CVD ダイヤモンド表面伝導層のバンドダイヤグラム：表面直下の下向きバンド曲がりの再確認

Band diagram for chemical vapor deposition diamond surface conductive layer: Reconfirmation of downward band bending very near the surface

°河野省三[1]、竹内大輔[2]、児玉英之[1]、澤邊厚仁[1]（1. 青山学院大理工、2. 産総研）
°Shozo Kono[1], Daisuke Takeuchi[2], Hideyuki Kodama[1], Atsuhito Sawabe[1]
(1.Aoyama Gakuin Univ., 2.AIST), E-mail: kono@tagen.tohoku.ac.jp

1. はじめに

CVD ダイヤモンドの表面伝導層はデバイス応用も進み、ますます重要である[1]。しかし、基礎的な面で不明な点が幾つかある。以前に第一著者達は、表面伝導層の価電子帯上端(E_V)が表面直下においては表面に向かって下向きに~0.3eV 程度曲がっていると報告した[2]。しかし、その後この報告の検証も反証もない。本研究では単色 Al Kα線励起の XPS 測定によりそれを行った。また、非水素終端状態ダイヤモンドにおいてもその下向きのバンド曲がりは存在することを示す。

2. 実験

試料は、HPHT-Ib(001)基板上に MW プラズマにより non-dope 層を成長させ、熱フィラメント励起の水素ラジカルを照射し表面伝導層を誘起したものである。試料表面には結合エネルギーの標準と非水素終端状態試料の帯電を防ぐ目的で縞状に Ag を蒸着していてる[3]。XPS 装置は市販の装置(Kratos_Ultra)で、エネルギー分解能は~0.4 eV である。光電子の検出極角(θ)を増加させ表面感度を上げている(図１の挿入図)。試料表面の終端水素の電子刺激脱離は XPS 装置内で行った。

3. 結果

図 1 に表面伝導層を有する試料の C 1s XPS スペクトルのθ依存性を示す。スペクトルのピークは 1 に規格化されている。結合エネルギー（E_B）は正確に校正されているので、E_B=284.01 eV はダイヤモンドの E_V がフェルミ準位(E_F)と一致すること(E_F-E_V=0.0±0.12 eV)を意味する[4]。図 1 における C1s ピーク位置を C1s 光電子検出深さ(~2.4cos(θ) (nm))[4]の関数として図２の角印で示す。E_V のバンドダイヤグラムは例えば文献２での方法で精密に求める必要があるが、図２の４角は　価電子帯が表面の直下で下向きに曲がっていることを意味している。

この試料を XPS 装置内で電子刺激により表面終端水素を脱離させた。脱離の後で表面に吸着不純物として O, S, Cl, Si が存在していることを確かめた。これらは残留ガスおよび電子線源に由来すると想像される。脱離の後の C1s ピーク位置を C1s 光電子検出深さの関数として図２に同様に描いた（丸印）。表面伝導度が失われているので結合エネルギーの絶対値は意味を持たないが、E_V が下向きに曲がっていることは同じである。

4. 結論

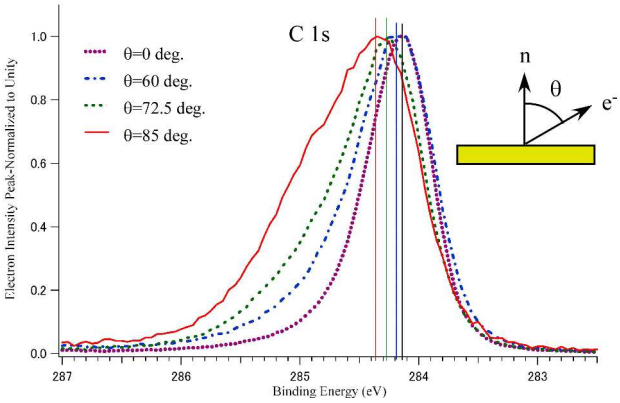

Fig.1 Polar angle dependence of C 1s XPS spectra for surface-conductive H-terminated diamond (001).

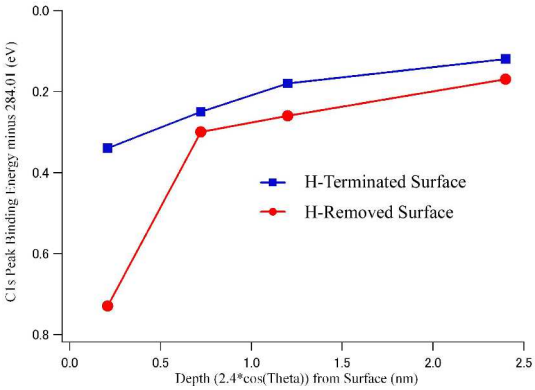

Fig.2 C1s peak binding energies minus 284.01 (eV) as a function of probing depth of the photoelectrons for the surfaces of CVD diamond (001). Squares (circles) correspond to the conductive (non-conductive) surface.

以上から、水素終端 CVD ダイヤモンドが外気に曝されて Transfer-Dope により高い表面伝導度が誘起される[1]以前に、その[種]となる状態が CVD 成長により生成されていることが想像される。

謝辞：試料の CVD 成長は産総研の加藤宙光氏によるものです。

文献：　**[1]** 例えば、C. I. Pakes et al., MRS Bulletin **39**(2014)542.　**[2]** S. Kono et al., Surf. Sci. **604**(2010)1148. **[3]** S. Kono et al., J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. **189**(2013)103. **[4]** S. Kono et al., Jpn. J. Appl. Phys. **53**(2014)05FP03.

© 2015年 応用物理学会