

アニール処理によるダイヤモンド状炭素の特性改善 Properties improvement of Diamond Like Carbon by thermal annealing

高橋渉¹, 中釜淳一¹, 渡邊学², 胡桃聡³, 松田健一³, 鈴木薫^{3, 4}

Wataru Takahashi¹, Junichi Nakagama¹, Gaku Watanabe², Satoshi Kurumi³, Ken-ichi Matsuda³ and Kaoru Suzuki^{3, 4}

Abstract: We focused on Diamond Like Carbon(DLC) as a wide gap semiconductor. DLC is an amorphous structure in which an sp^3 bond in a diamond structure and an sp^2 bond in a graphite structure are mixed. In this study, DLC film were deposited by ion plating method. Optical properties of the films were improved by annealing method. Band gap of DLC films decreased to 1.19 eV by annealing at 300°C. Photo Luminescence spectra of DLC showed that the value of the peak wavelength was shifted to short wavelength.

1. 研究背景

現代の情報化社会には半導体技術が必要不可欠であり、Si 半導体を中心として成長してきた。近年では高圧、高温、高放射線などの過酷な環境でも駆動する半導体素子の需要が高まっているため、これらの環境で安定的に駆動するデバイスの作製が求められている。しかし、従来の Si 半導体では過酷な環境下で安定駆動するデバイスを製作することが困難である。そこで Si 半導体より広いバンドギャップ(E_g)を持つワイドギャップ半導体が必要とされている。そこで我々は Si 半導体に代わる半導体材料として Diamond Like Carbon: DLC に着目した^[1]。DLC はダイヤモンド構造の sp^3 結合とグラファイト構造の sp^2 結合が混在したアモルファス構造である。DLC のバンドギャップ sp^3 結合、 sp^2 結合の比率を変化させることによって DLC の E_g が 0.8 ~ 3.3eV の間で可変することが報告されている^[2]。このことから DLC は新たなワイドギャップデバイスへの応用が期待できる。

本稿ではイオン化蒸着法により成膜された DLC 薄膜の特性評価を行ない、光学的特性を改善するために、DLC 薄膜にアニール処理を行ない、アニール処理前後における DLC 薄膜特性改善の結果を実験的に検討する。

2. 実験方法

2.1. DLC 薄膜の成膜方法

Fig. 1 にイオン化蒸着法による DLC 薄膜成膜の実験装置図を示す。チャンバー内に基板をセットし、装置内を真空状態にする。チャンバー内に C_6H_6 ガス (5 sccm) を流入させ、フィラメントに 30 A を通電させて

熱電子を発生させた。熱電子は 60 V で印加したアノードで加速され、リフレクターで指向性を付与した。C イオンは C_6H_6 ガスに熱電子を衝突させることによって発生した。基板には負パルスバイアス (0.5 ~ 1.0 kV) を印加し、成膜時間は 60 min とした。成膜した DLC 薄膜を赤外加熱炉 (サーモ理工製:TC20T) でアニール処理(250 °C, 300 °C)を 30 min 行なった。

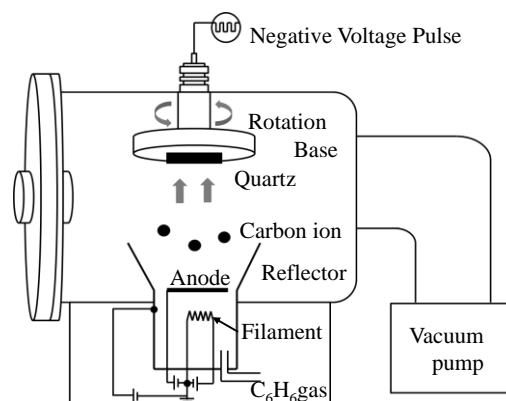


Figure 1. Schematic apparatus of the ion plating method

2.2. DLC 薄膜の透過率測定と E_g の算出

DLC 薄膜の E_g は基板に成膜された DLC 薄膜の透過率を測定し、FIB で測定した膜厚を用いてタークプロット法により算出した。光源は重水素ランプ (StellarNet:SL3) とハロゲンランプ (StellarNet:SL1) を使用し 200~ 860 nm の波長域で測定した。

2.3. DLC 薄膜の PL(Photo Luminescence)測定

DLC 薄膜の PL スペクトルは He-Cd レーザー (金門社製、波長:325 nm) で励起された光を検出し、測定を行なった。

1 : 日本大学電気工学科, 学生 2 : 日本大学院理工学研究科電気工学専攻, 院生 3 : 日本大学理工学部電気工学科, 教員
4 : 先端材料科学・創造研究センター

3. 実験結果

3.1. 基板電圧と E_g の関係

Fig. 2 に基板電圧と DLC 薄膜の E_g との関係を示す。DLC 薄膜の E_g は基板電圧が 0.5 kV の時 E_g は 1.58 eV と最大となり、基板電圧が 1.0 kV の時 E_g は 0.92 eV と最小となった。このことから、 E_g は基板電圧が小さいほど高くなる傾向が確認できた。

