

ZnO の電子伝導における電荷補償と電子状態の考察

Electronic compensation and electronic states on the conductivity of ZnO

物材機構¹, ○大澤 健男¹, 橋口 未奈子¹, 坂口 勲¹, 大橋 直樹¹NIMS¹ ○Takeo Ohsawa¹, Minako Hashiguchi¹, Isao Sakaguchi¹, Naoki Ohashi¹

E-mail: ohsawa.takeo@nims.go.jp

【はじめに】酸化亜鉛 (ZnO) を用いたトランジスタや LED に代表される電子デバイス研究が進展している。しかし、高純度な ZnO 単結晶でさえ、発光効率や電子伝導に関して、格子欠陥や微量不純物の課題が残されている。我々は、Li や Al 不純物による電荷補償に加えて、浅いドナーとしての水素不純物について検討してきた。^[1,2] 今回、複数の ZnO 単結晶を用いて、加熱処理時の外部からの不純物混入を防ぐための超高真空中 (UHV) 加熱を実施し、加熱前後における光・電子物性を検討したので報告する。

【実験】 Al/Li 比 ($10^0 \sim 10^2$) の異なる ZnO 単結晶を使用した。UHV 下 (b.p 3×10^{-10} Torr) で ZnO 単結晶を高温加熱 ($600 \sim 1200^\circ\text{C}$) し、その前後において、光・電子物性測定 (フォトルミネッセンス, ホール効果, 電気容量-電圧測定など), ならびに 2 次イオン質量分析を行った。さらに、水蒸気雰囲気中で熱処理を実施し、ZnO 結晶中へ水素を導入した。^[3]

【結果】 図 1 に、UHV 加熱前後における電子濃度を示す。Al/Li= 10^1 以上の Al-rich 試料 (Al: 10^{16} cm^{-3}) では、電子濃度 (n : 10^{16} cm^{-3}) は変化しておらず、Al ドナーが電子濃度を決定していることが分かる。一方、Al/Li= 10^0 の擬ストイキオメトリ ZnO (Al: $10^{16} - 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) では、As-grown で n : 10^{15} cm^{-3} であるのに対し、加熱後では 10^{12} cm^{-3} 台まで減少した。さらに、ホール移動度も 2 桁低下した。これらの結果は、Al と Li 間の電荷補償、ならびに加熱による亜鉛空孔アクセプター形成の結果として電子濃度が決定していることが示唆される。さらに、水素を ZnO 結晶中に導入することによって、電子濃度を顕著に変化させることが可能であり、水素ドナーの寄与を認識する必要がある。当日は、これらを総括して議論する。

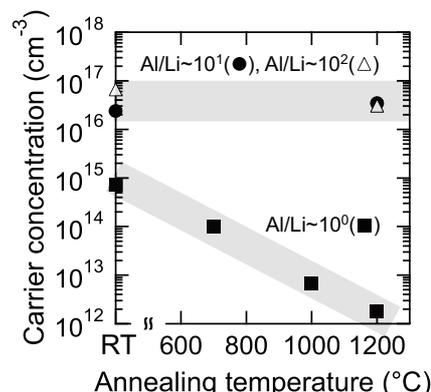


図 1: UHV 加熱前後における ZnO 結晶中の電子濃度。

参考文献

- [1] C.G. Van de Walle, *Phys. Rev. Lett.* **85**, 1012 (2000).
- [2] N. Ohashi *et al.* *Appl. Phys. Lett.* **80**, 2869 (2002).
- [3] K. Watanabe *et al.* *Appl. Phys. Lett.* **103**, 201904 (2013).