

## 光電子制御プラズマ CVD 法による

 $\delta$ -ドーパダイヤモンドライクカーボン薄膜の作製Formation of  $\delta$ -doped Diamondlike Carbon Films by  
Photoemission-Assisted Plasma-Enhanced CVD東北大・通研<sup>1</sup>, 東北大・多元研<sup>2</sup> °麻林 将<sup>1</sup>, 楊 猛<sup>2</sup>, 林 広幸<sup>2</sup>, イェシコ ラデク<sup>2</sup>, 小川 修一<sup>2</sup>,  
尾辻 泰一<sup>1</sup>, 高桑 雄二<sup>2</sup>RIEC, Tohoku Univ.<sup>1</sup>, IMRAM, Tohoku Univ.<sup>2</sup>, °Susumu Takabayashi<sup>1</sup>, Meng Yang<sup>2</sup>,  
Hiroyuki Hayashi<sup>2</sup>, Radek Ješko<sup>2</sup>, Shuichi Ogawa<sup>2</sup>, Taiichi Otsuji<sup>1</sup>, Yuji Takakuwa<sup>2</sup>

E-mail: stak@riec.tohoku.ac.jp

アモルファス炭素同素体であるダイヤモンドライクカーボン(DLC)は、平滑性、耐摩耗性、そして導電体から絶縁体までの幅広い電気特性などの特異な物性を有する、幅広い応用が期待されている材料である。その特性は、構成成分である  $sp^2$  炭素・ $sp^3$  炭素・水素の比で制御されるが、さらなる新規物性の発現および制御を目的として、膜中に金属、フッ素、窒素などのヘテロ原子/分子を混合(ドーパ)することが行われてきた。<sup>1</sup>

一方で、著者らはこれまで、独自開発した光電子制御プラズマCVD (PA-PECVD)法を用いた DLC 製膜を試みてきた。PA-PECVD 法は従来のプラズマ CVD 法とは異なっており、プラズマの発生を宇宙線などの偶然に存在する浮遊電子ではなく、紫外光(172 nm)照射によって基板から意図的に発生させた光電子に求める DC プラズマ CVD 法である。この豊富な光電子量によって、極めて低い電力で微細に DLC 膜厚を制御でき、グラフェン電界効果トランジスタのゲート絶縁膜への応用も実証してきた。<sup>2</sup>

本研究では、この PA-PECVD 製膜法の特長を活かして、DLC 薄膜中への精密な酸素  $\delta$ -ドーピングを行い、その物性評価を行った。基板には、低抵抗重ドーパ  $n$ -Si(100) (面積  $8 \times 8 \text{ mm}^2$ )を用いた。DLC 製膜は、アルゴン希釈メタンガス雰囲気下、Townsend 放電領域で行った。ガス圧力は、製膜開始時(非ドーパ)に 300 Pa になるようにバルブ調整した。途中任意の電気量において、酸素源として炭酸( $\text{CO}_2$ )ガスを導入した。この際中、改めての圧力バルブ調整は行わなかった。

図 1 に、5  $\mu\text{A}$  定電流規制下におけるバイアス電圧( $V_B$ )とガス圧力( $P$ )の、通過電気量( $Q$ )を単位としての経時変化を示す。製膜初期および後期において、比較的大きな  $V_B$  を要した。これらはそれぞれ、プラズマ発生のための過電圧、および絶縁性 DLC 薄膜の堆積に伴う基板チャージアップのためと考えられる。

$\text{CO}_2$  ドープ時に明瞭なガス圧力の上昇が観測された。同時に  $V_B$  の増大も観測された。これは  $\text{CO}_2$  ガスが 172 nm 励起紫外光を吸収するために、光電子発生が妨げられたためである。 $\text{CO}_2$  ガス流を止めると、圧力は元に戻り、同時に  $V_B$  も下がった。これより、精密な電気量制御によって、DLC 薄膜中に酸素が  $\delta$ -ドーパされていることが示唆される。

参考文献: 1. C. Donnet, Surf. Coat. Technol. **100**, 180 (1998); 2. S. Takabayashi et al., Diamond Relat. Mater. **22**, 118 (2012).

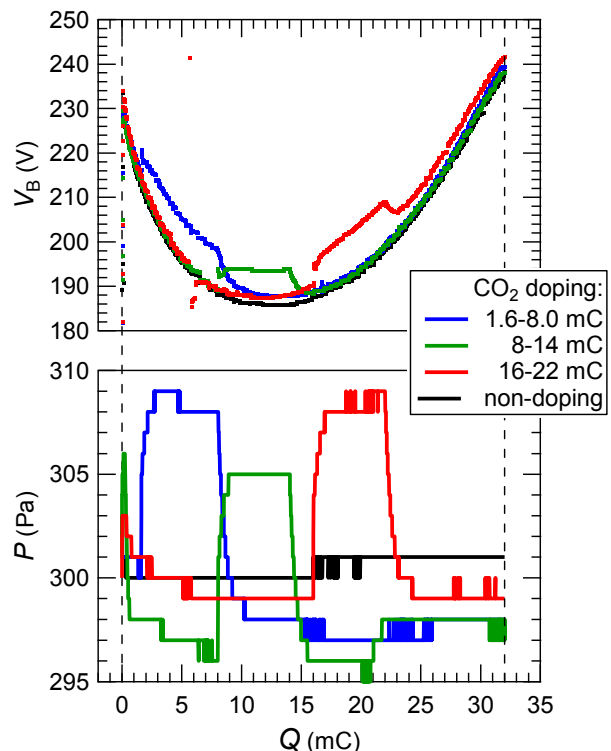


図 1. 5  $\mu\text{A}$  定電流規制下におけるバイアス電圧( $V_B$ )とガス圧力( $P$ )の通過電気量( $Q$ )依存性。ガス圧力は初期 300 Pa にバルブ調整。CO<sub>2</sub>ドーパ範囲: (青)1.6-8.0 mC, (緑)8-14 mC, (赤)16-22 mC, (黒)ドーパなし。