18a-D1-6

島状に分離した縮退 p 型 CVD ダイヤモンド薄膜層からの正孔拡散

Hole diffusion from heavily-doped degenerate p-type diamond thin layer in a state of separated islands

阪大院工　○市川 大地，毎田　修，伊藤 利道

Graduate School of Eng., Osaka Univ.,　○Daichi Ichikawa, Osamu Maida, Toshimichi Ito
E-mail: d.ichikawa@daiyan.eei.eng.osaka-u.ac.jp

1.　はじめに

物性的に優れた性質を多く有するダイヤモンドは、ホウ素のアクセプタ準位が 0.37 eV と深いため、その活性化エネルギーの低減が求められるが、高濃度ホウ素ドープにより、金属的導電性を示すと同時に著しいキャリア移動度の低下が避けられない [1]。当研究室では、高濃度にホウ素ドープした縮退 p 型ダイヤモンド層のナノサイズ化とその分離・孤立化により、高キャリア濃度化と移動度低減の抑制が両立できることを報告している [2]。縮退 p 型層を μm オーダーで島状に分離した場合の解析方法、及び、その前後における実効的活性化エネルギーの低減については前回報告した [3]。本研究では、正孔拡散の特性をより詳細に調べるために、高濃度 B ドープ領域の埋め込み成長を行った試料を作製し、特性を調べた。

2.　実験

本研究では、<110>方向に 5°オフした (001)微斜面 HPHT（高温高圧合成）Ib ダイヤモンド基板を使用した [3]。同基板上には、一旦アンドープバッファ層をホモエピ成長させた。その後、水素希釈 $B(CH_3)_3$ をドーピングガスとした高濃度ホウ素ドープダイヤモンド薄膜層(B/C 比 8000 ppm)のホモエピ成長し、ECR 酸素プラズマエッチングにより、形成された縮退 p 型層を相互に分離した μm オーダーの無数の島状領域を形成した [3]。本研究では、B ドープ層の成長時間を 2 分及び 4 分とした 2 試料について調べた。主なプロセスの終了段階で、van der Pauw 法に基づいた AC Hall 測定装置により、100 ～ 670 K の温度範囲において電気的特性を評価した。その後、アンドープ層による高濃度 B ドープ領域の埋め込み成長を行い、同様に諸特性を評価した。

3.　結果及び考察

高濃度 B ドープ薄膜層を無数の島状に分離・孤立化することにより半導体的に振る舞うようになった。この 2 つの試料において、高濃度 B ドープ層成膜、μm オーダーで分離・孤立化、アンドープ層による埋め込み、それぞれの段階におけるシートホール係数の温度依存性(Fig.1)から活性化エネルギーを求めた(Fig.1 の直線部分)。成膜時間 2 分(膜厚 133 nm)の試料#1 では、300 K～470 K の温度範囲で分離・孤立化後に 0.13 eV であったが、埋め込み後は 0.15 eV に増え、成膜時間 4 分(膜厚 234 nm)の試料#2 では、400 K～470 K の温度範囲で分離・孤立化後に 0.11 eV であったが、埋め込み後は 0.12 eV となった。従って、アンドープ層の埋め込みにより、B アクセプタの実効的活性化エネルギーは若干増加する傾向があった。一方、同活性化エネルギーは高濃度 B ドープ層が厚い試料の方が多少（≈0.2 eV）小さい値となっているのは、正孔に対するアクセプタのクーロンポテンシャルが比較的長距離まで作用するので、それらが十分重なりあった領域(体積)の全 B ドープ層(体積)に対する割合は、B ドープ層の厚い方が増大するため、B アクセプタ準位がより低下する領域が増え、実効的活性化エネルギーが若干減少した、と考えられる。

また、500 K 以上の高温領域のシートホール係数が、埋め込み後に減少したことから、アンドープ層による分離・孤立化された高濃度 B ドープ層の埋め込みにより、キャリア密度が増加したことが分かる。これは、埋め込みにより、新たに形成された高濃度 B ドープ領域上側のアンドープ層との界面からもキャリアが拡散するようになった結果であり、埋め込み後に生じた低温領域におけるシート抵抗値の減少からもこのことが裏づけられる [3]。

本研究で得られた縮退 p 型層の分離・孤立化による実効的活性化エネルギーの低減効果の詳細については、当日報告する。

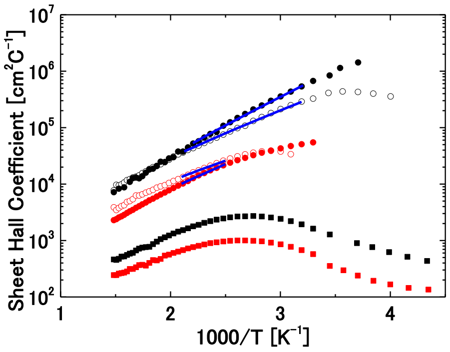

Fig. 1. Temperature dependence of sheet Hall coefficients taken from two samples as fabricated with thin heavily B-doped layers having different thicknesses of 133 nm (#1; ■) and 234 nm (#2; ■), from those after separating innumerable isolated B-doped regions (#1; ○ and #2; ○), and from those after additional CVD growth of an undoped layer (#1; ● and #2; ●). Each curve (line) is obtained by fitting the corresponding experimental data with a single-carrier model.

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金（基盤研究(A) 21216011）の助成により行われた。

参考文献

1) C. L. Wang *et al* : Jpn. J. Appl. Phys. **40** (2001) 4145.
2) 青野,毎田,伊藤: 第 71 回応用物理学会秋季学術講演会,講演番号 15a-ND-11,2010.9
3) 市川,毎田,伊藤: 第 60 回応用物理学会春季学術講演会,講演番号 28p-PB3-6,2013.3
4) M. Aono, O. Maida and T. Ito: Diamond Relat. Mater. **20** (2011) 1357.

© 2013 年　応用物理学会