

TERMOELEKTRIK SAMARADORLIKNI QOTISHMALARDAGI ELEKTRONLAR VA TESHIKLARNING HARAKATCHANLIGIGA BOG'LANISHI

Онаркулов Каримберди Эгамбердиевич

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры Физики Ферганского государственного университета

Гайназарова Кизлархон Исраиловна

Преподаватель кафедры Физики Ферганского государственного университета

Ташланова Дилноза Муродиловна

Преподаватель кафедры Физики Ферганского государственного университета

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6873171>

Annotatsiya. Ushbu maqolada $\text{Bi}_2(\text{B}^{\text{VI}})_3$ va $\text{Sb}_2(\text{B}^{\text{VI}})_3$, ($\text{B}^{\text{VI}}-\text{Se}$, Te) asosida olingan qattiq qotishmalarning zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini aniqlash orqali zaryad tashuvchilarning harakatchanligi, holatlar zichligining effektiv massasi, sochilish mexanizmi va haroratga bog'liqligini aniqlash mumkinligi ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: termoelektrik materiallar, konsentratsiya, issiqlik o'tkazuvchanlik, termoelektr yurituvchi kuch koeffitsiyenti, harakatchanlik, valent zonasi.

СВЯЗЬ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ С ПОДВИЖНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОНОВ И ДЫРОК В СПЛАВАХ

Аннотация. В данной статье можно определить подвижность носителей заряда, эффективную массу плотности состояний, механизм рассеяния и температурную зависимость твердых сплавов на основе $\text{Bi}_2(\text{B}^{\text{VI}})_3$ и $\text{Sb}_2(\text{B}^{\text{VI}})_3$, ($\text{B}^{\text{VI}}-\text{Se}$, Te) путем определения концентрации носителей заряда.

Ключевые слова: термоэлектрические материалы, концентрация, теплопроводность, коэффициент термоэлектрической движущей силы, подвижность, валентная зона.

RELATIONSHIP BETWEEN THERMOELECTRIC EFFICIENCY AND MOBILITY OF ELECTRONS AND HOLES IN ALLOYS

Abstract. In this article, it is possible to determine the mobility of charge carriers, the effective mass of the density of states, the scattering mechanism and the temperature dependence of hard alloys based on $\text{Bi}_2(\text{B}^{\text{VI}})_3$ and $\text{Sb}_2(\text{B}^{\text{VI}})_3$, ($\text{B}^{\text{VI}}-\text{Se}$, Te) by determining the concentration of charge carriers.

Key words: thermoelectric materials, concentration, thermal conductivity, thermoelectric driving force coefficient, mobility, valence band

KIRISH

Yarimo'tkazgichli termoelektrik materiallar issiqlik energiyasini to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantirish uchun generatorlarda, muzlatgichlar, termostatlar va boshqa qurilmalarda keng qo'llaniladi. Ushbu materiallar orasida vismut tellurid (Bi_2Te_3) asosidagi qattiq qotishmalar 200–600 K harorat oralig'ida eng yaxshi termoelektrik xususiyatlarga ega hisoblanadi. Hozirgi vaqtda 300-350 K va PbTe , SnTe dan past haroratlarda ishlaydigan termoelektrik sovutish moslamalari va termogeneratorlar uchun asosiy materiallar sifatida nafaqat vismut tellurid Bi_2Te_3 - Bi_2Se_3 , Bi_2Te_3 - Sb_2Te_3 asosidagi qattiq qotishmalar ham qo'llaniladi.

TADQIQOT MATERIALLARI VA METODOLOGIYASI

Termoelektrogeneratorlarning asosiy qismi sifatida $Bi_2(B^{VI})_3$ va $Sb_2(B^{VI})_3$, ($B^{VI}-Se, Te$) dan foydalaniladi va o'tkazuvchanlik holatida ularning xususiyatlari va xarakteristikalarini sinchiklab tadqiq qilish talab etiladi. Termoelektrik samaradorlik kirishmalarining biror aniq konsentratsiyasida o'zining maksimal qiymatiga erishadi. Elektron gazini aynimagan hisoblab, optimal konsentratsiyada issiqlik o'tkazuvchanligining elektron qismini, unga mos kelgan elektron o'tkazuvchanlik va termoelektr yurituvchi kuch koeffitsiyentlarini quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin

$$n = \frac{2(2\pi m^* kt)^{\frac{3}{2}}}{h^3} e^r \quad (1)$$

$$\sigma = e\mu n \quad (2)$$

$$\alpha = 2 \frac{k}{2} = 172 \frac{mkV}{grad} \quad (3)$$

m^* -davriy elektr maydonda harakat qilayotgan elektronning effektiv massasi, μ -tok tashuvchining harakatchanligi, r -elektronning energiyasiga bog'lanishini ifodalaydigan daraja ko'rsatkich, u sochilish mexanizmlariga bog'liq.

