

結晶成長方法が GaAsN 薄膜中の窒素原子に起因する 局在電子準位の構造に与える影響

Effect of crystal growth method on the microstructure of
nitrogen-related localized state in GaAsN thin film

宮崎大学¹、豊田工業大学² °丁文¹、森岡剛志¹、藤田尚紀¹、鈴木章生¹、
鈴木秀俊¹、福山敦彦¹、山口真史²、碓哲雄¹

University of Miyazaki¹, Toyota Technological Institute² °Wen Ding¹, Goshi Morioka¹, Naoki Fujita¹,
Akio Suzuki¹, Hidetoshi Suzuki¹, Atsuhiko Fukuyama¹, Masahito Yamaguchi², and Tetso Ikari¹

E-mail: nc13002@student.miyazaki-u.ac.jp

1. はじめに

III-V-N 型半導体 GaAsN は超高効率化を目指す多接合型太陽電池開発において注目されている材料であり、そのバンドギャップ(E_g)の特徴を決めるモデルとして、バンド反交差(Band Anti Crossing: BAC)モデル[1]が支持されている。しかしながらこの BAC モデルでは、導入される窒素が形成する局在準位(E_N)が重要なパラメーターであるにもかかわらず、その窒素濃度依存性や温度係数($-dE_N/dT$)など物性の詳細が不明である。本研究では、窒素濃度や結晶成長方法が E_N のエネルギー準位および温度係数($-dE_N/dT$)に与える影響について調べた。

2. 実験方法

本研究では GaAs 基板上に化学ビームエピタキシー(CBE)法[2]で成長させた N 組成 0.3, 0.8, 1.1, 1.8% の GaAsN 薄膜と、流量変調 CBE(FM-CBE)法で成長させた N 組成 0.6, 0.8, 1.4% の GaAsN 薄膜を用意した。100~300K の温度範囲でレーザー変調反射分光(PR)測定を行い、反射率の変調成分比 ($\Delta PR/PR$) スペクトルに対して Aspnes の 3 次微分式[3]を fitting することで、反交差により分離した E_- と E_+ を算出した。 $-dE_N/dT$ の算出においては、100~300K の温度範囲では E_N の温度変化が線形であると仮定して最小二乗法により求めた。

3. 実験結果と考察

Fig.1 に示すように両成長法ともに N 組成の増加に伴い $-dE_N/dT$ が減少した。また、FM-CBE で成長した試料の減少割合が大きく、且つ $-dE_N/dT$ の値も大きいことが分かった。 $-dE_N/dT$ は隣接間原子距離の温度変化に密接な関係を持つことから N 原子の分布およびそれらの相互作用を考える必要がある。これまでの我々の研究で、 E_N は孤立 N 原子に起因する単独構造ではなく、N 原子のペア(NN_i , ここで i は i 番目の近接原子を意味する)複合体であり、N 原子同士が濃度から予想される以上に非常に近い距離にある可能性が示された[4]。つまり、 E_N と NN_i の分布が結晶成長方法で変化していると考えられる。本実験結果は、FM-CBE により成長させた試料が NN_i 間の平均距離が大きく、N 原子が比較的均一に分布していることを示唆している。

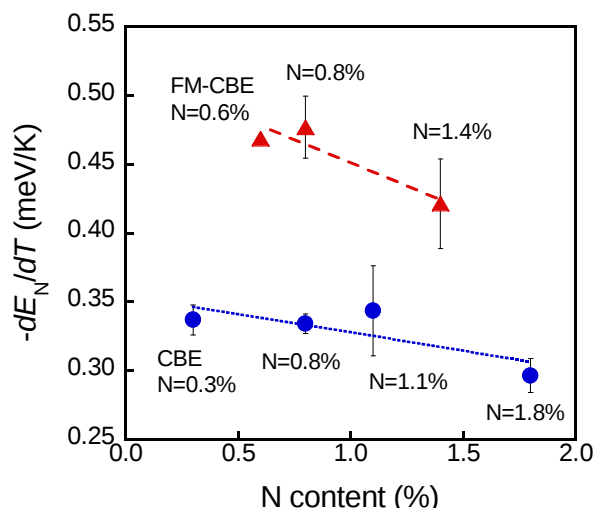


Fig. 1 $-dE_N/dT$ as a function of N content for CBE and FM-CBE grown sample

[1] W. Shan *et al.*: Phys. Rev. Lett. **82** (1999) 1221.

[2] K. Nishimura *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys. **46** (2007) 2844.

[3] D. E. Aspnes: Surf. Sci. **37** (1973) 418.

[4] H. Suzuki, A. Suzuki, A. Fukuyama, T. kari: J. Crystal Growth **384** (2013) 5.