

CVD-TiO₂ 薄膜の電導モデルConduction model in CVD-TiO₂ layer

茨城大工 °山内 智, 石橋和洋, 富田啓輔, 今井 洋

Ibaraki Univ., °S. Yamauchi, K. Ishibashi, K. Tomida, Y. Imai

E-mail: ysatoshi@mx.ibaraki.ac.jp

【はじめに】我々は TTIP を原料とする CVD 法による TiO₂ を形成する際に、NbF₅ を不純物原料として用いることでドナードーピングができること、および、成長中に H₂ ガスを添加することで低抵抗な薄膜が形成できることを報告した^{1,2)}。また、このようにして形成した薄膜は、薄膜成長後に Wet 処理を行うことで更に低抵抗化が図れることから薄膜の電導には表面欠陥が寄与していることが示唆された²⁾。今回は、これらの結果を基に CVD 法により形成した多結晶 TiO₂ 薄膜の伝導機構モデルの提案を行う。

【キャリア伝導モデル】本キャリア伝導モデルは、粒界での空乏層によるキャリア伝導の遮断に基づき、粒子内 (Kernel) でのキャリア密度 n_{ker} を粒界 (Boundary) でのキャリア密度 n_{bnd} が $n_{ker} \ll n_{bnd}$ の関係にあることを仮定する。表面準位 (エネルギー準位: E_t 、分布: $N_{ss}(E)$ 、密度: N_{ss}) にトラップされた電子密度 N_{se} は $N_{ss}(E)\{1 - e^{-(E_c - E_t)/KT}\}$ で表されることから、粒界での薄膜表面からの空乏層幅 (W_{bnd}) は $N_{se} = n_{bnd} W_{bnd}$ により見積ることができ、この粒界での空乏層がキャリア伝導を遮断すると考えれば、厚さ d の薄膜の実効的なキャリア伝導は基板側の $d - W_{bnd}$ の領域で生じることになる。

【実験結果】図は、H₂ ガスを用いて成長したアンドープおよび Nb-F ドープ TiO₂ 薄膜の as-depo での抵抗率の温度依存性である (○アンドープ、○Nb-F ドープ)。どちらの薄膜も低温域での特性からみて縮退していると考えられるが、温度上昇に伴う抵抗率の低下も見られる。この結果に対して、表面トラップ準位をガウス分布として本伝導モデルで計算したものが実線であり非常に良い一致を示す。挿入図は、計算に用いた $N_{ss}(E)/n_{bnd}$ である。アンドープ膜での表面準位のピークエネルギーが E_c より 104meV 低エネルギーにあり分散が大きいものに対してドープ膜では 93meV と若干浅くなり分散が小さくなっている。また、 N_{ss}/n_{bnd} はアンドープ膜で 1.5×10^{-2} 、ドープ膜で 7.4×10^{-3} となり、粒界でのキャリア密度に対する表面準位密度がドープ膜で減少していることがわかる。これらの結果から、CVD 法により形成した薄膜の伝導機構には粒界および表面の特性が強く寄与しており、Nb-F ドーピングによる低抵抗化は粒内でのキャリア密度の増加のみではなく粒界と表面特性の改善も大きく寄与していると考えられる。

参考文献:

- 1) 石橋 他, 第 59 回応用物理学関係連合講演会予稿集, 18a-F6-7 (2012).
- 2) 石橋 他, 第 73 回応用物理学会学術講演会予稿集, 13p-C13-19 (2012).