$\alpha^2 \sigma$ maksimum qiymatga erishadigan optimal zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini aniqlab, termoelektrik samaradorlikni topish mumkin.

$$\alpha^2 \sigma = 1,2 \cdot 10^{-7} \mu \left(\frac{m}{m_0} \frac{T_u}{T_c} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot e^r \quad (4)$$

$$Z = 1,2 \cdot 10^{-7} \frac{\mu}{\chi_\rho} \left(\frac{m}{m_0} \frac{T_u}{T_c} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot e^r \quad (5)$$

m_0 -erkin elektron massasi.

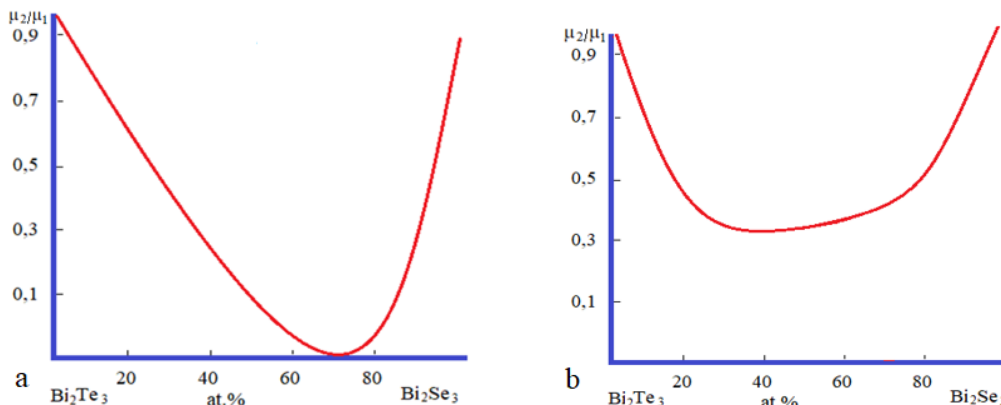
(5) ifodadan ko'rinadiki, agar tok tashuvchilarning optimal konsentratsiyasi tanlansa, u holda termoelektrik samaradorlik μ/χ_ρ nisbatga bog'liq bo'ladi. Konsentratsiyani optimal qiymatida maksimum Z ning o'zgarishi μ/χ_ρ nisbatning harorat ortishi bilan o'zgarishi orqali ifodalanadi.

Ko'p hollarda (5) ga asosan μ/χ_ρ bir-birini o'zaro kompensatsiyalaydi. Sababi, yuqori harakatchanlik kichik effektiv massaga tegishli deb faraz qilinshidir. μ/χ_ρ nisbatni orttirish asosan harakatchanlikni o'zgartirmagan holda kristall panjara issiqlik o'tkazuvchanlikni kamaytirish orqali erishilishi lozim.

TADQIQOT NATIJALARI

Kristall panjarada ixtiyoriy nuqsonlarni yuzaga keltirish fononlarning erkin chopish yo'lini o'zgarishiga olib keladi, bu esa issiqlik o'tkazuvchanlikni kamaytiradi va harakatchanlikning kamayishiga olib kelishi mumkin. Hosil bo'lgan qattiq qotishmada, asosiy tarkibdagi atomlar bilan bir xil zaryadga ega bo'lgan kirishma atomlari va neytral atomlar, tok tashuvchilarning harakatchanligiga kuchsiz ta'sir ko'rsatadi. Atom o'lchamidagi davriy nuqsonlarda elektronlarning sochilishi, kichik to'lqin uzunligidagi fononlarda sochilishga qaraganda kuchli bo'lganligidan hamda elektronlarning ko'p sondagi atom potensialining o'rtacha ta'sirida kuchsiz sochilganligi tufayli μ/χ_ρ nisbat ortadi.

1-, a, b-rasmlarda $Bi_2B^{VI}_3$ ($B^{VI}-Se, Te$) qotishmalarining qattiq qotishmalardagi elektronlar va teshiklarning harakatchanligini o'rganish natijalari keltirilgan.



1- rasm. Nisbiy koordinatalarda anionlar va kationlar almashinadigan qattiq qotishmalardagi elektronlar va teshiklarning harakatchanligi: a - n-tip, b – p-tip.

MUHOKAMA

Ekspirimental natijalar va (3,4) formulaga asosan nazariy hisoblashlar ko'rsatishicha, termoelementni musbat tarmog'i uchun olingan Sb_2Te_3 ni, kovakli Bi_2Te_3 ni qattiq qotishmasiga almashtirish yo'li bilan μ/χ_ρ nisbatni 2 marta orttirishga erishildi.

Murakkab zonali yarimo'tkazgichlar uchun R_x maksimumga erishadigan haroratda R_x, α_{um} va σ_{um} parametrlarni kombinatsiyasi orqali $\frac{\mu_2}{\mu_1}, \frac{p_2}{p_1}, \Delta\varepsilon$ kabi zonaviy parametrlarni aniqlash mumkinligini ta'kidlaymiz.

