リン添加ダイヤモンド酸素終端表面からの放出電子のエネルギー分析

Energy Distribution of Electrons Emitted from P-doped Diamond, Oxidized Surface

静岡大¹, 国際基督教大², 産総研³○増澤 智昭¹, 根尾 陽一郎¹, 三村 秀典¹, 岡野 健², 山田 貴壽³Shizuoka Univ.¹, Int'l Christian Univ.², AIST³,○Tomoaki Masuzawa¹, Yoichiro Neo¹, Hidenori Mimura¹, Ken Okano², Takatoshi Yamada³

E-mail: takatoshi-yamada@aist.go.jp

1. まえがき

ダイヤモンドは、表面を水素原子や酸素原子で終端することにより電子親和力を負から正まで変えられることが知られている[1,2]。1990年代後半にはリン (P) 添加による n 型ダイヤモンドが報告され、負性電子親和力の活用が期待された[3,4]。一方、先行研究では、負の電子親和力を示す水素終端表面よりも、酸素終端表面からの方がより低い電圧で電界電子放出が起こることが報告されている[5]。

本研究では、紫外線光電子分光法 (UPS) によってリン添加ダイヤモンド酸素終端表面のバンド構造を調べるとともに、UPS と電界放出電子分光 (FES) を組み合わせることで電界電子放出のメカニズムを調べた[6]。

2. 実験方法

リン添加ダイヤモンドはマイクロ波プラズマ CVD 法により合成した。基板として高温高圧合成 Ib 型ダイヤモンド単結晶(111)を用い、ホモエピタキシャル膜を得た。炭素源としてメタンを、不純物源としてホスフィンを用い、C/H 比 0.5 mol%, P/C 比 5 mol%, マイクロ波出力 750 W として合成した。合成時の全圧は 75 Torr, 基板温度は 900 °C であった。

リン添加ダイヤモンドは 220 度に加熱した硫酸と硝酸の 3:1 混合液中で 60 分間煮沸処理を行い、酸素終端表面を得た。

ダイヤモンド試料を超高真空チャンバーに導入後、UPS/FES 測定を行った。試料表面から 50 μm の高さにニッケルメッシュを固定し、試料に負の電圧を印加することで電界電子放出を誘起する。同時に試料表面に紫外光 (He I, 21.22 eV) を照射することで、電子放出時のバンド構造と放出電子のエネルギーを比較した。

3. 実験結果

UPS スペクトルから、リン添加ダイヤモンド酸素終端表面の電子親和力は+0.67 eV と見積もられた。またダイヤモンド表面付近に上向きバンドベンディングの存在が示唆された。UPS/FES の結果から、酸素終端表面からの電子放出は、水素終端表面の場合とは異なり、伝導帯から Fowler-Nordheim 型トンネリングで放出されることがわかった。

謝辞

本研究の一部は静岡大学電子工学研究所共同研究拠点の助成により行われた。

参考文献

- [1] F. J. Himpsel et al., Phys. Rev. B 20, (1979) 624
- [2] N. Eimori et al., Jpn. J. Appl. Phys. 33 (1994) 6312
- [3] K. Okano et al., Electron. Lett. 31 (1995) 74
- [4] S. Koizumi et al., Appl. Phys. Lett. 71 (1997) 1065
- [5] T. Yamada, et al., Phys. Stat. Sol. A 204 (2007) 2957
- [6] T. Masuzawa et al., 投稿中。