

ホウ素ドープ CVD ダイヤモンド薄膜における 過渡光容量法による結晶欠陥評価

(Characterization of deep defects in boron-doped CVD diamond films
using transient photocapacitance method)

大阪大学大学院工学研究科 堀 敬憲, 毎田 修, 伊藤 利道

Graduate School of Eng, Osaka Univ., T. Hori, O. Maida, T. Ito

E-mail: t.hori@daiyan.eei.eng.osaka-u.ac.jp

1. 背景と目的

ダイヤモンドホモエピタキシャル CVD 薄膜の結晶品質評価法にはその品質に応じて様々な方法が用いられている。高品質膜作製技術の進展する現在では、特に 5.5 eV のワイドバンドギャップを持つダイヤモンドに対して電子励起の容易なカソードルミネッセンスにより放射型欠陥評価がしばしば行われている。しかし、観測されるルミネッセンスが励起子関連発光のみから構成される程度に高品質化が達成された場合¹⁾、更なる CVD ダイヤモンド結晶の高品質化のためには、非放射欠陥の定量的評価が必要不可欠である。

そこで本研究では、ワイドバンドギャップ中に広いエネルギー範囲に亘り存在する可能性のある非放射欠陥の評価を行うため、励起光照射光学系、試料温度制御系および微小信号検出系からなる光励起非放射欠陥評価システムを開発・構築するとともに、ホウ素(B)ドープ CVD ダイヤモンドのショットキー構造を用いて、B ドープ層の非放射欠陥評価(励起光エネルギー $0.8 < E_{hv} < 2.4$ eV)を行った。

2. 実験

HPHT Ib ダイヤモンド(001)結晶基板(3.0×3.0×0.3 mm³、オフ角 5°)上に、投入マイクロ波パワー3800 W、成長温度 1020°C、成長圧力 120 Torr を成長条件として、膜厚 \approx 20 μ m のアンドープバッファ層をホモエピタキシャル成長させた。さらに、B/C 比 5 ppm の B ドープ層を \approx 8 μ m 成膜した。その後、得られた B ドープダイヤモンド薄膜に対し、半透明(膜厚 15 nm)の Au ショットキー電極、および真空アニール(460°C)を施した Ti(30 nm)/Pt(20 nm)/Au(50 nm)構造からなるオーミック電極を形成し、ショットキーデバイスを作製した。

また、以下に記すような光励起による非放射欠陥評価システムを開発した。まず、光学系として励起光源(Xe ランプ:500 W)、分光器(焦点距離:300 mm)および可変減光フィルタ等を組み合わせた一定フォトン数単色照射系を構築した。次に、ダイヤフラムポンプ、マスフローコントローラからなる液体窒素供給系および温度コントローラにより、試料温度の設定値からの揺らぎを 24 時間以上に亘り 10 mK 以下に抑えることを可能とした。更に、評価試料に並列に補償回路を導入することにより、所望の微小信号検出を可能とするロックイン検出システムを構築した。

3. 結果と考察

作製した Au/B ドープ CVD ダイヤモンドショット

キー構造の室温における容量-電圧特性(測定周波数 1 kHz)から推定される B ドープ層のアクセプタ密度は 4.0×10^{17} cm⁻³ であった。

開発した非放射欠陥評価系を用いて、照射光エネルギー 0.8 ~ 2.4 eV における光容量の過渡応答を測定した。Au/B ドープ CVD ダイヤモンドショットキー構造に対する励起光照射(1.5 eV)に伴う光容量の過渡応答(測定周波数 1 kHz 印加バイアス 1.5 V 試料温度 240 K)を図 1 に示す。光照射によるショットキー容量の明瞭な増加が観測され、当該ショットキー接合の空乏層領域に存在する正孔トラップからの正孔放出と考えられる。この信号変化は約 1.2 eV 以上の照射光で顕著に観測され(図 2)、当該 B ドープ層中には価電子帯上端から深さ約 1.2 eV のアクセプタ型欠陥が存在することが示唆される。

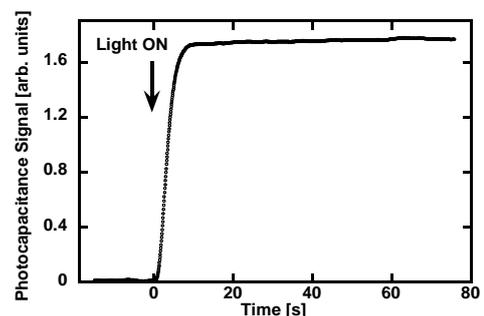


図 1. 励起光(1.5 eV)照射による光容量過渡応答特性

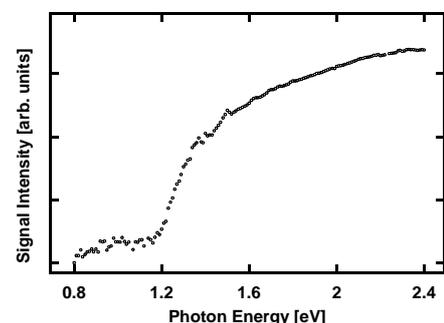


図 2. 光容量過渡応答特性の励起光エネルギー依存性

本研究の一部は科学研究費補助金 若手研究(B)(22760330)の助成により行われた。

参考文献

1) S. Iguchi, O. Maida and T. Ito: Thin Solid Films, **518** (2010) S38-S41.