19p-E10-6

ＺｎＯの極性と発光デバイス実現に向けたＭＢＥ成長技術

Polarity of ZnO and MBE growth technology toward achievement of light-emitting devices

スタンレー電気（株）研究開発センター　°加藤 裕幸，京谷 千寿，佐野 道宏
R&D Center, Stanley Electric Co., Ltd.,　°Hiroyuki Kato, Chizu Kyotani, Michihiro Sano
E-mail: hiroyuki_kato@stanley.co.jp

酸化亜鉛（ZnO）は、室温で 3.37eV のバンドギャップを有している直接遷移型の半導体で、励起子の束縛エネルギーが 60meV と従来のワイドギャップ半導体（ZnSe:18meV, GaN:24meV）に比べて大きく、室温で励起子発光過程を利用した高効率な紫外発光素子として期待されている。

ZnO 結晶は、六方晶系ウルツ鉱型の結晶構造を有し、その c 軸には 2 つの極性面（Zn 面、O 面）を持つ。この極性の違いは物性に大きな影響を与える。たとえば酸やアルカリを用いたエッチングにおいては、O 極性面は容易にエッチングされるが、Zn 極性面のエッチング速度は極端に遅くなる。また真空加熱時の蒸発速度については、O 極性面より Zn 極性面の方が速く、容易に蒸発し、単結晶表面のモフォロジーにも違いが生じる。一方、結晶成長の観点からも極性は様々な影響を与える。本講演では、この極性の違いに焦点を当て、物性や分子線エピタキシー（MBE）法による結晶成長の違いなどについて報告する。また発光デバイスについても最近の研究動向を報告する。

ZnO 基板や GaN テンプレートなどの有極性基板を用いれば、ZnO 単結晶薄膜の極性制御は容易であるが、非極性基板であるサファイア基板を用いた場合は、通常 O 極性を示す。我々は MgO バッファー層の厚みを変えることで極性制御可能であること、極性反転が MgO の結晶構造の変化に由来するものであることを見出した[1]。また O/Zn フラックス依存性及び成長温度依存性より、成長速度及び成長モードの違いがあることを明らかにしてきた[2, 3]。これらは両極性面における表面ボンド配置に起因した Zn の付着係数及び表面拡散長の差により説明できる。アンドープ ZnO 膜の残留キャリア濃度としては、O 極性より Zn 極性の方が低いものが得られた[4]。ドーピング特性については、n 型ドーパントである Ga は O 極性の方が容易にドープ可能な傾向にあり（図 1）、p 型ドーパントである N については Zn 極性の方が容易にドープ可能である（図 2）。N ドーピング方法を検討し、紫外発光ダイオードを試作した[5]。Zn 面 ZnO 基板上に形成した N-doped MgZnO/ZnO-SH 構造 LED の EL スペクトルを図 3 に示す。発光波長が 377nm の紫外発光が得られた。

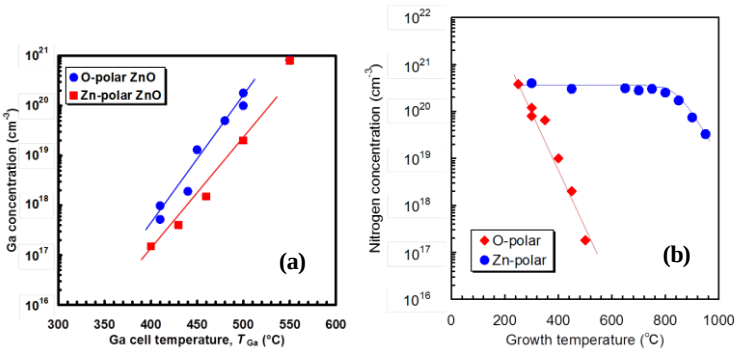

図 1　Ga 及び N ドーピング特性の極性依存性

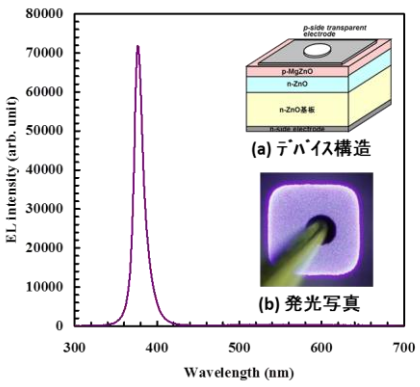

図 2　ＥＬスペクトル

【参考文献】 [1] H. Kato *et al.*, Appl. Phys. Lett. 84 (2004) 4562. [2] H. Kato *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 42 (2003) 2241. [3] H. Kato *et al.*, J. Crystal Growth 265 (2004) 375. [4] H. Kato *et al.*, J. Crystal Growth 275 (2005) e2459. [5] H. Kato *et al.*, Appl. Phys. Express 4 (2011) 091105.

© 2014 年　応用物理学会