

Invenția se referă la energetică, și anume la dispozitive cu transferul direct al energiei termice în electrică. Parametrul de bază care determină performanțele materialului termoelectric folosit în convertoarele de energie termică în energie electrică și în răcitoarele termoelectrice este factorul de calitate termoelectrică Z , definit de caracteristicile electrice și termice ale materialului prin relația:

$$Z = \frac{\alpha^2 \sigma}{k}, \quad (1)$$

unde α este forța termoelectromotoare, σ și k sunt respectiv conductibilitățile electrică și termică.

Cum se observă din expresia (1), pentru a obține valori înalte ale factorului de calitate termoelectrică Z este necesar să avem valori maxime pentru σ și α și valori minime pentru k .

Este cunoscută influența câmpului electrostatic exterior asupra unui termocuplu metalic în câmpuri electrostatice de o intensitate de $(2 \dots 5) \cdot 10^5 \text{ V/m}^2$ [1], unde s-a arătat că la temperatura de 100°C în câmpul electrostatic de mărimea $E=2 \cdot 10^5 \text{ V/m}$ valoarea coeficientului forței termoelectromotoare α crește cu $0,6 \mu\text{V/K}$, iar pentru $E=5 \cdot 10^3 \text{ V/m}$ coeficientul α crește cu $1,89 \mu\text{V/K}$. Așa valori mici nu schimbă esențial valoarea absolută a coeficientului forței termoelectromotoare care este egală cu $\alpha=6900 \mu\text{V/K}$ la temperatura de 100°C .

În calitate de cea mai apropiată soluție servește procedeul conform căruia câmpul electrostatic E influențează asupra coeficientului forței termoelectromotoare α a peliculelor subțiri din bismut (Bi) și telură de plumb (PbTe) [2] modelate în formă de condensator plat care constă dintr-un substrat din material termoelectric, un substrat izolator și un substrat din metal. Substratul din metal și din material termoelectric se cuplează la o sursă de curent continuu de înaltă tensiune.

Calculul efectuat arată, că atât coeficientul forței termoelectromotoare α , cât și factorul de calitate termoelectrică Z ai straturilor subțiri din material termoelectric analizate în funcție de valoarea intensității câmpului electrostatic cresc și pot depăși valorile lor în lipsa câmpului.

Analiza calculului a fost efectuată în corespundere cu expresia câmpului electrostatic a unui condensator plat:

$$E = \frac{U}{d}, \quad (2)$$

unde U este tensiunea curentului electric aplicat la armăturile condensatorului plat, d – grosimea stratului dielectric dintre armături.

A demonstrat teoretic că la valoarea câmpului electrostatic $E=8 \cdot 10^6 \text{ V/cm}$ mărimea coeficientului forței termoelectromotoare este maximă $\alpha=80 \mu\text{V/K}$ și scade odată cu creșterea câmpului $E=5 \cdot 10^7 \text{ V/cm}$ până la $\alpha=32 \mu\text{V/K}$.

Problema pe care o rezolvă prezenta invenție este majorarea coeficientului forței termoelectromotoare cu ajutorul unui câmp electrostatic exterior amplificat de geometria cilindrică a microfiredelor din materiale termoelectrice în izolație din sticlă, la care polaritatea este opusă direcției gradientului de temperatură pentru ambele tipuri de conductivitate a lor.

Procedeul de majorare a coeficientului forței termoelectromotoare a termoelementului constă în aceea că se acționează cu un câmp electrostatic transversal asupra unui termoelement cu gradient de temperatură longitudinal. Noutatea invenției constă în aceea că termoelementul conține un microfir semiconductor cilindric, amplasat în izolație de sticlă, totodată polaritatea plus sau minus a câmpului electrostatic se aplică la microfirul semiconductor de tip n sau p corespunzător, iar polaritatea câmpului electrostatic, respectiv, minus sau plus - la un electrod metalic, deșus coaxial pe izolația de sticlă a microfirului.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1, care reprezintă: proba pentru măsurători, unde 1 este microfirul din material termoelectric de diametru d și lungime L ; 2 – izolația de sticlă de formă cilindrică de diametru D și lungime L_1 ; 3 – electrodul metalic coaxial din argint în formă de cilindru deșus pe sticlă.

