

## FIB を用いた DLC への Ga イオン注入量変化による導電性の制御 Conductivity controlling by the quantity of injected Ga ion to DLC using Focused Ion Beam

○河田 瞭<sup>1</sup>, 大野 貴史<sup>2</sup>, 胡桃 聡<sup>3</sup>, 松田 健一<sup>3</sup>, 鈴木 薫<sup>3</sup>

\*Ryo Kawada<sup>1</sup>, Takafumi Ohno<sup>2</sup>, Satoshi Kurumi<sup>3</sup>, Ken-ichi Matsuda<sup>3</sup>, Kaoru Suzuki

Abstract: DLC is the amorphous structure that graphite structure is mixed with diamond structure. Thus, the bandgap was able to vary from 0.8eV of the graphite to 3.3eV of the diamond. Growth of DLC films by ion plating method. on a *n*-type Si board (2×2cm) using. In the study, I detected a spectrum by Raman spectrometry. I deposited Al and Au as an electrode next and let I injected a Ga ion between the electrodes. As a result of having detected a spectrum, I was able to gain characteristic waveform of DLC. Then, having measured the conductivity between the electrode, in the case of Al and both of the Au, the conductivity improved so that there was much quantity of injection of the ion. In addition, a result that Au had better conductivity was provided.

### 1. はじめに

ダイヤモンドは高級品性で広いエネルギーギャップ (5.6eV) を持つ物質であるが、不純物添加が困難である。我々は、ダイヤモンドに代わる炭素系材料としてダイヤモンド状炭素 (Diamond Like Carbon : DLC) に着目した。また DLC はダイヤモンド結合、グラファイト結合が混在するアモルファス構造である。DLC のエネルギーギャップは 0.8 eV から 3.3 eV まで可変できる。ここに III-V 族元素の注入による半導体素子の作製を目標としている。

過去の研究で、集束イオンビーム (Focused Ion Beam : FIB) 装置を用いて Ga イオンを注入し、PIN ダイオード、Pt または Au と Al を組み合わせてショットキーダイオードの作製に成功している。本稿では、半導体素子の作製の前段階として、DLC への III 族元素である Ga イオン注入量と導電性の制御について実験的に検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 DLC 成膜

Fig. 1 にイオン化蒸着法による DLC の成膜装置概略図を示す。チャンバー内に *n* 型 Si 基板 (2×2 cm) をセットした後、真空状態にし C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> ガスを流入する (流量: 10 sccm, チャンバー内気圧: 0.2 Pa)。直流イオンソースでは、フィラメントに 30A を通電させ、熱電子を放出させる。この熱電子を 60 V 印加されたアノードによって加速させ、C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> ガスと衝突することで炭素イオンが発生される。この炭素イオンがリフレクターと、基板に 0.5 kV の負パルスバイアスを印加することで指向性を持ち、基板上へ堆積される。DLC の成膜時間は 60 min とした。

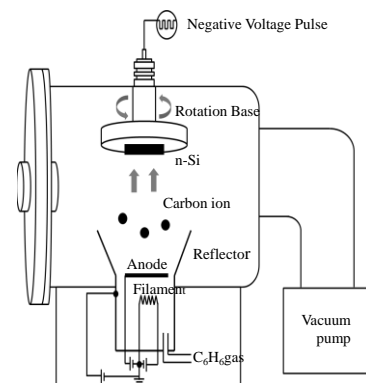


Figure1. Ion plating method

#### 2.2 FIB による電極間加工

Fig. 2 に DLC の電極パターンニングを示す。フォトリソグラフィにより DLC に縦 1.5mm, 横 2.5mm の電極をパターンニングし、Al 電極を真空蒸着法、Au 電極をスパッタリング法にて成膜させた。この電極間に FIB 装置 (SII 社製 SMI2200 型) により、加速電圧 30 kV, 横幅 550 μm, 縦幅 50 μm の範囲にドーズ量 10<sup>15</sup>~10<sup>17</sup> ions/cm<sup>2</sup> の Ga イオンを注入した。

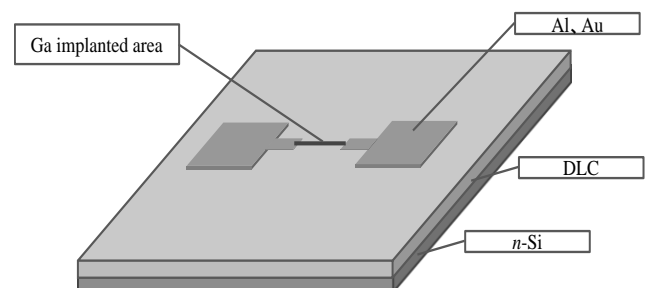


Figure2. Ion implantation

#### 2.3 評価方法

DLC へのイオン注入前に顕微ラマン分光測定を行い、DLC に Ga イオンを注入した後、2 端針法により測定

範囲-10 V ~10 V 間の電流値の V-I 特性を 249 点測定する。

### 3. 実験結果と検討

#### 3.1 顕微ラマン分光測定

成膜した DLC 薄膜について顕微ラマン分光測定結果を Fig. 3 に示す。このラマン波形を波形分離することで崩れたグラファイトに起因する D-peak が  $1360\text{ cm}^{-1}$ 、グラファイトに起因する G-peak が  $1580\text{ cm}^{-1}$  に確認できた。また、C=C 結合が  $1500\text{ cm}^{-1}$ 、C-C 結合が  $1150\text{ cm}^{-1}$  に確認された。このことより DLC の特有の波形が得られたといえる。

