

Primljen 23. 7. 2021.

Prihvaćen: 7. 10. 2021. (str. 165-168)

UDK 006.025:620.9

502.171:620.9

537.323

COBISS.SR-ID 51937289

KORIŠĆENJE TERMoeLEKTRIČNIH MATERIJALA SA EKONOMSKOG I EKOLOŠKOG ASPEKTA

USE OF THERMOELECTRIC MATERIALS OF ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ASPECTS

Emina Požega¹,
Slavica Miletić¹,
Milenko Jovanović¹

¹ Mining and metallurgy Institute Bor, MMI; e-mail: emina.pozega@irmbor.co.rs
e-mail: slavica.miletic@irmbor.co.rs
e-mail: milenko.jovanovic@irmbor.co.rs

REZIME

U radu će se objasniti pojam termoelektričnih materijala. Jedna od glavnih prednosti termoelektričnih materijala je da mogu da se koriste za pretvaranje bilo koje vrste toplotne energije, kao što su otpadna toplota, solarna energija, toplota zračenja itd. direktno u električnu energiju, na osnovu termoelektričnog efekta. Termoelektrični efekat predstavlja direktnu konverziju temperaturne razlike u električnu energiju i obrnuto.

Rad predstavlja pokušaj da se promoviše uspešno sintetisan termoelektrični material u Srpskoj akademiji nauka i umetnosti (SANU) u Beogradu, pokaže da su potencijalni novi izvori energije termoelektrični materijali i da bi korišćenje termoelektričnih materijala, sa ekonomskog i ekološkog aspekta, bilo jako pozitivno za čovečanstvo.

KLJUČNE REČI

termoelektrični materijali, termoelektrične boje, zaštita čovekove okoline, ekonomičnost.

ABSTRACT

The paper will explain the concept of thermoelectric materials. One of the main advantages of thermoelectric materials is that they can be used to convert any type of thermal energy, such as waste heat, solar energy, radiant heat, etc. directly into electricity, based on the thermoelectric effect. The thermoelectric effect is a direct conversion of the temperature difference into electricity and vice versa.

The paper is an attempt to promote successfully synthesized thermoelectric material at the Serbian Academy of Sciences and Arts (SANU) in Belgrade, shows that potential new energy sources are thermoelectric materials and that the use of thermoelectric materials from an economic and environmental aspect would be very positive for humanity.

KEYWORDS

thermoelectric materials, thermoelectric paints, environmental protection, economy.

¹ Mining and metallurgy Institute Bor, MMI; E-mail: emina.pozega@irmbor.co.rs

1. UVOD

Najčešće korišćeni izvori energije danas su još uvek fosilna goriva. Njihovi najveći nedostaci su ekološke prirode.

Termoelektrični materijali su ekološki prihvatljivi za proizvodnju električne energije. Rad termoelektričnih materijala temelji se na termoelektričnom efektu. Termoelektrični efekat omogućava direktnu konverziju između toplotne i električne energije i obrnuto. Poznat kao „Peltierov“, „Seebeckov“ ili „Thomsonov“ efekat, termoelektrični efekat se vidi u termoelektričnim uređajima, koji stvaraju napon kada je prisutna različita temperatura na svakoj strani, ili se stvara temperaturna razlika između dve strane, kada je napon na uređaju (<https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/7382/820/termoelektricna-boja-koja-proizvodi-elektricnu-energiju>).

Termoelektrični materijali na bazi bizmut telurida aktuelni su, kako u Svetu, tako i u našoj zemlji, zbog globalnog zagrevanja usled upotrebe fosilnih goriva i cene energije (Požega, 2018).

Razvoj termoelektričnih materijala uslovljen je pronalaženjem materijala sa visokim faktorom kvaliteta.

Posebnim tehnikama i napretkom u modernoj sintezi materijala, posebno kod nanomaterijala, približava se novo vreme za složene termoelektrične materijale.

2. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I DISKUSIJA

Parametar kojim se vrednuje kvalitet termoelektričnih materijala, faktor kvaliteta, (eng. *thermoelectric figure of merit*, Z) određen bezdimenzionom veličinom, ZT , (Goldsmid, 1954& Tritt, 2001) definisan kao u izrazu:

$$ZT = \frac{S^2 \cdot \sigma \cdot T}{k} = \frac{S^2 \cdot T}{k \cdot \rho} = \frac{S^2 \cdot T}{(k_s + k_l) \cdot \rho} \quad (1)$$

gde je: S - Zebekov koeficijent, σ - električna provodnost, k - toplotna provodnost, T - apsolutna temperatura, ρ - električna otpornost, određen je na Z meraču.

