

一般セッション(ポスター講演) | 15 結晶工学：15.7 結晶評価，不純物・結晶欠陥

■ 2023年9月21日(木) 13:30 ~ 15:30 | 会場 P07 (熊本城ホール)

■ [21p-P07-1~2] 15.7 結晶評価，不純物・結晶欠陥

[21p-P07-1] CVDダイヤモンドホモエピ成長における基板内積層欠陥の伝搬様式

○坪内 信輝¹ (1.産総研)

[21p-P07-2] Siをイオン注入したn-GaNの二波長励起PL測定 ~ BGEエネルギー依存性 ~

○徳田 大鷹¹、鎌田 憲彦¹、八木 修平¹、矢口 裕之¹ (1.埼玉大院理工)

CVD ダイヤモンドホモエピ成長における基板内積層欠陥の伝搬様式

Mode of the propagation of stacking faults in substrates during CVD diamond homoepitaxy

産総研 先進パワエレRC °坪内 信輝

AIST, ADPERC, °Nobuteru Tsubouchi,

E-mail: nobu-tsubouchi@aist.go.jp

物質中で最高硬度を有する等、極限的性質を有するダイヤモンドは、適切にドーピングすることでワイドギャップ半導体になり得ることから、高出力高周波デバイス、耐放射線デバイス、深紫外デバイス等の、従来半導体では実現困難な高性能な電子デバイスの創製が期待されている。その一方、従来半導体に比べて十分な大きさの高品質単結晶ウェハが得られていない等、解決すべき様々な課題も存在する。その中で、単結晶ダイヤモンド基板に含まれる拡張欠陥類が、ホモエピ成長の際にどのような形態で伝搬するのかを知ることは結晶品質向上のために重要である。ここでは、単結晶ダイヤモンド基板に含まれる積層欠陥が、ホモエピ膜の成長時にどのような形態で引き継がれるのかについて、主として断面 TEM 観察を用いて調べた結果について報告する。

試料作成はプラズマ CVD 法を用いたホモエピ膜成長によって行われた。成長中の基板温度は $\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 、原料ガスとして CH_4/H_2 混合ガスを用い ~ 160 Torr で成膜を行った。成長用の基板としては高温高压合成法による IIa 型単結晶ダイヤモンド (001) 板を用いた。成長後の試料について、偏光顕微鏡、Nomarski 顕微鏡を用いた像観察を行った。また、基板と膜中に含まれる拡張欠陥の詳細を断面 TEM 像の観察により行った。図 1 に断面 TEM 像を示す。基板中の $[-1-12]$ に伸びる線状パターン A1 と A2 は積層欠陥に対応する。実際、試料ホルダを回転させ、観察方向を $[1-10]$ 方向からずらすと、積層欠陥の面部分に相当する部分が見え、線状パターンが図 1(c)のような面状的パターンとなっている。この積層欠陥は、ホモエピ成長が開始される際に、その界面 a-a'付近で $[001]$ のエピ成長方向に、徐々に広がりながら延びる貫通転位へと変化していることが分かる。詳しく調べると、これらの貫通転位は、基板表面に露出する積層欠陥の（直線状の）端部を起点として発生し、それに沿う $[1-10]$ - $[-110]$ 方向に並ぶ貫通転位の列として形成していることが分かった。

本研究は所属研究ユニット諸氏の協力の元に実施された。また、この研究の一部は阪大超高压電顕センターにおける文部科学省ナノテクノロジー微細構造解析プラットフォーム支援を受けて実施された。

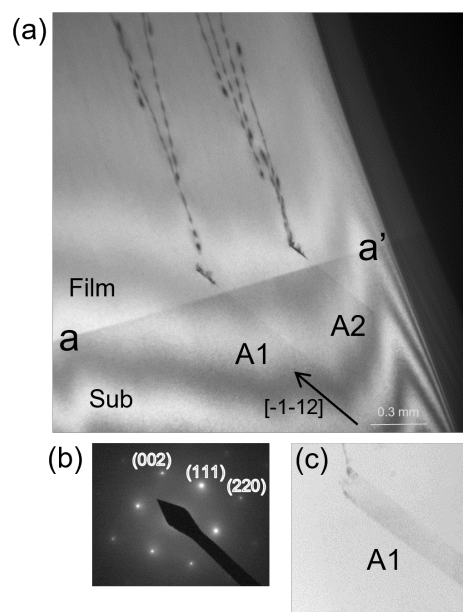


Fig. 1 (a) Bright field image taken in the $1-10\text{Z}$ and (b) the diffraction pattern. (c) Magnified image around the area A1 in (a).

