

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2006～2009

課題番号：18206004

研究課題名(和文) 六方晶BN窒化物半導体に関する研究

研究課題名(英文) Research on hexagonal boron nitride semiconductor

研究代表者 小林 康之 (KOBAYASHI YASUYUKI)

日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所 主幹研究員

研究者番号：90393727

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎、応用物性・結晶工学

キーワード：半導体、エピタキシャル成長

1. 研究計画の概要

遠紫外領域で発光する素子は、環境汚染物質の検出、分解、HeCd レーザー、エキシマレーザーの置き換え、光記録ディスクの高集積化などさまざまな応用が期待され、産業に及ぼす影響が計り知れない。六方晶窒化ホウ素(h-BN)は、遠紫外領域の半導体発光材料としての可能性を有しているが、その基礎物性(光学バンドギャップ、発光特性、伝導性等)は、未解明の部分が多い。本研究では、有機金属気相成長、分子線エピタキシャル成長法により、h-BN エピタキシャル薄膜の高品質化を実現し、その基礎物性を解明することを目的とする。

2. 研究の進捗状況

(1)六方晶 BN エピタキシャル薄膜のバンド端近傍の紫外発光特性の解明

h-BN のバンド端近傍の紫外発光特性を解明する目的で、Ni(111)基板上に MBE 成長した h-BN エピタキシャル薄膜とその MBE 成長 h-BN 上に FME 法により成長した h-BN の紫外発光特性を、CL とエキシマレーザーを用いた PL により評価した。PL の温度依存性、励起密度依存性から 5.3、5.5eV の発光はドナーアクセプタペア発光であり、FME 成長した h-BN は、DAP 発光に加えて 5.75eV に励起子関連の発光を示した

(2) 六方晶 BN エピタキシャル薄膜の光学バンドギャップの解明

h-BN の光学バンドギャップを解明する目的で、サファイア基板上に成長した BN の結晶構造と透過特性、反射特性を評価した。

MOVPE 法で大きな V/III 比の条件で成長することによりサファイア基板上に平坦な h-BN エピタキシャル薄膜が成長した。透過特性、反射特性の評価から、h-BN の光学バンドギャップは、5.9eV であることを明らかにした。

(3)高品質 AIBN 混晶エピタキシャル成長

高品質 AIBN 混晶を成長する目的で、非極性 6H-SiC 基板上に AIBN 成長を行なった。非極性 6H-SiC 基板上に B 組成 2% の高品質 AIBN エピタキシャル薄膜が成長し、(1100) よりも、(1120) 面の方が、AIBN 成長にとって有望であることを明らかにした。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している

(理由)

h-BN のバンド端近傍の発光特性に関しては、励起子関連の 5.75eV の発光の観測に成功すると共に、バンド端近傍の 5.5 および 5.3eV の発光特性の起源について、ドナーアクセプタペアの発光であることを解明できた。

透過特性に優れ、絶縁性基板であるサファイア基板上の平坦な h-BN のエピタキシャル成長に成功し、透過特性、反射特性から光学バンドギャップを求めることができた。

混晶 AIBN 成長においては、非極性 6H-SiC 基板を用いることにより、B 組成 2% までの AIBN エピタキシャル薄膜の成長に成功すると共に、その成長機構を解明することができた。

4. 今後の研究の推進方策

- (1) Ni(111)基板上 h-BN エピタキシャル薄膜の更なる高品質化をおこない、励起子、励起子分子発光の観測、励起子（電子）格子相互作用、ポーラロン効果の解明を進める
- (2) サファイア基板上にh-BNエピタキシャル薄膜の成長を行い、光学バンドギャップ、屈折率、消衰係数の光学定数を解明すると共に、その格子歪と光物性の関係を解明する。
- (3) サファイア基板上に h-BN エピタキシャル薄膜の成長とドーピングを行い、その伝導特性の解明を進めると共に、n型、p型 h-BN の実現を目指す。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① Y. Kobayashi, T. Akasaka, Hexagonal BN epitaxial growth on (0001) sapphire substrate by MOVPE, Journal of crystal growth, Vol.310, pp.5044-5047, 2008、差読有
- ② T. Akasaka、Y. Kobayashi、T. Makimoto, Nonpolar AlBN ($11\bar{2}0$) and ($1\bar{1}00$) films grown on SiC substrates, Applied Physics Letters, Vol. 91, pp. 041914-1-041914-3, 2007、差読有
- ③ Y. Kobayashi、T. Nakamura、T. Akasaka、T. Makimoto、N. Matsumoto、Ultraviolet luminescence from hexagonal boron nitride heteroepitaxial layers on Ni (111) grown by flow-rate modulation epitaxy, Physica Status Solidi (b), Vol. 244, pp. 1789-1792, 2007、差読有

[学会発表] (計 6 件)

- ① Y. Kobayashi, T. Akasaka, Hexagonal BN epitaxial growth on (0001) sapphire substrate by MOVPE, 14th International conference on metal organic vapor phase epitaxy, 2008. 6. 2-6, France、差読有
- ② T. Akasaka, Y. Kobayashi、Anisotropic in-plane strains in Al(B, Ga)N ($11\bar{2}0$) films grown on SiC ($11\bar{2}0$), 2nd international symposium on growth of III-nitrides、2008. 7. 6-9、日本、差読有
- ③ C. L. Tsai, Y. Kobayashi, T. Akasaka, M. Kasu, Molecular beam epitaxial growth of hexagonal boron nitride on Ni (111) substrate, 2nd international symposium on growth of III-nitrides, 2008. 7. 6-9、日本、差読有