

Al 添加 ZnO 透明電導電膜の特性に及ぼす 高周波重畳直流スパッタリング法の効果

Effects of RF-superimposed DC magnetron sputtering on the properties of
highly transparent conductive Al-doped ZnO films

1) 高知工科大総研、2) 高知高専

○野本淳一¹⁾、宋華平¹⁾、牧野久雄¹⁾、岸本誠一^{1), 2)}、山本哲也¹⁾

1) Research Inst. Kochi Univ. Tech, 2) Kochi National College of Tech.

°J. Nomoto¹⁾, H. Song¹⁾, H. Makino¹⁾, S. Kishimoto^{1), 2)}, T. Yamamoto¹⁾

E-mail: nomoto.junichi@kochi-tech.ac.jp

【はじめに】これまでに高周波重畳直流マグネトロンスパッタ法 (RF+DC-MS) により成膜した Al 添加 ZnO (AZO) 透明電導電膜は、DC-MS により成膜した場合と比較して、優れた電気特性及び結晶学的特性(*c* 軸配向性) を実現でき、且つ薄膜太陽電池用透明電極用途に対してより適合する表面テクスチャ構造の形成が可能であることが報告されている[1]。一方で、薄膜中での Al 含有量とその化学状態への影響、そしてそれが及ぼす電気・光学特性の耐湿安定性等に与える効果と、重畳する RF 電力との相関は十分に議論されていない。本研究では、RF+DC-MS 成膜した AZO 透明電導電膜において、重畳する RF 供給電力が薄膜の特性に及ぼす影響について検討した。

【実験方法】AZO 膜は、ZnO に Al₂O₃ (1.0 もしくは 2.0wt.%) を混合した円形高密度焼結体をターゲットとして用いる 13.56MHz の高周波(RF)を重畳可能な直流マグネトロンスパッタ (DC-MS) 成膜装置 (ULVAC, CS-L) を用いて、約 200°C に加熱された大きさ 10cm 角の無アルカリガラス基板 (Corning, EAGLE XG) 上に膜厚を約 2μm までとして作製された。なお、成膜中は均一な膜厚分布を実現するために、基板をおよそ 10rpm の速度で回転させている。作製された AZO 膜の電気、光学及び結晶学的特性及びこれらの特性の耐湿 (相対湿度 85%、85°C) 特性等が評価された。薄膜中の Al 含有量及びその化学状態は X 線光電子分光 (XPS) 装置を用いて評価された。

【結果と考察】AZO の特性に対する RF 重畳効果は、ターゲットと基板との位置関係に著しく依存した。位置関係は下記の 2 つに分かれる。①ターゲットに対して基板を対向して設置した場合[2,3]、②ターゲットのエロージョン領域よりも外周に基板を設置した場合(本研究)、である。①では、DC-MS 成膜法を用いて作製された膜はターゲットのエロージョン領域に対向する基板位置で、抵抗率 ρ が他の基板位置に比べ上昇し、結果として抵抗率分布が現われた[2]。加えて薄膜の光学的特性や結晶学的特性にも分布が生じていた。一方、RF+DC-MS 成膜法を用いて AZO を作製すると DC-MS 成膜法を用いた場合と比較して、エロージョン領域に対向する基板位置の ρ が低下し、結果として平坦な ρ 分布を実現していた。その改善は、ホール移動度及びキャリア密度の両方の上昇に因る。加えて X 線回折評価の結果から高い *c* 軸配向性の実現できている。これらより、RF 電力を重畳する効果として、ターゲットから基板へ供給される高エネルギー酸素イオン量の減少と共にその活性度の緩和を考えている[3]。②では、①に対するその優位性として、ターゲットから基板へ供給される活性な酸素イオンの影響を限りなく少ない状態である、と考えている。この配置関係の場合、RF+DC-MS 成膜された AZO 膜の ρ 分布は DC-MS 成膜された場合と同程度 (キャリア密度は上昇する一方で、ホール移動度は低下) で、RF 重畳効果は小さいことがわかった。上記キャリア密度の上昇の原因は 2 つの異なる可能性を示唆する。1 つめは Al 含有量の変化はなく、補償比 (carrier compensation) の減少に因る。2 つめは Al 含有量増大と共に化学状態の変化 (活性度向上) に因る。

【参考文献】[1] J. Nomoto, *et al.*, Thin Solid Films, **520** (2011) 1400; [2] H. Nanto, *et al.*, J. Appl. Phys., **55** (1984) 1029; [3] T. Minami, Thin Solid Films, **516** (2008) 1314.

【謝辞】日本学術振興会科研費基盤研究 A (研究費番号 30320120) による支援を受けている。