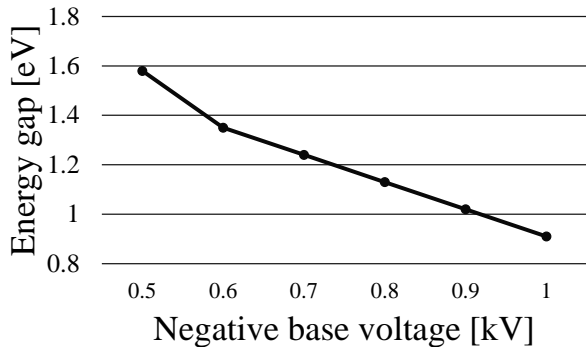


Figure 2. Transmission of DLC film

E_g of DLC films were derived by tauc plot method

3.2. アニール前後のバンドギャップ E_g の比較

Fig. 3 に透過率測定より算出された DLC 薄膜の E_g を示す。アニール前の DLC 薄膜の E_g は 1.40 eV と確認された。250°C および 300°C でアニールした際の DLC 薄膜の E_g は、それぞれ 1.40 eV と 1.19 eV であった。このことから DLC 薄膜の E_g は熱的影響により減少することが確認された。

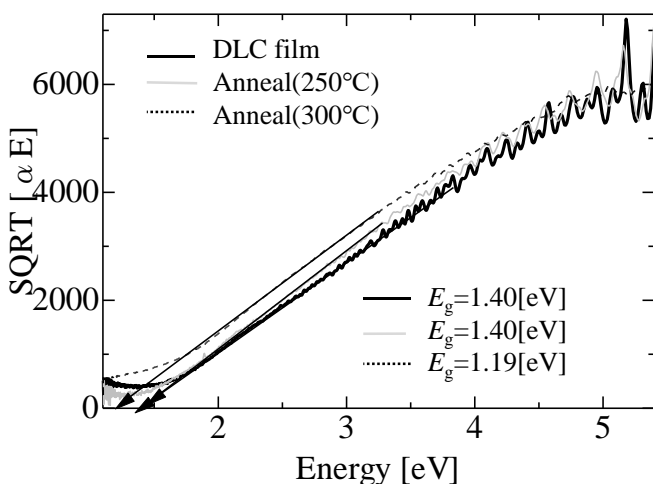


Figure 3. Transmission of DLC film

E_g of DLC films were derived by tauc plot method

3.3. アニール前後の PL 測定の比較

Fig. 4 に成膜した DLC 薄膜の PL スペクトルを示す。成膜後でアニール前の DLC 薄膜の PL スペクトルは、650 nm のピークが確認された。250 °C および 300 °C で

アニールした際の DLC 薄膜の PL スペクトルのピークは、それぞれ 487 nm と 430nm であった。このことから、DLC 薄膜の PL スペクトルは熱的影響で短波長側へシフトすることを確認した。

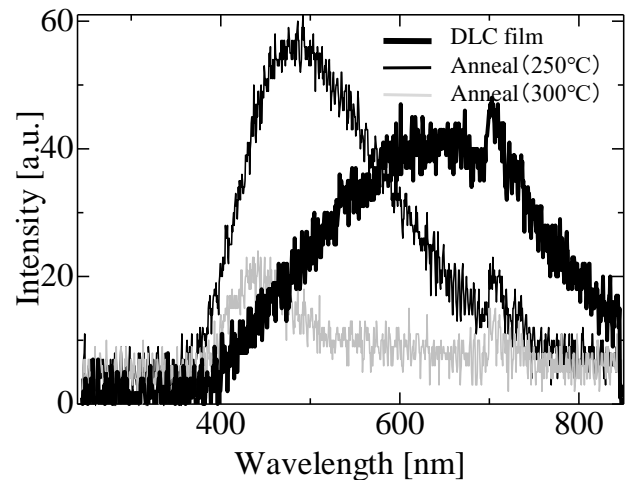


Figure 4. Photo Luminescence of the DLC film

4. まとめ

本研究ではイオン化蒸着法により DLC 薄膜を成膜し、光学的特性を改善するため、DLC 薄膜にアニールを行ない、DLC 薄膜への影響を実験的に考察した。DLC 薄膜の E_g は基板電圧が 0.5 kV の時 E_g は 1.58 eV と最大となり、基板電圧が 1.0 kV の時 E_g は 0.92 eV と最小となった。このことから、基板電圧が小さいほど大きくなる傾向が確認できた。DLC 薄膜の E_g は、アニール 300 °C によって 1.19 eV に減少した、DLC 薄膜の発光スペクトルはアニール処理によって短波長側へシフトすることを確認した。

参考文献

- [1] K. Takamichi, S. Kurumi, and K. Suzuki, "Fabrication of Nanoscale Electrical Circuits on Diamond Like carbon Film by Scanning a Ga + Focous Ion Beam", J. Nanoelectron. Optoelectron., Vol. 7, No. 3, pp. 257-278(2012).
- [2] Lifshitz Y, Lempert G D, Grossman E, et al. Optical and photoemission studies of DLC films prepared with a systematic variation of the sp³: sp² composition. Diamond Related Mater, 1997, 6: 687-693