18p-A8-13

ダイヤモンドライクカーボン薄膜のラマン解析 (II): 電気特性との関係性

Raman Analysis of Diamondlike Carbon Films (II): Relationship to the Electrical Characteristics

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 [2]
RIEC, Tohoku Univ.[1], IMRAM, Tohoku Univ.[2], °Susumu Takabayashi[1], Hiroyuki Hayashi[2], Meng Yang[2], Shuichi Ogawa[2], Taiichi Otsuji[1], Yuji Takakuwa[2]
E-mail: stak@riec.tohoku.ac.jp

前発表において我々は，ダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜のラマン解析手法を提案した．図 1(a)に，ラマン解析で得られた D/G バンド面積比(A(D)/A(G))を示す．続く本発表では，解析結果と膜の電気特性との関係を考察する．同試料表面上に既存のリソグラフィーを用いて電極を蒸着して MIS 構造を作製し，膜の誘電率および破壊電圧を求めた．図 1(b)に誘電率測定結果を示す．誘電率は成膜圧力 300 Pa で最大値を取り，そこからずれるに従って減少していった．そこで以後，これより低圧側を「Region (I)」，高圧側を「Region (II)」と区別する．

応じて図 1(a)を考察すると，ピーク圧力は 400 Pa にずれたものの，Region (I)では圧力に対して A(D)/A(G)は増加，逆に Region (II)では次第に減少の傾向が見受けられた．(I)における増加は，D バンド成分の増加，すなわち sp^2 クラスターの数ないし大きさの増大と考えられる．一方(II)における減少は，成膜圧力増大に伴うアルゴンイオンエネルギーの減少による，sp^2 クラスターの形成ないし成長へのアシストの抑制と考えられる．

以上の考察から我々は DLC の化学構造に関して，図 1(c)に示す「sp^2 クラスターモデル」を提案する．同モデルにおいて DLC は，有為な大きさの sp^2 クラスター群が分布した sp^2/sp^3/H マトリックスから構成される．クラスターが，その構成分子軌道群がバンドを形成して導電性を発現するほど大きいものと考えると，膜の静電容量 C_{DLC} は式(1)のように表される．

$$C_{\mathrm{DLC}} = \varepsilon_{\mathrm{m}}\varepsilon_0 \frac{S}{d - d_{sp2}} = \left(\frac{d}{d - d_{sp2}}\varepsilon_{\mathrm{m}}\right)\varepsilon_0 \frac{S}{d} \qquad (1)$$

ここで S および d は，電極面積および DLC 膜の全厚さである．d_{sp2}は，電極に垂直な軸における sp^2 クラスター群の直径の和の平均である．DLC はアモルファス性であることから，クラスターの異方性は無視できるものと考えると，考察は一次元で良い．ε_{m}, ε_0 はそれぞれ，マトリックスおよび真空の誘電率である．結果的に式(2)に示すように，DLC 膜の誘電率 $\varepsilon_{\mathrm{DLC}}$ は，A(D)/A(G)値の増大に伴って，ε_{m}よりも大きい値となり得る．

$$\varepsilon_{\mathrm{DLC}} = \frac{d}{d - d_{sp2}}\varepsilon_{\mathrm{m}} > \varepsilon_{\mathrm{m}} \qquad (2)$$

しかし誘電率変化の対称性とは異なって、Region (II)における A(D)/A(G)値の減少は，(I)と比較して緩やかである．(II)での誘電率の減少は，sp^2 クラスター数/大きさの抑制だけではなく，イオンアシストの膜成長への寄与の減少によるマトリックスの密度減少，すなわち ε_{m} 自身の減少も寄与していると考えられる．

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: M. Yang et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **52**, 110123 (2013).

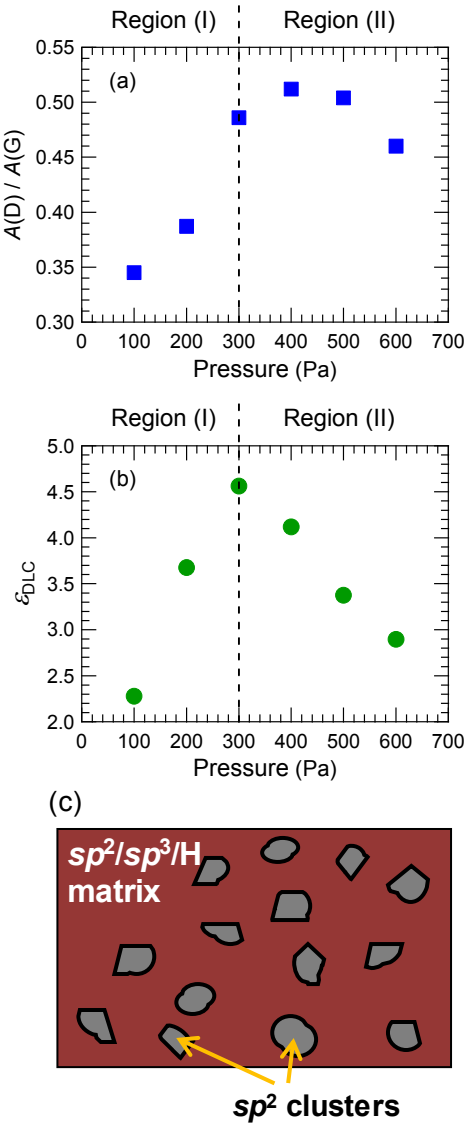

図 1. グロー放電条件下 CH_4/Ar 中で成膜した DLC 薄膜のラマンスペクトルの D/G バンド面積比(A(D)/A(G))の成膜全圧依存性．(b) 同試料の誘電率．(c) sp^2 クラスターモデルの模式図．

© 2014 年　応用物理学会