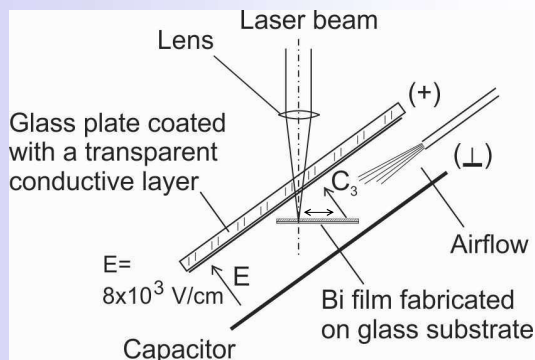


Suprafețele Fermi Bi.

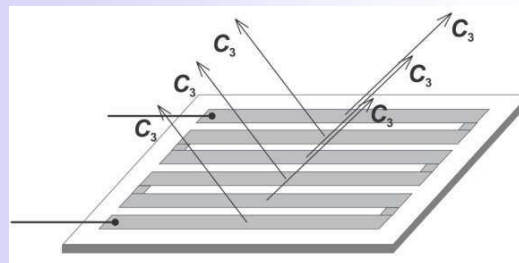
$$E = \alpha_{12} \Delta T \frac{a}{b} = (\alpha_{33} - \alpha_{11}) \sin \theta \cos \theta \Delta T \frac{a}{b} = (\alpha_{33} - \alpha_{11}) \sin 2\theta \frac{1}{2b} \frac{Q_z}{\kappa_{33} \sin^2 \theta + \kappa_{11} \cos^2 \theta}$$

unde $(\alpha_{33} - \alpha_{11})$ - anizotropia termoelectrică, θ - unghiul de înclinare al axelor cristalografice C_3 , ΔT - gradientul transversal de temperatură, a - lungimea eșantionului, b - grosimea eșantionului, Q_z - fluxul de căldură prin AT, κ_{11} , κ_{33} - termoelectivitate de-a lungul axelor C_1 și C_3 .

Există un mare interes pentru generatoarele termoelectrice, deoarece acestea pot fi utilizate în domeniul surselor alternative de energie. Tensiunea termoelectrică mare (TT) care apare la joncțiunea dintre două materiale termoelectrice diferite, sau efectul Seebeck, stă la baza celor mai practice dispozitive termoelectrice, cum ar fi răcitoarele și generatoarele. Una dintre proprietățile atractive ale generatoarelor TT este că pot fi utilizate cu o gamă largă de surse de energie termică, inclusiv solare, surse termice de dezintegrare radioactivă și chiar temperatura corpului. Am investigat o abordare diferită, o metodă bazată pe materiale termoelectrice anizotrope. Într-un cristal cu conductivitate termică anizotropă, conductivitate electrică și coeficient Seebeck, apare o componentă transversală a câmpului electric dacă fluxul de căldură trece într-o direcție care nu coincide cu axele principale ale cristalului. Efectul termoelectric anizotrop are mai multe avantaje pentru dispozitivele miniaturale. În termoelementele anizotrope, puterea termică este proporțională cu gradientul de temperatură, $(T_1 - T_2)/a$, unde $(T_1 - T_2)$ este diferența de temperatură disponibilă, b este dimensiunea transversală a dispozitivului (grosimea t a filmului) și a este lungimea. Astfel, se poate crește tensiunea termoelectrică prin simpla scădere a b sau creșterea lungimii a .

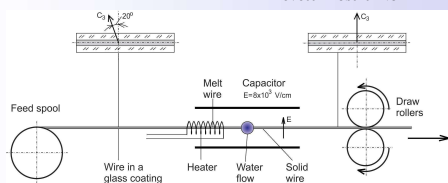


Schema unui set pentru implementarea metodei de creștere orientată a unui film monocristal de bismut într-un câmp electric puternic.

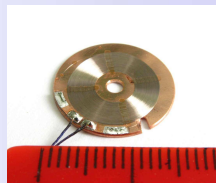
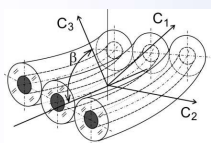


Un termoelement anizotrop realizat din film semimetal subțire recrystalizat. C_1 , C_2 , C_3 - principalele axe cristalografice.

Brevetul nostru No MD 1409 Y 2019.12.31



Schema configurării pentru recrystalizarea microfiliilor acoperite cu sticlă Bi și Bi-Sn într-un câmp electric puternic.



Un termoelement anizotrop realizat prin înfășurarea unui microfibr acoperit cu sticlă monocristal într-o spirală plană. Eșantion experimental de senzor de flux de căldură realizat din microfibr lung ($l \approx 9$ m) monocristal izolat cu sticlă Bi-0,05Sn ($D = 18 \mu\text{m}$, $d = 4 \mu\text{m}$) înfășurat într-o spirală plană. Sensibilitatea este ridicată - 10^{-2} V/W, $\tau = 0,5$ s.

Avantajele procedurii propus sunt:

- pre-instalare ușoară pentru a începe procesul de recrystalizare: nu este necesar de a asigura la începutul procesului un contact dificil de controlat a părții topite a agentului de cristalizare cu partea topită a filmului;
- simplitatea asigurării orientării necesare a axei cristalografice principale C_3 în pelicula recrystalizată: este suficient să rotești plăcile condensatorului la un anumit unghi față de planul filmului;
- posibilitatea recrystalizării filmelor plate de bismut cu geometrie complexă.