



Title	GaNAs混晶半導体の成長と物性評価
Author(s)	植杉, 克弘; 末宗, 幾夫
Citation	電子科学研究, 5, 66-67
Issue Date	1998-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24413
Type	departmental bulletin paper
File Information	5_P66-67.pdf



GaNAs混晶半導体の成長と物性評価

光材料研究分野 植杉克弘、末宗幾夫

V族にNを含んだGaNAs混晶半導体は従来のIII-V族混晶半導体とは異なる特異な特性を持っており、新しい半導体素子への応用が期待されている。本研究では有機金属分子線エビタキシ法を用いてGaNAs混晶半導体の成長を試み、その物性評価を行ったので紹介する。

1 はじめに

近年、新しい半導体材料としてGaAsやGaP等のIII-V族化合物半導体にNを含んだIII-N-V族混晶半導体が注目されている。この系ではNの電気陰性度が他のAsやP等の構成元素に比べて約2倍と大きいので、N組成の変化に対して大きなバンドギャップのボーイングを持つことが誘電バンド理論から予測される^[1]。GaNAs混晶半導体のバンドギャップの誘電バンド理論計算値(実線)と、報告されている実験値^{[2]-[4]}を図1に示す。N組成が小さい領域ではN組成の増加に伴いバンドギャップの大きなレッドシフトが生じている。さらにN組成が増加すると、実験的には未だ確認されていないが、負のバンドギャップを持つ領域があり半金属化すると予測される。このようにN系V族混晶半導体は従来のIII-V族混晶半導体とは異なる特性を持っており、その応用により新しい半導体素子の開発が可能となると考えられる。しかし、現在は成長に効率の良いN原料が無いこと、Nの共有結合長が他の構成元素に比べて小さいため混晶化しにくい等の問題がある。本研究では、N原料にモノメチルヒドラジン(MMHy)を用い、有機金属分子線エビタキシ(MOMBE)法によるGaNAs混晶半導体の成長を行い、その物性評価を行った。

2 実験

MOMBE法により半絶縁性GaAs(001)基板の上にGaNAs混晶半導体を基板温度420℃~640℃で成長した。Ga原料はトリエチルガリウム(TEGa)、As原料はトリスジメチルアミノヒ素(TDMAAs)、N原料はMMHyを用いた。GaNAsの組成は高分

解能X線回折測定、バンドギャップは透過測定により求めた。

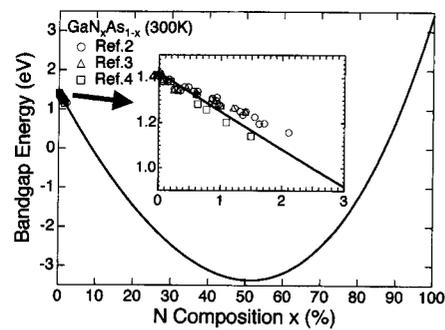


図1 誘電バンド理論によるGaNAsのバンドギャップ(実線)と報告されている実験値のN組成依存性。

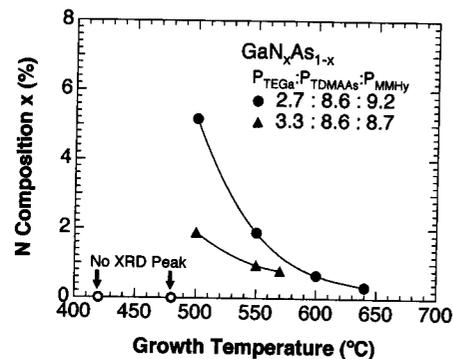


図2 GaNAsのN組成の成長温度依存性。

3 結果と考察

図2はGaNAsのN組成の成長温度依存性を示す。N組成は成長温度が減少するにつれて増加しており、2%を超えるGaNAs膜の形成が可能であることがわかる。しかし基板温度が500℃以下ではGaNAs膜からのX線回折信号が観察されなく

なり、供給した原料ガスの分解効率の低下が生じて膜の結晶性が悪くなっている。高温でのN組成の減少は成長表面からのNの脱離が増加することにより生じている。基板温度の低温化とN原料供給量を増加することによりN組成の大きなGaNA_sの成長が可能ではあるが、基板とのヘテロ界面での格子不整合が大きくなり結晶性の劣化が生じた。本研究ではN組成約11%までのGaNA_s成長に成功した。

図3は観測したGaNA_sのバンドギャップのN組成依存性を示す。実線は誘電バンド理論値^[1]、点線はBellaicheらが第1原理により計算した結果^[5]を示す。N組成が1%まではこれまで報告されていた実験結果^{[2]-[4]}と同様に誘電バンド理論値に一致する。しかしN組成が増加するにつれ誘電バンド理論値からのずれが大きくなり、第1原理による理論値に近づくことがわかる。最近BiとTuらによりGaP基板上に成長したGaNA_sの特性が報告され同様な傾向が示されており^[6]、他の研究グループからもN組成の大きい領域では誘電バンド理論値からのずれが大きくなることが示されはじめている。これはN組成が小さい領域ではGaNA_s中のNが不純物として働く不純物ライクな領域か

ら、N組成の増加によりバンドライクな領域に変化していると考えられる。このようにGaNA_sは従来のIII-V族混晶半導体と違う特異な特性を持っており、それらを明らかにするためにはさらに研究を進める必要がある。

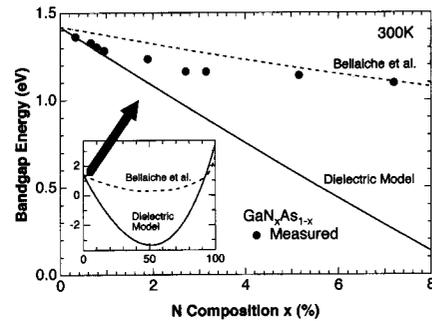


図3 観測したGaNA_sのバンドギャップのN組成依存性。

謝辞

GaNA_sの光学特性の測定は有機電子材料研究分野中村貴義教授に協力を頂きました。厚く御礼申し上げます。

[参考文献]

- [1] S. Sakai, Y. Ueta and Y. Terauchi, Jpn. J. Appl. Phys. 32, 4413 (1993).
- [2] M. Sato, J. Crystal Growth 145, 99 (1994).
- [3] M. Weyers, M. Sato and H. Ando, Jpn. J. Appl. Phys. 31, L853 (1992).
- [4] M. Kondow, K. Uomi, K. Hosomi and T. Mozume, Jpn. J. Appl. Phys. 33, L1056 (1994).
- [5] L. Bellaiche, S. H. Wei and A. Zunger, Phys. Rev. B54, 17568 (1996).
- [6] W. G. Bi and C. W. Tu, Appl. Phys. Lett. 70, 1608 (1997).