

イオン化不純物散乱が支配的な半導体多結晶の導電率に対する 粒界ポテンシャル障壁高さとそのゆらぎの影響

Effects of grain-boundary potential barrier height and its fluctuation on conductivity of polycrystalline semiconductors in the ionized-impurity-scattering dominated case

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/>

最近, 筆者は, 半導体多結晶での電気伝導に関し他の散乱機構が粒界散乱にくらべて無視できる場合について, 粒界ポテンシャル障壁を乗り越える熱電子放出モデルに障壁高さのゆらぎの影響を取り入れることにより, 縮退・非縮退にかかわらず, 導電率の温度依存性の多くの測定結果が説明できることを示した[1]。今回は, このモデルを, 粒界散乱よりもイオン化不純物散乱のほうが支配的な場合に適用する。

このモデルにおいて, 今回は縮退半導体のみを考え, キャリアの緩和時間として, Conwell-Weisskopf の式で与えられるイオン化不純物散乱による緩和時間を用い, 障壁高さ ϕ に $P(\phi) = (u\sqrt{2\pi})^{-1} e^{-(\phi-\bar{\phi})^2/(2u^2)}$ というガウス型分布を仮定して, 粒界での障壁を乗り越える熱電子放出による導電率を計算し, $\bar{\phi}$, u およびイオン化不純物濃度 N_I をフィッティングパラメータとして, 各種の半導体多結晶における導電率の温度依存性の測定結果をフィッティングした。Fig. 1(a)に n 型 FeS₂ 多結晶[2], Fig. 1(b)に n 型 ZnO 多結晶[3]及び n 型 WO₃ 多結晶[4]の導電率の測定結果と比較して計算結果を示す。また, Table 1 に N_I , $\bar{\phi}$, u のフィッティング結果を示す。

図に示すように, 粒界障壁がない場合 (すなわち単結晶) の場合の計算結果 (青線) は, ほぼ温度によらず一定であるが, 均一な高さの障壁を仮定した場合の計算結果 (赤線) は, 一定

の傾きをもった直線的な Arrhenius プロットとなる。これに対し, 障壁高さのゆらぎを取り入れた場合の計算結果 (黄線) は, 曲線的な Arrhenius プロットとなり, 測定結果をうまく説明できることがわかる。

- [1] Y. Kajikawa, J. Appl. Phys. 112 (2012) 123713.
[2] J. Oertel et al., J. Cryst. Growth 198/199 (1999) 1205.
[3] A.P. Roth, D.F. Williams, J. Appl. Phys. 52 (1981) 6685.
[4] M. Regragui et al., Thin Solid Films 397 (2001) 238.

Table 1

material	n (10^{19}cm^{-3})	N_I (10^{20}cm^{-3})	$q\bar{\phi}$ (meV)	qu (meV)
FeS ₂ [2]	9	65	193	18
	12	33	215	17
ZnO [3]	12	4	240	10
WO ₃ [4]	10	11	150	70

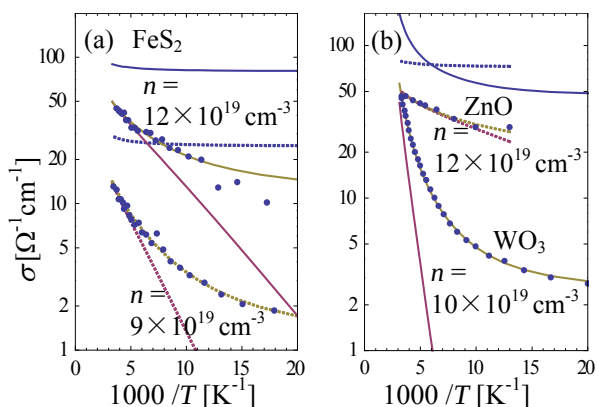


Fig. 1 Arrhenius plots of conductivity for polycrystalline semiconductors reported in literature: (a) FeS₂ [2] with two different doping levels; (b) ZnO [3] and WO₃ [4]. Solid or dashed lines represent calculated results assuming no barrier (blue lines), uniform barrier heights (red lines), and fluctuated barrier heights (yellow lines).