Valentlik zonasi tuzilishining ikki zonali modeli nazariyasi zaryad tashuvchilarning harakatchanligi uchun quyidagi ifodani beradi:

$$\mu = \frac{\mu_1 p_1 + \mu_2 p_2}{p} \tag{6}$$

Bu yerda μ_1, μ_2 - zonalardagi teshiklar harakatchanligi, a p_1, p_2 - zonalardagi teshiklar konsentratsiyasi.

Ma'lumki, umumiy holda, zaryad tashuvchilarning harakatchanligi

$$\mu = \frac{\sqrt{\pi}}{G(r+3/2)} \frac{F_{r+1/2}(\mu^*)}{F_{1/2}(\mu^*)} \mu_0, \tag{7}$$

$$\mu_0 = \frac{2e}{3m^*} \tau_0 (k_0 T)^r \left(r + \frac{3}{2}\right) \frac{G(r+3/2)}{G(3/2)}, \tag{8}$$

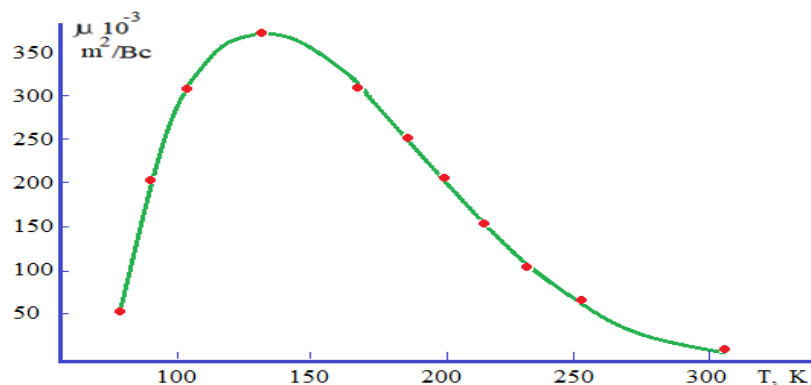
Bu yerda

$G(s) = \int_0^\infty x^{s-1} e^{-x} dx$ - gamma Funksiya, s-tizimning barcha mumkin bo'lgan mikroholatlari bo'ylab ishlaydigan indeks.

$$F_s(\mu^*) = \int_0^\infty x^s [\exp(x - \mu^*) + 1]^{-1} dx$$
-Fermi integrali.

(8) formuladan ma'lumki, zaryad tashuvchilarning harakatchanligi elektron gazning degeneratsiya darajasiga, holatlar zichligining effektiv massasiga, sochilish mexanizmiga va haroratga bog'liq, shuning uchun uni Holl effektini o'lchash orqali hisoblash, elektr o'tkazuvchanligi va termoe.yu.k. ni $\frac{m^*}{m_0}, r$ orqali aniqlash qiyinchilik tug'diradi.

Yuqoridagi parametrlarni aniqlamasdan, harakatchanlikni to'g'ridan-to'g'ri hisoblash usullaridan biri magnit maydondagi qarshilikning o'zgarishi ta'siridan foydalanishdir, uning grafigi 2-rasmda ko'rsatilgan.



2-rasm. $\text{Bi}_2\text{Te}_3+0,04$ mass% Ni qotishma uchun zaryad tashuvchilarning harakatchanligining haroratga bog'liqligi.

XULOSA

Bi-Sb-Se-Te asosidagi termoelektrik qotishmalar harorat T pastligi va konsentratsiya miqdori kattaligi natijasida zaryad tashuvchilarning aynigan holatida, temperatura ortishi bilan “yengil” kovaklarning bir qismi holatlar zichligining effektiv massasi kattaroq va harakatchanlik kamroq zaryad tashuvchilar aynimagan holatiga ega bo'lgan ikkinchi tagzonaga-og'ir kovaklar zonasiga o'tadi. Shuningdek, materialning valent zonasi tuzilishi noodatiy xarakterga egaligini Xoll harakatchanligining temperaturaviy bog'lanishlari ham tasdiqlaydi.

REFERENCES

1. Иоффе А.Ф. Полупроводниковый термоэлементы. / М.-Л.: Изд-во АН РУС, 1960.
2. Т.М. Azimov, Gaynazarova K.I., Onarkulov M.K., A. A. Yuldashev. Thermoelectric and Galvanomagnetic Properties of the Alloy $\text{Bi}_2\text{Te}_3 + 0.04$ Weight % Ni in the Temperature Range $77 \div 300$ K / American Journal of Modern Physics. 2021. p. 124-128.
3. Onarkulov K.E., Usmanov Ya., Gaynazarova K.I., Azimov T.M. Semiconductor sensor for detecting volume changes at low temperatures. // European Journal of Molecular & Clinical Medicine. – 2020. No. 7. – Pp. 2353 - 2358.
4. Онаркулов К.Э, Гайназарова К. И., Ташланова Д.М. Особенности получения термоэлектрических сплавов из Bi_2Te_3 и Bi_2Se_3 Международный научный журнал, №10 (98), 2021, Том 2 с.30-33.