

ダイヤモンドライクカーボン薄膜へのナノ制御ドーピング

Nano-Controlled Doping into Diamondlike Carbon Films

東北大・通研¹, 東北大・多元研²・鷹林 将¹, 林 広幸², 楊 猛², 小川 修一², 尾辻 泰一¹, 高桑 雄二²RIEC, Tohoku Univ.¹, IMRAM, Tohoku Univ.², [°]Susumu Takabayashi¹, Hiroyuki Hayashi², Meng Yang²,Shuichi Ogawa², Taiichi Otsuji¹, Yuji Takakuwa²

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

ダイヤモンドライクカーボン(DLC)は、平滑性、耐摩耗性、そして導電性から絶縁性までの幅広い電気特性などの特異な物性を示し、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・水素の比に大きく依存するものの、さらなる新規物性の発現ならびに制御を目的として、膜中に金属、フッ素、窒素などのヘテロ原子ないし分子を混合(ドーピング)することが、これまで盛んに行われてきた。¹

一方著者らは、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 法とは異なり、プラズマの発生を浮遊電子ではなく、深紫外光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手法である。この豊富な光電子量によって、シースを形成しないイオンエネルギーの小さいタウンゼント放電領域において微少かつ有効な電流強度を得ることができ、電氣量を制御することで DLC 膜厚を精密制御できる。² そこで本研究では、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ドーピングを行い、その物性評価を行った。

DLC 成膜は Si 基板上に、 $CH_4/Ar = 20/100$ sccm, 300 Pa 中において、タウンゼント放電条件下一定電流で電氣量を制御して行った。途中、一時プラズマを止めて任意流量の CO_2 ガスを CH_4/Ar 中に導入して全圧を 300 Pa に再調整し、再度プラズマを立ち上げて酸素ドーピング(CO_2 -BOX ドープ)を行った。今回は、図 1(a)に得られた膜の模式図を示すように、非ドーブドーブ/非ドーブ領域を 12 mC ずつの電氣量で制御した。

図 1(b)に、 CO_2 -BOX ドープ DLC 薄膜の $^{16}O^-$ SIMS 深さプロファイルを示す。途中導入される CO_2 量を増やすに従って、中間ドーブ層の酸素量が増大していることがわかる。(b)には膜の誘電率 ϵ の CO_2 量依存性を示す。 CO_2 量の変化にも関わらず、誘電率に大きな変化は見受けられなかった。しかし一方で(c)に示す破壊電圧 E_{BD} は、ドーブ量を増加させるにつれて著しく増大していった。これは酸素ドーブ層のエネルギーギャップが大きいためと考えられる。ドーブ層中の有効キャリア量を増やすことで、 p 型の変調ドーブ構造も期待できる。

以上、本 DLC 精密ドーピングは、膜の電気特性をチューニングでき、DLC の新たな可能性を開拓するものと期待される。

本研究の一部は、東北大学 電気通信研究所 附属ナノ・スピン実験施設で行われた。本研究は、JSPS 科研費 若手研究(A) No. 26709017 の助成を受けた。

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

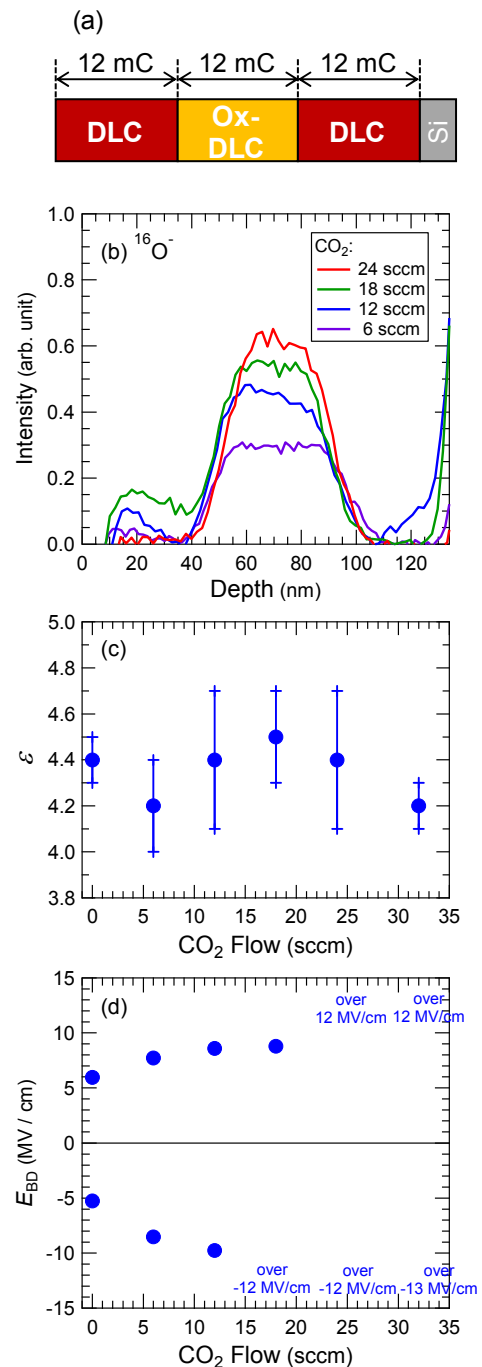


図 1. CO_2 -BOX-ドーブ DLC 薄膜の(a) 模式図, (b) $^{16}O^-$ SIMS 深さプロファイル, (c) 誘電率および(d) 破壊電圧のドーブ CO_2 量依存性.