ОБ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ОХЛАЖДАЕМОГО ЭКРАНА ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТЕРМОЭЛЕМЕНТОВ

В.Р.РАСУЛОВ, Ш.ЯКУБОВА, М.ХОЛОВА

Мақола яримўтказгичли термоэлементлар учун совитиладиган экраннинг самарали ҳарорати масаласига бағишланган.

This article is devoted to the problems of productive temperature of the screen, which cooled in semi-conducted thermo elements.

В [1] показано, что для значительной части термоэлементов (ТЭ) Пелтье (и термобатарей на их основе) в области температур ниже комнатной экранирование с высоким коэффициентом отражения оказывается недостаточным. Поэтому предлагается простая система, обеспечивающая адиабатическую изоляцию боковой поверхности испытываемых охлаждающих термоэлементов, состоящая из защищаемого от излучения экрана с равномерной температурой T_e.

Для определения T_e считаем, что термоэлемент длиной l расположен по оси и в точках x =0, x =1 расположены холодный и горячий спаи с температурой $T_{хол}$ и $T_{гор}$ соответственно. Далее поступим как в [1] и будем учитывать эффект Томсона (см. например, [2], стр. 19), линейно зависящего от плотности тока j. Тогда дифференциальное уравнение теплопроводности ТЭ с учетом лучистой теплоотдачи (с коэффициентом h_1)

$$\Delta T'' - m^2 (T - T_e) - \frac{\alpha_t}{\aleph} j \cdot \Delta T' + \frac{j^2}{\aleph 0} = 0 \quad (1)$$

Здесь $\aleph$ - коэффициент теплопроводности, σ - электропроводность, α_t - коэффициент Томсона материала ТЭ, $m^2 = h_e \cdot {p^2}/{\aleph \cdot F}$, P- периметр F- площадь поперечного сечения ТЭ, $\Delta T = T - T_e$, T- температура в ТЭ.

Решение (1) ищем в виде [3]

$$\Delta T\ (x) = \frac{j^2}{\aleph o m^2} + (Ae^{kx} + Be^{-kx})\ e^{\frac{ax}{2}} \quad (2)$$

где $k = \sqrt{\frac{a^2}{4} + m^2}$, $a = \alpha_t j / \chi$, A и B постоянные, определяемые из следующих граничных условий :

$$-\chi T'\big|_{x=0} = q_0 - a\, j \cdot \Delta T_{ГОР} \quad , \quad \Delta T\big|_{x=1} = \Delta T_{ГОР} = const \quad (3)$$

α - коэффициент термоэдс, q_0 – удельная тепловая нагрузка (с учетом Томсона). Тогда нетрудно получить, что

$$\Delta T(x) = \frac{j^2}{\chi om^2} + \left\{\frac{2}{\chi}\left[aj\Delta T_{ГОР} - q_0\right]\left[\frac{2}{\chi}\left[aj\Delta T_{ГОР} - q_0\right]\right]\left[e^{kx} - e^{k(21-x)}\right] + e^{-\frac{a}{2}1}x\right\}$$

$$X\left[\Delta T_{ХОЛ} - \frac{j^2}{\chi om^2}\right]\left[(a+2k)e^{k(1-x)} + (-a+2k)\cdot e^{k(1+x)}\right]e^{\frac{a}{2}x}\ x$$

$X\left[(a+2k)+(2k-a)e^{2k1}\right]^{-1}$, (4) откуда для тепловыделяющего спая ТЭ имеем следующее соотношение :

$$\Delta T_{ХОЛ} \equiv \Delta T(x=0) = \left\{\frac{q_0}{\chi} shkl + k\left[\Delta T_{ГОР} + \frac{j^2}{\chi om^2}\right]e^{-\frac{a}{2}1} - \frac{j^2}{\chi om^2}x\right.$$

$$\left.X\left[k\cdot chkl - \frac{a}{2}\right]\right\}\left[kchkl - \frac{a}{2}shkl + \frac{aj}{\chi}shkl\right]^{-1} \quad (5)$$

Из последнего соотношения можно определить (лишь с помощью вычисленный на ЭВМ) оптимальное значение j_0, соответствующие для получения максимального перепада температуры ТЭ при наличии защитного экрана, по условию $\partial(\Delta T_{ХОЛ}) / \partial j = 0$, требуя при этом, что выполнялось условие $\partial^2(\Delta T_{ХОЛ}) / \partial j^2 < 0$. В этих случаях из (5) определим, что при $\alpha_T = 0$:

$$T_e < \hat{T}, \quad (7)$$

где $\hat{T} = \dfrac{T_{ГОР} + \dfrac{q_0 1}{\chi} sh(m1)}{1 - ch(m1)}$

Для анализа оптимального значения плотности тока при $\alpha_t = 0$ (5) перепишем в виде

$$\Delta T_{ХОЛ} = \frac{a_1 j^2 + a_2}{1 + (j / j_1)}, \quad (8)$$

где $a_1 = \dfrac{-1 + ch(ml)}{o\chi m^2 ch(ml)}$, $a_2 = \Delta T_{ГОР} ch(ml) + \dfrac{q_0}{\chi m} th(ml)$, $j_1 = \dfrac{\chi m}{a \cdot th(ml)}$ (9)

Из (8) видно, что в области значений j, удовлетворяющей условия j <<j_1 , и при $a_t = 0$ (как и в / 1 /) эффективная температура защитного экрана не зависит от коэффициента лучистой теплоотдачи, а в остальных случаях, также как при произвольных значениях J с $a_t \neq 0$, т.е. с учетом эффекта Томсона, T_e зависит от h_1. Поскольку при изменении направления тока на обратное тепло Томсона меняет знак, то это надо учитывать при проведении экспериментальных исследований и при решении прикладных задач.

Не менее интересна кинетика данной задачи, чему будет посвящена следующая работа.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Бабин В.П., Иорданишвили Е.К., Кодиров А.А., Набиев М.Б., Олимов Х.У. Изв.ВУЗов. Приборостроение. 1988. Т. 31. № 8. С. 93 –95.

[2] Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям.- М.: Наука. 1971. –576 с.

[3] Бонч – Бруевич В.Л., Калашников С.Т. Физика полупроводников.- М.: Наука. 1977. - 672 с.

Фарғона давлат университети
2010 йил 17 майда қабул қилинган
(Тақризчи: проф. Р.Алиев)