

縮退した多結晶 AZO 透明導電膜における粒界の不規則性を考慮した粒界散乱

Grain boundary scattering taking account of disorder of grain boundary in degenerated transparent and conductive polycrystalline AZO films

金沢工大 OEDS R&D センター °宮田 俊弘, 南 内嗣

OEDS R&D Center, K I T °T. Miyata and T. Minami

E-mail : tmiyata@neptune.kanazawa-it.ac.jp

【はじめに】縮退した多結晶 ZnO 系透明導電膜では、電気伝導機構を支配する主因が粒界散乱である。しかし、粒界からのキャリア（電子）散乱については未だ十分な解明に至っていない。我々は、多結晶金属薄膜における粒界散乱を量子論に基づき取り扱う Munoz らの理論¹⁾を使って、縮退半導体である多結晶 Al 添加 ZnO (AZO)透明導電膜の粒界散乱機構の説明を試みている。今回は、Munoz らの理論に基づき粒界散乱における粒界の不規則性の取り扱いについて検討する。

【実験と理論】AZO 透明導電膜（高周波重畳直流マグネトロンスパッタ成膜(rf+dc-MSD)法を用いてガラス基板上に作製）の電気的特性の基板上での分布を含む重畳した r.f 電力依存性について、Munoz らの理論に基づいて粒界散乱に対する粒界の不規則性の影響を検討する。すなわち、Krönig-Penney 周期ポテンシャルに対する Schrödinger 方程式の解（波動関数）から導いた Green 関数を使って、久保の線形応答公式に基づく量子輸送理論から抵抗率の増加に対する粒界散乱の影響を検討した。粒界の不規則性の効果を導入するために、n 番目の粒界の位置 x_n を $x_n=nd+\Delta_n$ （ただし、d は平均粒径、 Δ_n は不規則変数でガウス分布を採用）と考え、電子が N 個の粒界列を通過する確率を転送行列(transfer matrix) P_n を用いて算出した。また、Munoz らが指摘している、弱い Anderson 局在について検討した。弱い Anderson 局在を導入して計算した移動度とキャリア密度との関係（ μ -n 関係：点線）の Anderson 局在長さ(L_{loc})依存性を図 1 に示す。同図中の実験データは、rf+dc-MSD 法で作製された AZO 薄膜のホール測定の結果である μ^{Hall} - n^{Hall} 関係を示している。データポイントの変化は基板上での変化（分布）、形状は成膜に使用されたスパッタ直流電圧の変化を示す。図 2 には、転送行列法から算出した μ -n 関係（実線）のポテンシャルバリアの強さ(S_b)依存性を示す。

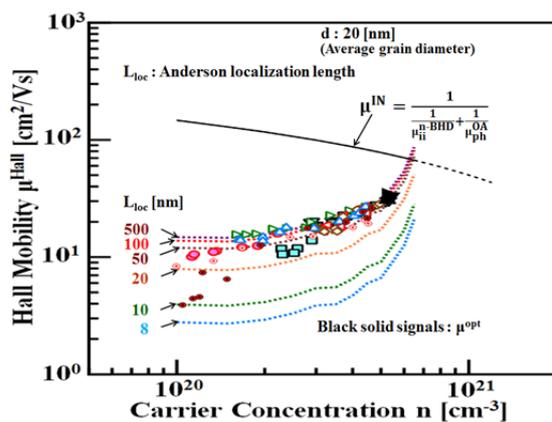


図 1 μ -n 関係

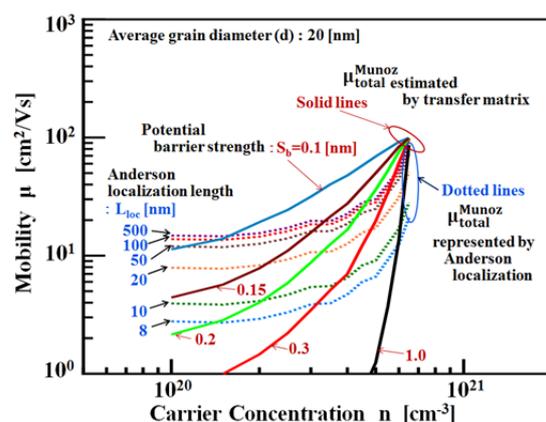


図 2 μ -n 関係

【まとめ】粒界の不規則性が容易に強い局在化を生じることが確認された。また、いずれの計算においても、MSD 法で作製された AZO 薄膜において観測される正の傾きを有する μ^{Hall} - n^{Hall} 関係に良いフィッティングが得られた。

1) C. Munoz et al., Appl. Phys. Reviews 4 (2017) 011102. & Appl. Surf. Sci. 329 (2015) 184.