

酸処理ダイヤモンド(111)試料の加熱による表面伝導層の出現

Appearance of surface conductive layer by annealing of an acid-treated diamond (111)

早大ナノ・ライフ¹, 早大理工², (株) コメット³

○河野省三¹, 林 佑哉², 平岩 篤¹, 李 成奇³, 稲葉優文², 川原田 洋^{1,2}

RONL, Waseda Univ.¹, Fac. Sci. Eng., Waseda Univ.², Comet Inc.³,

○Shozo Kono¹, Yuya Hayashi², Atsushi Hiraiwa¹, Sung-Gi Ri³, Hidefumi Inaba², Hiroshi Kawarada^{1,2}

E-mail: kono@tagen.tohoku.ac.jp

はじめに： ダイヤモンド(111)面の表面伝導層の性質は(001)面のそれとは随分異なることが、Ri 達によって初めて報告された[1]。すなわち、(111)面は熱混酸洗浄等で酸素終端後、真空中あるいは Ar ガス中で加熱処理し、大気暴露すると表面伝導層が復活する。一方、(001)面はこのようことはない。この(111)表面伝導層の復活については、竹内等の報告[2]以降、特に報告はないようである。本研究では、この(111)表面伝導層の復活の再現実験を行い、(001)面との違いについて、主に XPS の観点から調べたので、その結果について報告する。

実験： (111)面試料については、面の平滑度の重要性が指摘されているので[1]、表面平均荒さ Ra=0.3 nm の Ib 基板を準備した。この基板に Non-dope でダイヤモンド CVD 成長を行い、水素終端状態では p 型表面伝導度(シート抵抗(Rs=~10KΩ/sq))の存在を確認した(試料名：H-plasma-treated (111))。この試料を熱混酸処理すると表面伝導度は消失した(試料名：Acid-treated (111))。この後、この試料を真空加熱(~700°C)し、大気暴露すると、p 型表面伝導度(シート抵抗(Rs=~14KΩ/sq))が復活した(試料名：Acid-treated-annealed (111))。(001)面試料については、特に同様の実験を行っていないが、今までの事例から(111)面で見られる表面伝導度の復活はないものと思われる。ただし、熱混酸処理試料(Acid-treated (001))を準備した。これら試料の C1s および O1s XPS 測定を表面感度の高い状態(光電子取り出し角 Electron-take-off angle=~15~20°)で測定した。

XPS 結果： 図 1 に各試料の C1s XPS スペクトルを示す。試料は上に名付けた 3 種の(111)試料と、比較のために測定した Acid-treated(001)である。表面伝導度の存在す

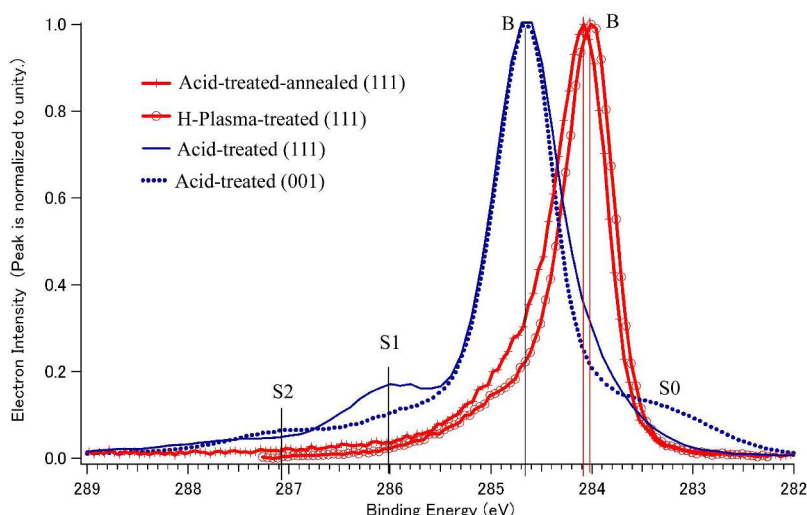


Fig.1 C 1s XPS spectra for the four samples as noted. The spectra were measured for surface-sensitive electron-take-off angles of 15~20° from the surface. A monochromatic Al K α source was used.

る 2 つの試料 (H-plasma-treated と Acid-treated-annealed (111)) では、C1s ピークの結合エネルギーが 284.0 eV に近く、表面での価電子帯上端(Ev)がフェルミ準位(Ef)に非常に近いことを示している[3]。この点からもこの 2 つ試料は類似している。また、(001)表面伝導試料もほぼ同様であることが知られている[4]。一方、Acid-treated 試料については(111)面と(001)面で明らかな違いが見られる。すなわち、(111)面では、終端酸素と結合した表面炭素成分(S1, S2)のうち S1 の強度が突出している点である。S1 成分は C-O-C (Ether-type)あるいは O-H 終端に対応する炭素である。(図 1 において、B はバルク成分、S0 は表面吸着炭化物に対応する。)したがって、試料 Acid-treated (111)は O-H 終端しており、真空加熱によって酸素が脱離し水素終端されると思われる。(111)面試料については、O1s XPS 強度からも真空加熱による酸素被覆率の実質的減少が見られた。

文献： [1] S-G. Ri et al., Diamond Relat. Mater.15(2006)692. [2] D. Takeuchi et al., Diamond Relat. Mater.18(2009)206. [3] S. Kono et al., JJAP53(2014)05FP03. [4] K.G. Crawford et al., Appl. Phys. Lett 108(2016)042103.