

ВПЛИВ КОМУТАЦІЙНОГО ЕФЕКТУ НА МАКСИМАЛЬНИЙ ПЕРЕПАД ТЕМПЕРАТУРИ АНИЗОТРОПНОГО ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА В МАГНІТНОМУ ПОЛІ

Показано, що на максимальний перепад температури істотно впливає відмінність між коефіцієнтами питомої теплопровідності у відсутності електричних струму і поля.

Автори робіт [1,2], в яких розглядаються питання теорії анізотропного термоелектричного холодильника в магнітному полі, обмежуються допущенням про рівність коефіцієнтів питомої теплопровідності у відсутності електричного струму $\mathfrak{E}_j(\dot{H})$ і коефіцієнтів питомої теплопровідності у відсутності електричного поля $\mathfrak{E}_E(\dot{H})$. Це означає, що автори названих робіт нехтують другою складовою в співвідношенні [3]

$$\mathfrak{E}_j(\dot{H}) = \mathfrak{E}_E(\dot{H}) - \dot{H}(\dot{H})\mathfrak{E}(\dot{H})\mathfrak{A}(H). \quad (1)$$

З одного боку, таке наближення справедливе тільки для термоелектричних матеріалів з незначною величиною термоелектричної добротності, з іншого - для високоефективних термоелектричних матеріалів воно не враховує температурної залежності коефіцієнтів $\mathfrak{E}_j(\dot{H})$, що міститься у другому співвідношенні Томсона:

$$P_{ik}(\dot{H}) = T a_{ki}(-\dot{H}). \quad (2)$$

Послідовне врахування в теорії указаній складової із (1), як показано в [4], приводить до істотно нових результатів, зокрема, до іншого значення максимального перепаду температури ΔT :

$$\Delta T = T_0 \frac{1 - Z_E^* T_0 - [(1 - Z_E^* T_0 t^-)(1 - Z_E^* T_0 t^+)]^{\frac{A-1}{2A}}}{Z_E^* T_0}, \quad (3)$$

$$\text{де } t^- = 1 + \frac{2}{(1+d)(A-1)} \quad t^+ = 1 - \frac{2}{(1+d)(A+1)}, \quad (4)$$

$$A = \sqrt{1 + \frac{4d}{(1+d)^2} \frac{Z_E^*}{Z_{Ea}}}; \quad d = \frac{a_{12}(H)}{a_{12}(-H)}; \quad (5)$$

$$Z_E^* = Z_E f_b - Z_{Ea}, \quad Z_E(H) = \frac{s_{11}(H) a_{11}^2(H)}{c_{11}^E(H)}, \quad (6)$$

$$Z_{Ea}(H) = \frac{a_{12}(-H) a_{12}(H)}{c_{11}^E(H) r_{11}(H)}, \quad (7)$$

$$f_b(H) = 1 + d(H) \left(\frac{a_{12}(-H)}{a_{11}(H)} \right)^2 + \frac{a_{12}(-H) s_{12}(H)}{a_{11}(H) s_{11}(H)} + \frac{a_{12}(H) s_{12}(-H)}{a_{11}(H) s_{11}(H)}, \quad (8)$$

T_0 - температура холодної грані анізотропного термоелемента.

При $Z_E f_b \rightarrow 0$ формула (3) набуває вигляду

$$\Delta T = T_0 \frac{(1 + Z_{Ea} T_0 q)^{\frac{1}{q}} - 1 - Z_{Ea} T_0}{Z_{Ea} T_0}, \quad q = \frac{d-1}{d}. \quad (9)$$

Легко переконатись, що формула (9) еквівалентна формулі

$$\Delta T = T_1 \left[1 - \frac{(1 + Z_{Ea} T_1)^q - 1}{q Z_{Ea} T_1} \right].$$

З роботи [1], якщо врахувати, що $Z_{Ea} \equiv Z$; T_1 - температура гарячої грані анізотропного термоелемента. У випадку, коли магнітне поле відсутнє ($d \rightarrow 1$, $q \rightarrow 0$), в границі з (9) знаходимо

$$\Delta T = T_0 \frac{\exp(Z_{Ea} T_0) - 1 - Z_{Ea} T_0}{Z_{Ea} T_0}, \quad (10)$$

що еквівалентно формулі $\Delta T = T_1 - \frac{1}{Z} \ln(1 + Z T_1)$ з тієї самої роботи.

При $Z_E f_b T_0 = Z_{Ea} T_0$ формула (3) набуває вигляду

$$\Delta T = -\frac{T_0}{1+d} \left[1 + \frac{d}{d+1} \frac{\ln\left(1 - \frac{1+d}{d} Z_{Ea} T_0\right)}{Z_{Ea} T_0} \right]. \quad (11)$$

Звідки знаходимо, що $Z_{Ea} T_0 < d/(1+d)$.

В таблиці 1 наведена величина ΔT для деяких значень параметрів $Z_{Ea} f_b T_0$, $Z_{Ea} T_0$ і d ($T_0 = 300K$).

Таблиця 1.

$Z_{Ea} f_b T_0$	0,4	0,1	0,1	0,4	0	0
$Z_{Ea} T_0$	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4
d						$\Delta T(K)$
0,5	65,22	256,6	37,78	∞	33,33	200,0
1	27,28	78,92	17,36	151,8	15,51	68,87
2	12,67	33,52	8,346	52,71	7,50	30,0
3	8,257	21,31	5,494	32,17	4,946	19,19
4	6,124	15,62	4,095	23,18	3,689	14,11
5	4,867	12,33	3,264	18,12	2,942	11,15
6	4,038	10,18	2,713	14,87	2,446	9,224
7	3,451	8,673	2,321	12,61	2,094	7,863
8	3,012	7,554	2,029	10,95	1,830	6,852
9	2,673	6,690	1,801	9,675	1,625	6,071
10	2,402	6,004	1,620	8,666	1,462	5,450
15	1,594	3,968	1,077	5,696	0,9723	3,606
20	1,193	2,964	0,807	4,242	0,7284	2,695

З аналізу таблиці випливає, що величина максимального перепаду температури ΔT істотно відрізняється від значень ΔT , отриманих на основі теорії [1], особливо в області великих значень $Z_{Ea} f_b T_0$, $Z_{Ea} T_0$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Самойлович А.Г., Слипченко В.Н. Теория анизотропных термоэлементов с независимыми от температуры кинетическими коэффициентами. I. Общие соотношения и максимальное снижение температуры // ФТП.-1981.-**15**,№5.- С.965-967.
2. Анизотропный термоэлектрический холодильник в магнитном поле / Бытенский Л.И., Гудкин Т.С., Иорданишвили Е.К., Фискинд Е.Э. // ФТП.-1978.-**12**,№3.-С.538-542.
3. Могилевский Б.И., Чудновский А.Ф. Теплопроводность полупроводников.- М.: Наука, 1972.-536с.
4. Buda I.S., Lutsyak V.S., The theory of an anisotropic thermoelectric cooler in a magnetic field // Phys.Stat.Sol.A.-1995.-**147**, N2.-P.491-496.

SUMMARY

LUTSYAK V.S.

**COMMUTATIVE EFFECT INFLUENCE ON THE MAXIMUM
TEMPERATURE DIFFERENCE OF ANISOTROPIC
THERMOELECTRIC COOLER IN A MAGNETIC FIELD**

It is shown that the differences between the thermal conductivity coefficients in the absence of electric current and field have an actual impact upon the maximum temperature difference.