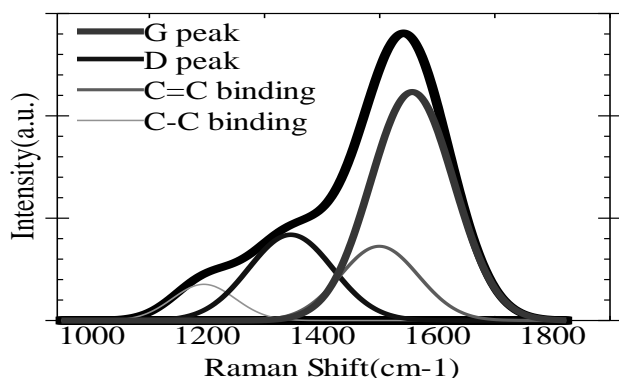


Figure3. Raman spectra

#### 3.2 V-I 特性

Fig. 4 に電極を Al としたときの V-I 特性, Fig. 5 に電極を Au としたときの V-I 特性を示す。Al 電極の場合に着目するとショットキー接触が起きており、ドーズ量増加に伴い、導電性の向上が確認できる。Au 電極の場合に着目すると、オーミック接触が起きており、ドーズ量が少なくなるほど、ショットキー性が強くなっていることが確認できる。また、Al 電極の場合と Au 電極の場合を比較すると、Au の場合の方が導電性がよいことが確認できる。

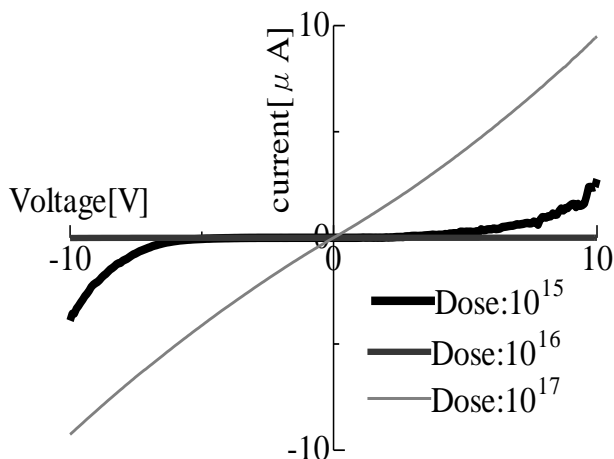


Figure4. V-I characteristics of the Al electrode (R.T.)

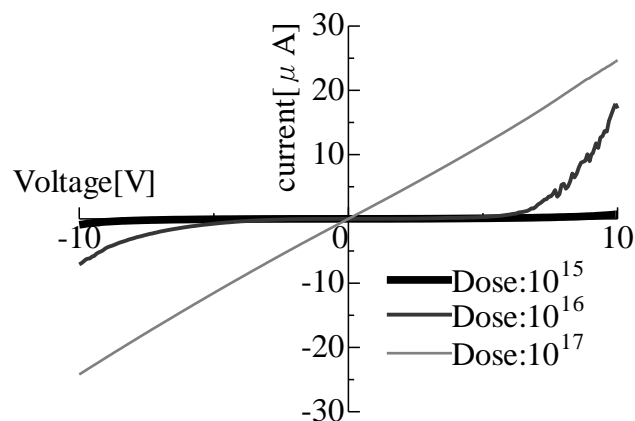
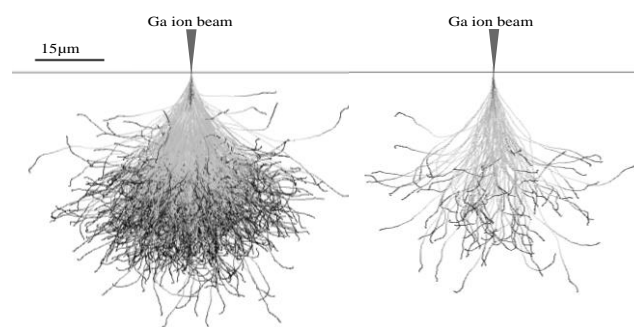


Figure5. V-I characteristics of the Au electrode (R.T.)

Fig. 6(a)にドーズ量  $1000\text{ ions/nm}^2$  の場合, Fig. 6(b)にドーズ量  $100\text{ ions/nm}^2$  の場合のモンテカルロシミュレーションの結果を示す。ソフト関係上、イオン量 10000 個までしか設定できないため、 $\text{ions/nm}^2$  に換算した。2 つを比較すると、ドーズ量  $1000\text{ ions/nm}^2$  の場合の方が Ga イオンが広範囲に広がっていることが確認できる。これより、ドーズ量が多いほど導電性は良くなることが考えられる。



(a) Dose:  $1000\text{ ions/nm}^2$  (b) Dose:  $100\text{ ions/nm}^2$

Figure6. Monte Carlo Simulation

### 4. まとめ

今回、イオン化蒸着法により DLC 膜を成膜し、Al または Au で電極を形成、FIB により電極間に Ga イオンを注入させた結果、注入するイオン量が多いほど導電性が向上し、Au の導電性が良いという結果が得られた。また、モンテカルロシミュレーションからもそれが確認できる。

### 5. 参考文献

- [1] 高原裕介, 金子貴慶, 胡桃聡, 鈴木薫: 「電気学会全国大会論文集」, Vol.2, pp.114, (2012)
- [2] Bergveld, P: “IEEE Transactions on Biomedical Engineering” Vol.1, PP70~71, (1970)