

Al, V 共添加 ZnO 薄膜の電気・光学特性

Electrical and optical properties of Al and V co-doped ZnO thin films

東北大工¹、東北大院工²、学振特別研究員 DC³

○立山 千聡¹、鈴木 智也²、千葉 博^{2,3}、川島 知之²、鷲尾 勝由²

Tohoku Univ.^{1,2}, JSPS Research Fellow DC³

°Chisato Tateyama¹, Tomoya Suzuki², Hiroshi Chiba^{2,3}, Tomoyuki Kawashima², Katsuyoshi Washio²

E-mail : c.tateyama@ecei.tohoku.ac.jp

【はじめに】 アルミニウム (Al) 添加 ZnO 薄膜 (AZO) は、Al 原子が Zn 原子を置換し、ドナーとして働くことで低抵抗率を示すことが報告されている^[1]。我々はこれまでに、バナジウム (V) 添加 ZnO 薄膜 (VZO) においては、V 原子がドナー型の格子欠陥を形成することで高キャリア密度化すると同時に、中性型の格子欠陥 (Zn 欠損) を形成することを明らかにした^[2]。本研究では、これらの異なるキャリア生成メカニズムを持つ Al と V を共添加した ZnO 薄膜 (AVZO) の電気・光学特性を評価した。

【成膜方法・評価方法】 RF マグネトロンスパッタ法 (Ar 雰囲気 : 1.0 Pa) を用いて、400 nm 厚の AZO (Al : 1.5 at.%)、VZO (V : 1.5 at.%) および AVZO (Al : 1.5 at.%, V : 1.5 at.%) 薄膜を石英基板上に成膜し、成膜温度 (T_G) を RT~450°C の範囲で変化させ、抵抗率と光透過率を評価・比較した。

【結果と考察】 AZO、VZO、AVZO 薄膜の抵抗率の T_G 依存性を Fig. 1 に示す。AVZO 薄膜の抵抗率は $T_G \leq 150^\circ\text{C}$ において AZO、VZO 薄膜よりも低く、150°C においていずれの薄膜も最も低い抵抗率を示し、AZO と VZO 薄膜はともに 0.6 mΩcm、AVZO 薄膜は 0.42 mΩcm であった。一方、 $T_G \geq 175^\circ\text{C}$ において AVZO の抵抗率は急増し、AZO、VZO 薄膜よりも高抵抗化した。AZO、VZO、AVZO 薄膜の波長 450~800 nm での平均透過率の T_G 依存性と 150°C 堆積膜の透過率スペクトルを Fig. 2 に示す。 $T_G \leq 150^\circ\text{C}$ において、V 添加によって低下した平均透過率は Al 共添加によって改善された。その結果、高い平均透過率になるのが VZO 薄膜では $T_G \geq 175^\circ\text{C}$ に対して、AVZO 薄膜では約 25°C 低い $T_G \geq 150^\circ\text{C}$ であった。ここで、AZO、VZO に比べて AVZO 薄膜の吸収端がブルーシフトしていることから、AVZO 薄膜では高キャリア密度化により低抵抗率を得たと考える。以上から、V 添加で生成された Zn 欠損を Al が補償し、V と Al の共添加によって異なる 2 つのキャリア生成メカニズムが効果的に作用することが分かった。その結果、低温成膜において、AVZO 薄膜は VZO に比べて透過率が高く、AZO より低抵抗化できることを確認した。

【参考文献】 [1] T. Minami, *Semicond. Sci. Technol.* **20**, S35 (2005).

[2] T. Kawashima et al., *Mat. Sci. Semicond. Proc.* In Press (2016)doi:10.1016/j.msssp.2016.10.052.

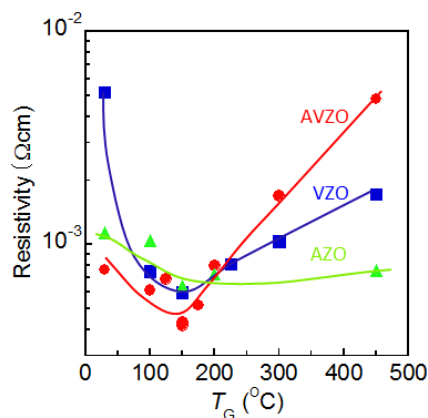


Fig. 1. Dependence of resistivity for AZO, VZO, and AVZO thin films on growth temperature.

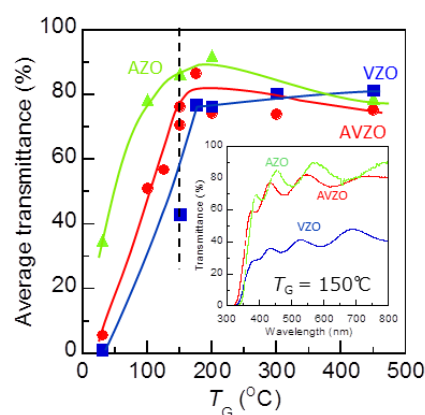


Fig. 2. Dependence of average transmittance on growth temperature. Inset shows optical transmission spectra of AZO, VZO, and AVZO thin films.