Z merač, baziran na razlici temperatura (*Lagrange ΔT method*), uspešno je razvijen u Jožef Stefan Institutu u Ljubljani (Bernik i Pribošek, 2013) za potpuno automatizovanu termoelektričnu karakterizaciju uzoraka do temperature od oko 500°C. Uređaj je omogućio da se, istovremenim merenjem Zebekovog koeficijenta (S), električne otpornosti (ρ) i toplotne provodljivosti (k), iterativnom metodom odredi faktor kvaliteta Z (*figure of merit*). Merenje je vršeno u visokom vakuumu od 10^{-2} do 10^{-3} Pa. Za merenje je bilo potrebno imati uzorak oblika valjka, prečnika od 8 do 11 mm i visine barem 9.5 mm. Gornja i donja stranica uzorka bile su plan paralelne, kako bi kontakt uzorka na vrućoj i hladnoj strani sistema bio što bolji.

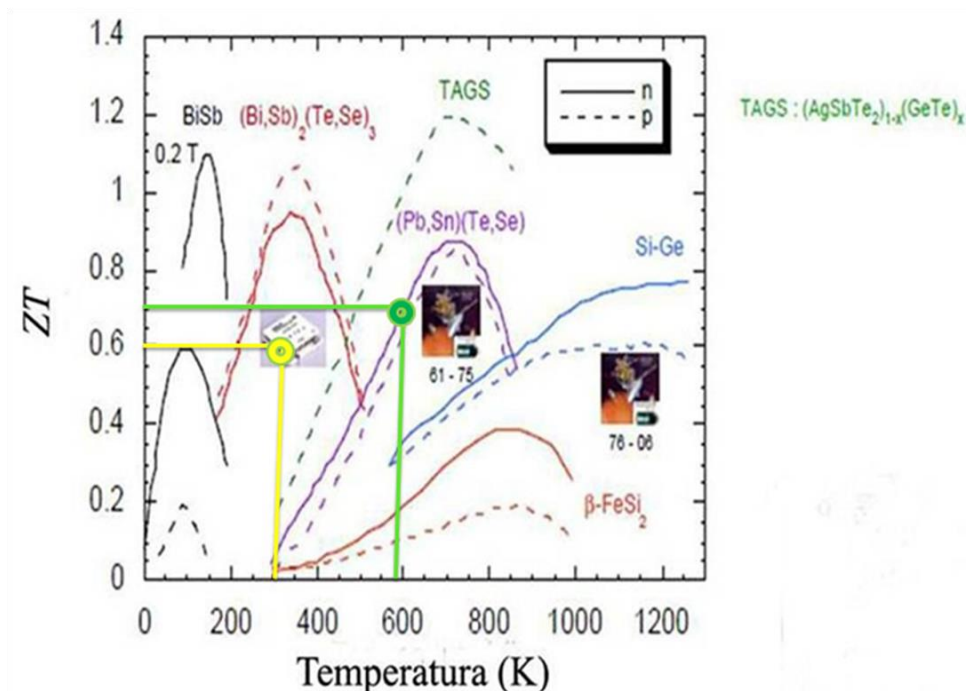
Posle postavljanja uzorka u sistem za merenje, koji je prikazan na slici 1, uređaj automatski kreće da radi.



Slika 1. Izgled Z merača; umetnuta slika u gornjem desnom uglu prikazuje topli i hladni blok sa uzorkom smeštenim između (Bernik i Pribošek, 2013)

Ceo proces merenja uzorka trajao je otprilike oko 15 sati (od momenta kada se uzorak stavio u Z merač pa do kraja merenja).

U našim istraživanjima izvršena je uspešna sinteza monokristala na bazi bizmut telurida dopiranog cirkonijumom. Monokristal je dobijen Bridžman metodom, spontanom nukleacijom. Dobijeni rezultat za faktor kvaliteta, ZT , i uzorak $\text{Bi}_{10.17}\text{Sb}_{30.72}\text{Zr}_{0.35}\text{Te}_{58.28}\text{Se}_{0.48}$ kao i faktor kvaliteta za termoelektrične materijale na različitim temperaturama prikazani su na slici 2. Faktor kvaliteta za $(\text{Bi,Sb})_2(\text{Te,Se})_3$ p tipa na 300 K je preko 1. Za termoelektrični materijal $(\text{Bi,Sb})_2(\text{Te,Se})_3$ n tipa, na istoj temperaturi je oko 0.95, (slika 2). Za naš termoelektrični materijal, faktor kvaliteta na približno 600 K iznosi oko 0.7. Dobijeni rezultat je naglašen zelenom bojom na slici. Vrednost faktora kvaliteta za Bi_2Te_3 na 300 K je 0.6 i na slici je označeno žutom bojom.