Un avantaj al procedurii este faptul că pentru a aplica câmpul electrostatic exterior microfiredelor în izolație de sticlă au deja stratul izolator (sticlă) și nu necesită operații tehnologice dificile de formare a conductorului și a stratului dielectric. Pentru a efectua măsurătorile elementul termoelectric se conectează în schema electrică, ilustrată în fig. 2, unde T_1 , T_2 sunt respectiv temperaturile la contactele microfirului, pentru a realiza gradientul de temperatură $\Delta T=T_1 - T_2$, A și B sunt contactele tensiunii electrice exterioare E , $U\alpha$ – forța termoelectromotoare.

Ținând cont de configurația cilindrică a obiectului, câmpul în microfiredele, spre deosebire de straturile subțiri (pelicule) (2), este amplificat conform relației:

$$E = \frac{2V}{d \ln \frac{D}{d}} \cdot 10^4, \quad (3)$$

(D și d în $[\mu\text{m}]$, E în $[\frac{\text{cm}}{\text{cm}}]$).

Menționăm că valorii tensiunii câmpului electric de 400 V la suprafața sticlei îi corespunde conform relației (3) valoarea intensității câmpului electrostatic $E=7,43 \times 10^6 \text{ V/cm}$ la suprafața miezului microfirului.

Rezultatele măsurătorilor efectuate pentru mostrele din Bi_2Te_3 de tipul p și n sunt ilustrate în fig. 3, care reprezintă dependența coeficientului forței termoelectromotoare de direcția gradientului de temperatură, polarității și mărimii câmpului electrostatic exterior pentru probele cu conductivitatea de tipul p (curba 1) și n (curba 2). Curba 1 – $T_2 > T_1$,

polaritatea tensiunii electrice externe: semnul plus la contactul A, semnul minus la contactul B. Curba 2 – $T_2 > T_1$, polaritatea tensiunii electrice externe: semnul minus la contactul A, semnul plus la contactul B.

După cum se vede din fig. 3, dacă gradientul de temperatură ΔT este orientat longitudinal de la T_2 la T_1 ($T_2 > T_1$), iar polaritatea câmpului electrostatic E este de semnul plus la contactul A și minus la contactul B (fig.2) și este perpendicular pe axa firului, coeficientul forței termoelectromotoare crește esențial cu mărirea câmpului electrostatic E (fig. 3, curba 1); pentru mostrele din Bi_2Te_3 de tipul n, dacă se păstrează direcția gradientului de temperatură de la T_2 la T_1 ($T_2 > T_1$), dar se schimbă polaritatea câmpului electrostatic în opusă – minus la contactul A și plus la contactul B, valoarea coeficientului forței termoelectromotoare la creșterea intensității câmpului electrostatic crește esențial (fig. 3 curbele 1,2).

De exemplu, pentru microfirul din Bi_2Te_3 de tipul p cu diametrul de $d=15$ mm și diametrul izolației din sticlă $D=27$ mm în câmp electrostatic de mărimea $E=7,43 \cdot 10^6$ V/cm coeficientul forței termoelectromotoare crește până la $\alpha=316$ $\mu\text{V/K}$ față de valoarea $\alpha_0=306$ $\mu\text{V/K}$ inițială.

Pentru alte direcții ale gradientului de temperatură ΔT față de polaritatea câmpului electrostatic, pentru firele de tipul p, coeficientul α se micșorează, iar pentru microfibrele de tipul – n, sau rămâne practic constant, sau se micșorează.

Pentru microfibrele de bismut și telură de plumb măsurătorile efectuate au arătat o mică schimbare a coeficientului termoelectric α în funcție de mărimea câmpului electrostatic E .