ホウ素添加ホモエピタキシャル成長ダイヤモンド薄膜の過渡光容量法を用いた結晶欠陥評価

Characterization of deep defects in homoepitaxially grown boron-doped diamond films using transient photocapacitance method

大阪大学大学院工学研究科　○児玉 大志，毎田 修，伊藤 利道

Graduate School of Eng, Osaka Univ., ○Taishi Kodama, Osamu Maida, Toshimichi Ito

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

1. 背景と目的

その優れた物性値から次(々)世代半導体デバイス材料として期待されているダイヤモンド結晶について、デバイス応用可能なレベルへの結晶品質の向上を目指した研究が精力的に行われている。一般的に半導体結晶中の深い準位の欠陥評価法として DLTS 法や ICTS 法などが広く普及している。これらの方法では欠陥準位にトラップされたキャリアの熱励起放出にともなう接合容量の過渡応答を得ることで深い欠陥準位を高感度に観測することが可能である。しかし、ダイヤモンド結晶は約 5.5 eV と非常に大きなバンドギャップを有しているため、これらの手法を用いた評価では、その深い欠陥準位に対して現実的な測定時間における評価が容易ではない。このような問題の解決法の一つとして過渡光容量法があげられる。この方法は単色光照射による深い欠陥準位からのキャリアの光励起放出を検出することから、より広いエネルギー領域における欠陥評価が可能であり、更に DLTS 法では検出不可能な欠陥準位の光イオン化断面積を得ることができる[1)]。

そこで本研究では、過渡光容量分光法によるダイヤモンド結晶欠陥評価システムを開発・構築するとともに濃度の異なるホウ素ドープホモエピタキシャル成長ダイヤモンド薄膜を用いたショットキーデバイスを作製し、過渡光容量法による深い欠陥準位評価を行った。

2. 実験

3.0×3.0×0.5 mm^3 の HPHT Ib ダイヤモンド(001)基板上に、投入マイクロ波電力、成膜圧力、成膜温度及び CH_4/H_2 濃度がそれぞれ 3800 W, 120 Torr, 1020 °C, 4 %となる条件を用いて 20 μm のバッファ層を成長した。その後 B 濃度の異なるホウ素ドープダイヤモンド薄膜を 8 μm 成長し、そのカソードルミネッセンス評価を行った。得られたホウ素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することで、ショットキーデバイスを作製し、電流-電圧特性および容量-電圧-周波数特性評価を行った。さらに作製したホウ素ドープダイヤモンドショットキーデバイスに対し過渡光容量分光法による結晶欠陥評価 (測定周波数: 1 kHz, 測定温度: 240 K, 励起光エネルギー: 1.05 ~ 2.35 eV)を行った。

3. 結果と考察

作製したショットキーデバイス#1 および#2 の容量-電圧測定(測定周波数: 1 kHz)から(正味の)アクセプタ濃度 N_A はそれぞれ 5.4×10^{17} cm^{-3}、4.4×10^{16} cm^{-3} と算出された。上記試料の過渡光容量測定において励起光 1.5 eV を照射した際の光容量応答特性を Fig. 1 に示す。光照射により#1、#2 それぞれのショットキー容量の増加が確認され、これはショットキー接合の空乏層領域におけるアクセプタ型欠陥からのキャリア放出に起因していると考えられる。またこの光容量応答の初期勾配の励起光エネルギー依存性(Fig. 2)からいずれの試料も 1.2 eV 付近において立ち上がりが確認され、このアクセプタ型欠陥が価電子帯上端より深さ約 1.2 eV の位置に存在することを示唆している。この欠陥密度 N_T はそれぞれ 2.8×10^{16} cm^{-3} (#1)および 3.1×10^{13} cm^{-3} (#2)と算出され、N_A 濃度と比較して欠陥密度に大きな差が確認されたが、その光イオン化断面積σ_oは、いずれもおよそ 1.5×10^{-15} cm^2 と算出されることから、これらの欠陥の生成要因は同一のものであると考えられる。

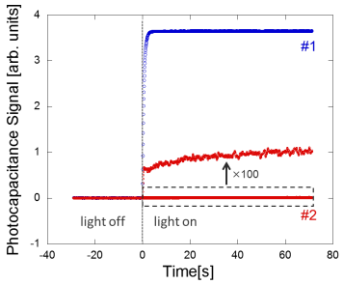

Fig. 1. Photocapacitance transients of two diamond Schottky diodes for the photon energy 1.5 eV at 240 K.

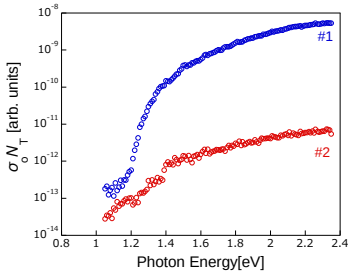

Fig. 2. Photocapacitance spectra in the photon energy range of 1.05-2.35 eV for two Schottky diodes.

本研究の一部は、科学研究費補助金 基盤研究(B)(15H035570), (C)(16K06262)、日本板硝子材料工学助成会及び村田学術振興財団・研究助成により行われた。

参考文献

1) O. Maida, T. Hori, T. Kodama, T. Ito : Mater. Sci. Semicond. Process. In Press.

© 2017年 応用物理学会