Slika 2. Faktor kvaliteta termoelektričnih materijala na različitim temperaturama i našeg uzorka (<https://www.fzu.cz/~knizek/pdf/ThermoelectricMaterials.pdf>)

Napomena:



dobijen rezultat faktora kvaliteta, ZT , u našim istraživanjima za monokristal $\text{Bi}_{10.17}\text{Sb}_{30.72}\text{Zr}_{0.35}\text{Te}_{58.28}\text{Se}_{0.48}$!



vrednost faktora kvaliteta, ZT , za Bi_2Te_3

3. ZAKLJUČAK

Značajan doprinos ovih istraživanja ogleda se prvenstveno u domenu nauke o materijalima, posebno u oblasti termoelektričnih materijala. Izvršena je uspešna sinteza monokristala $\text{Bi}_{10.17}\text{Sb}_{30.72}\text{Zr}_{0.35}\text{Te}_{58.28}\text{Se}_{0.48}$ p tipa, dobijenog Bridžman postupkom, u Srpskoj akademiji nauka i umetnosti (SANU) u Beogradu. Ostvaren je značajan naučni doprinos u oblasti primene bizmut telurida, kao termoelektričnog materijala i cirkonijuma, kao njegovog dopanta. Na taj način se sprovedenim istraživanjima obogatio skup podataka relevantnih, kako za dalja istraživanja, tako i za moguću praktičnu primenu. Korišćenje termoelektričnih materijala, sa ekonomskog i ekološkog značaja, u kombinaciji sa naprednim informacionim tehnologijama, igra važnu ulogu u rešavanju održive energije na planeti i predstavlja ekonomsko održivo rešenje, zbog čega se neprekidno vrše istraživanja novih termoelektričnih materijala.

ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju profesoru akademiku Panteliji Nikoliću na velikim i nesebičnim naporima i pomoći u svim fazama istraživanja. Takođe, autori žele da se zahvale Stevanu Vujatoviću, specijalizovanom tehničaru i profesoru Dr Slavku Berniku, sa odseka za nanostrukturne materijale Instituta "Jožef Stefan" u Ljubljani, na pomoći pri termoelektričnim merenjima.

Ovaj rad je finansijski podržalo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, br. 451-03-9 / 2021-14 / 200052.

REFERENCE

- Bernik, S., Pribošek, M., 2013. Construction and characteristics of a Z-meter setup for thermoelectric measurements of materials, *Proceedings of the 49th International conference on Microelectronics, Devices and Materials MIDEM*, Kranjska Gora, Slovenia, pp. 121- 126.
- Bilušić, A., Smontara, A., 2004. Šta su i kako se istražuju termoelektrični materijali. *Zbornik radova "U susret Svetskoj godini fizike 2004"* Vela Luka, Hrvatska, pp. 2.1-2.5.
- Blažević, D., 2014. *Analiza mehaničkih čimbenika pri konstrukciji uređaja za prikupljanje niskorazinske energije vibracije iz okoliša*. doktorski rad, Rijeka, Hrvatska, pp. 243.
- Goldsmid, H. J., Douglas, R.W., 1954. The use of semiconductors in thermoelectric refrigeration. *British Journal Applied Physics*, Vol. 5 pp. 386–390.
- Karlović, I. 2008. *Modeliranje proizvodnje električne energije iz energije sunca*. diplomski rad, Zagreb, Hrvatska, pp. 101.
- Požega, E. 2018. *Sinteza i karakterizacija monokristala bizmuta i telura dopiranih selenom, cirkonijumom i arsenom*. doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu Tehnički fakultet u Boru, pp. 82.
- Priya, S., Inman, D. 2009. *Energy Harvesting Technologies*. Springer, New York
- Tritt, T. M. 2001. *Semiconductors and Semimetals. Recent Trends in Thermoelectric Materials Research: Part One to Three* Academic, San Diego, CA

<https://zanimljivostidana.com/zanimljiva-nauka/ljudsko-telo-kao-baterija-za-elektricne-uredjaje.html>
<https://www.fzu.cz/~knizek/pdf/ThermoelectricMaterials.pdf>
<https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/7382/820/termoelektricna-boja-koja-proizvodi-elektricnu-energiju>

[\(POVRATAK NA SADRŽAJ\)](#)