多結晶 AZO 透明導電膜のキャリア輸送現象に対する結晶粒界の影響 Influence of grain boundary on carrier transport in polycrystalline transparent

conducting Al-doped ZnO thin films

金沢工大 OEDS R&D センター ^O宇於崎涼介,山中俊憲,宮田俊弘,南内嗣 OEDS R&D Center, K I T[°]R. Uozaki, T. Yamanaka, T. Miyata, and T. Minami E-mail : tmiyata@neptune.kanazawa-it.ac.jp

【はじめに】最近,毒性対策が必要なITO透明電極に代わる材料として,特に小規模用途でのZnO系透明導電膜の需要が増大している.例えば,薄膜太陽電池用透明電極として適合する表面テクスチャ構造を有するZnO系透明導電膜は,マグネトロンスパッタ成膜(MSD)法を用いると2種類のテクスチャ形成法を用いて実現できる.しかし,得られる電気的特性が形成方法(成膜条件が異なる)に強く影響される.今回は,成膜条件を変化して作製されたAl添加ZnO(AZO)膜の結晶学的特性に注目して,得られる電気的特性と結晶粒界との関係を詳しく検討したので報告する.

【実験方法】AZO 薄膜は、市販の AZO 焼結体ターゲット(直径 150mmの円形もしくは 127×275mmの矩形)を使用する 2台の直流もしくは高周波(13.56MHz)重畳直流 MSD 装置を用いて、ガラス基板(OA-10)上にスパッタガス(純Ar) 圧力を 0.2-12Pa 及び成膜温度(Ts)を室温(RT),200 もしくは 350℃と変化させて作製された.得られる AZO 薄膜の電気的特性及び結晶学的特性は膜厚の増加に伴って著しく改善されるが、約500nm 程度以上では飽和することが知られているので、ここでは膜厚を 1 μ m 一定としている.膜の電気的特性は Van der Pauw 法を用いて評価された.

【結果と考察】作製された膜は全て基板表面に垂直に c 軸配向 (配向の程度は成膜条件に依存)していた.図1(a)及び(b) にホール効果を使って測定した移動度(μ_{Hall})と c 軸方向の結 晶子サイズ(L_c)及び a 軸方向の結晶子サイズ(L_a)との関係を それぞれ示している. L_c 及び L_a はX線回折(XRD)法を用 いて Out of plane での(0002)及び In-plane での(100)XRD ピークからそれぞれ算出した.同図には比較のため、パルス

レーザー蒸着 (PLD) 法で作製した AZO 膜の結果 も示している. µ_{Hall} (白抜きプロット) は L_cの増加 に伴って増大し、µHallはLcとの間で明確な相関関係 が認められるが、Laとは関係が認められない. すな わち, µ_{Hall}は Van der Pauw 法の印加電界の方向の L_aとは関係なく,垂直方向のL_cに影響される. 方,キャリア密度(n)においても図1と同様の関 係 (n が約 2×10²⁰から 1×10²¹cm⁻³まで増加すると L_c も増大した)が得られた. また, L_cと L_aとの間に は相関関係が認められなかった.図1(a)には膜の 光学的特性から求めた光学移動度(µont)のLc依存 性を着色プロットで示している.以上の結果は、キ ャリア輸送現象が粒界散乱に支配されていること を示唆している.上述の粒界散乱は、図2に示すよ うな粒界サイズ効果から生じる粒界ポテンシャル による電子の反射を考慮すると説明される.



図2 粒界ポテンシャルによる電子の反射

【まとめ】AZO 透明導電膜では、ホール移動度が電子の移動する方向と垂直な(0002)方向の結晶 子サイズに影響され、移動方向である(100)方向の結晶子サイズには影響されない.これは粒界 ポテンシャルによる電子の反射を考慮する粒界散乱として説明される.

 \oplus

(b) μ^{re}