

熱起電力出力因子に対するポテンシャル障壁高さのゆらぎの影響

Effects of fluctuations in potential barrier height on thermoelectric power factor

島根大 総合理工 °梶川 靖友

Shimane Univ. °Y. Kajikawa

E-mail: kajikawa@riko.shimane-u.ac.jp, URL: http://www.ecs.shimane-u.ac.jp/~kajikawa/

低エネルギーキャリアをポテンシャル障壁によりフィルタリングすることで、熱起電力出力因子を向上できる可能性が Moizhes と Nemchinsky [1]により示されて以来、この方法による熱電特性向上の試みが多くなされて来たが、未だに顕著な効果は得られていない。本発表では、この原因の一つとして、ポテンシャル障壁高さのゆらぎが考えられることを示す。

エネルギー E に対し緩和時間が $\tau \propto E^r$ のような依存性を持つようなキャリア散乱機構が支配的な時、均一高さ E_b のポテンシャル障壁がある場合のゼーベック係数 $\alpha_0(\varepsilon_b, \eta)$ および導電率 $\sigma_0(\varepsilon_b, \eta)$ はそれぞれ

$$\alpha_0(\varepsilon_b, \eta) = \frac{k}{q} \left(\frac{L_0^{r+5/2}(\varepsilon_b, \eta)}{L_0^{r+3/2}(\varepsilon_b, \eta)} - \eta \right) \quad (1)$$

$$\frac{\sigma_0(\varepsilon_b, \eta)}{\sigma_0(0,0)} = \frac{L_0^{r+3/2}(\varepsilon_b, \eta)}{L_0^{r+3/2}(0,0)} \quad (2)$$

で与えられる[2]。ただし、

$$L_0^n(\varepsilon_b, \eta) = \int_{\varepsilon_b}^{\infty} \left(-\frac{\partial f(\eta - \varepsilon)}{\partial \varepsilon} \right) \varepsilon^n d\varepsilon \quad (3)$$

で、 $f(\eta) = 1/(1 + e^{-\eta})$ 、 $\varepsilon_b = E_b/(kT)$ 、 $\eta = E_F/(kT)$ 、 E_F は Fermi 準位、 k は Boltzmann 定数、 q は素電荷である。

一方、標準偏差 ω の Gauss 型分布 $P_\omega(\xi)$ $= (\omega\sqrt{2\pi})^{-1} e^{-\xi^2/(2\omega^2)}$ を ε_b に仮定した場合は、

$$\alpha_\omega(\bar{\varepsilon}_b, \eta) = \frac{k}{q} \left(\frac{\int_0^\infty L_0^{r+5/2}(\varepsilon_b, \eta) P_\omega(\varepsilon_b - \bar{\varepsilon}_b) d\varepsilon_b}{\int_0^\infty L_0^{r+3/2}(\varepsilon_b, \eta) P_\omega(\varepsilon_b - \bar{\varepsilon}_b) d\varepsilon_b} - \eta \right) \quad (4)$$

$$\frac{\sigma_\omega(\bar{\varepsilon}_b, \eta)}{\sigma_0(0,0)} = \frac{\int_0^\infty L_0^{r+3/2}(\varepsilon_b, \eta) P_\omega(\varepsilon_b - \bar{\varepsilon}_b) d\varepsilon_b}{L_0^{r+3/2}(0,0)} \quad (5)$$

と表される。

$r = -1/2$ の時、 $\eta = 4$ での規格化熱起電力出力因子 $[\alpha_\omega(\bar{\varepsilon}_b, \eta)^2 \sigma_\omega(\bar{\varepsilon}_b, \eta)] / [\alpha_0(0,0)^2 \sigma_0(0,0)]$ を $\bar{\varepsilon}_b - \eta$ の関数として Fig. 1 に示す。この図よりわかるように、出力因子の向上効果は、Ref. [1]に示されたゆらぎのない場合に比べ、ゆらぎが増大するにつれ、小さくなる。したがって、出力因子の向上には、ポテンシャル障壁高さのゆらぎを小さくしなければならない。

[1] B. Ya. Moizhes and V. Nemchinsky, Proc. 11th Int. Conf. Thermoelectrics 1992, p. 232.

[2] K. Kishimoto, M. Tsukamoto, and T. Koyanagi, J. Appl. Phys. **92**, 5331 (2002).

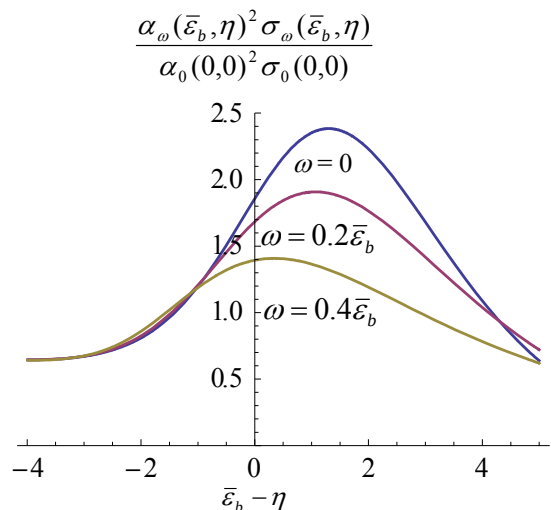


Fig. 1 Normalized thermoelectric power factor $\alpha^2 \sigma$ at the reduced Fermi level of $\eta = 4$ as a function of the mean value of reduced barrier height ε_b with respect to η for different values of the standard deviation ω of the reduced barrier height.