Si をイオン注入した n-GaN の二波長励起 PL 測定

～ BGE エネルギー依存性 ～

Two-wavelength excited photoluminescence in Si ion-implanted n-GaN

～ Dependence on the BGE energy ～

埼玉大院理工¹, °徳田 大鷹¹, 鎌田 憲彦¹, 八木 修平¹, 矢口 裕之¹Saitama Univ.¹, °Hiroataka Tokuta¹, Norihiko Kamata¹, Shuhei Yagi¹, Hiroyuki Yaguchi¹

E-mail: h.tokuta.896@ms.saitama-u.ac.jp

【はじめに】ワイドバンドギャップ半導体である GaN は絶縁破壊電界強度、飽和電子速度が高いため、パワーデバイスへ応用されている。GaN 中の欠陥準位はデバイスのエネルギー利用効率を低下させることから、それらの評価・解析が必要となる。パワーデバイスの作製プロセスで利用されるイオン注入によって生じる GaN 中の欠陥を評価するために二波長励起フォトルミネッセンス (PL) [1]を用いると、バンドギャップよりも低いエネルギーの励起 (below gap excitation: BGE) 光によって PL 強度が減少する[2]ことが報告されている。本研究では、Si をイオン注入した n-GaN の二波長励起 PL 測定における BGE 光のエネルギー依存性を調べることで、どのような光学遷移が PL 強度減少に関与しているのかを検討した。

【実験方法】サファイア基板上 n-GaN (as-grown), 40 keV で Si イオン(ドーズ量: $4 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$) を注入した試料 (as-implanted), 1100 °C で 10 分間アニーリングした試料 (annealed) の PL 測定及び二波長励起 PL 測定を室温で行った。測定には GaN のバンドギャップ 3.4 eV より高いエネルギーの励起 (above gap excitation: AGE) 光として $h\nu_{\text{AGE}} = 3.55 \text{ eV}$ のレーザー, BGE 光として $h\nu_{\text{BGE}} = 2.33, 1.58, 1.17, 0.94, 0.80 \text{ eV}$ のレーザーを使用した。BGE 波長 ON/OFF 時における波長範囲 550.52 nm ~ 594.41 nm の積算 PL 強度 $I_{\text{AGE+BGE}}$, I_{AGE} を測定し、規格化 PL 強度変化 $\Delta I_N = (I_{\text{AGE+BGE}} - I_{\text{AGE}})/I_{\text{AGE}}$ から評価した。

【結果と考察】Fig. 1 に 3 つの試料のイエロルミネッセンス (YL) の規格化 PL 強度変化の BGE エネルギー依存性および Si-implanted 試料を 349 nm および 349 nm と 785 nm のレーザーで励起したときの PL スペクトルの形状を示す。BGE エネルギーが 0.94 ~

2.33 eV の場合、すべての試料で YL 強度は減少するのに対して、0.80 eV では変化しなかった。これは、伝導帯から ~0.9 eV より下に位置する欠陥準位に分布している電子が BGE 光により伝導帯に励起され、さらに伝導帯経路で非発光再結合するためであると考えられる。また、as-grown 試料と比べて as-implanted 試料の PL 強度減少は大きいことから非発光再結合中心として働く欠陥密度が Si イオン注入で増加し、as-implanted 試料と比べて annealed 試料の PL 強度変化は小さいことからアニールで欠陥密度が減少したと考えられる。

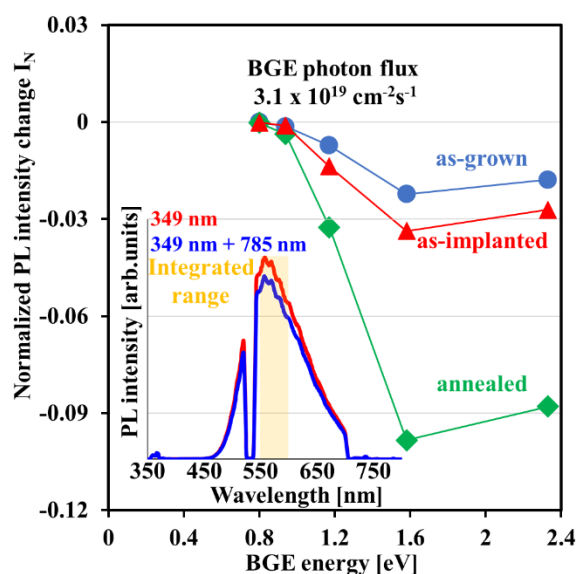


Fig.1 Normalized PL intensity change under various BGE energies and PL spectra of Si implanted GaN at room temperature under above gap excitation (349 nm) and two wavelength excitation (349 nm + 785 nm).

参考文献

- [1] N. Kamata, Phys. Status Solidi B **258**, 2000370 (2021).
- [2] 増田 海斗 他 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 20p-P6-4.