

ZnMgO系ワイドギャップ透明導電膜

電気を良く通す導体でありながら透明な透明導電膜は、フラットパネルディスプレイや太陽電池など、さまざまなところで我々の生活を支えている。ZnOは、現在最も多く用いられているITOに代わる透明導電膜材料として注目されている。一方、ZnOとMgOの混晶系(ここでは $Zn_{1-x}Mg_xO$ と呼ぶ)では、Mg濃度の増加によってバンドギャップが増大することが知られている。我々は、バンドギャップ制御可能なII-VI族透明半導体材料である $Zn_{1-x}Mg_xO$ に、III族元素であるAlをドーピングすることにより導電性を付与した透明導電膜を作製した。従来の透明導電膜材料ではバンドギャップが一定であったが、 $Zn_{1-x}Mg_xO$ 系の材料を用いることで、バンドギャップを制御した透明導電膜が、同一材料系で実現可能となる。バンドギャップを制御した透明導電膜は、透明な電極として紫外発光デバイスの効率を向上させることや太陽電池のバンドダイアグラムの制御による高効率化への寄与が期待できる。

Alドーピング $Zn_{1-x}Mg_xO$ 薄膜はパルスレーザー堆積法で作製した。大まかに言うと、抵抗率はAl濃度によって、バンドギャップはMg濃度によって制御される。今回Al濃度は過去のAlドーピングZnOの実験で最小抵抗率を得られた

2.3at%とし、Mg濃度の異なる薄膜をガラス基板上に作製した。薄膜の電気特性を図1に示す。図中横軸はMgの割合 x で、縦軸は抵抗率、キャリアの移動度、キャリア電子密度である。比較的Mg濃度の低い領域で低い抵抗率が得られている。Mg量が増加すると、キャリアの散乱や有効質量が増加して抵抗率が上昇するものと考えられる。 $x \leq 0.17$ で透明導電膜として利用できる値の目安とされる抵抗率 $1 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}$ 以下が得られた。図2は、膜の吸収係数と光子エネルギーの関係を示したものである。 $x=0.17$ のとき、バンドギャップ3.97eVが得られた。過去のAlドーピングZnOの実験ではAl濃度1at%程度で、抵抗率 $1 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}$ 、バンドギャップ3.5eVが得られている。これらより、AlとMgの濃度を選ぶことにより $1 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}$ 以下の抵抗率を有しながら、バンドギャップを約3.5eVから4eVまで変化させることができた。

本研究の材料のように同一材料系で透明導電膜としての特性を満たしつつ任意のバンドギャップを選べることは、太陽電池や受発光デバイスなどの半導体デバイスのバンドダイアグラムの設計の自由度を向上させ、それらのデバイスの効率向上に大きく寄与するものと期待される。

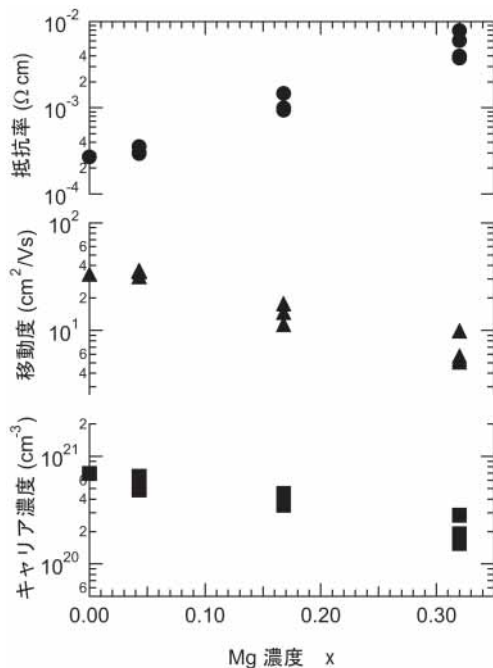


図1 Alドーピング $Zn_{1-x}Mg_xO$ の電気特性

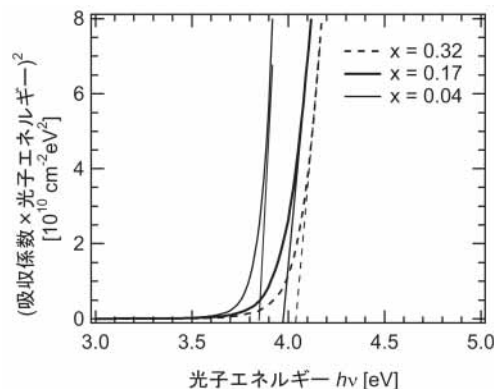


図2 Alドーピング $Zn_{1-x}Mg_xO$ の吸収係数の光子エネルギー依存性



まつばら こうじ
松原浩司
koji.matsubara@aist.go.jp
光技術研究部門
(併) 電力エネルギー研究部門

関連情報

- K. Matsubara, P. Fons, K. Iwata, A. Yamada, and S. Niki: Thin Solid Films, Vol. 422, 176-179 (2002).