

分散化した高濃度ホウ素ドーパ縮退 CVD ダイヤモンド多層膜構造 のマクロスコピックな半導体特性

Macroscopic semiconducting properties of distributed diamond multilayers with heavily boron-doped degenerate thin layers

大阪大学大学院工学研究科 ○田渕 智大, 毎田 修, 伊藤 利道

Graduate School of Engineering, Osaka Univ., ○Tomohiro Tabuchi, Osamu Maida, Toshimichi Ito

E-mail: t.tabuchi@daiyan.eei.eng.osaka-u.ac.jp

1. 背景と目的

半導体ダイヤモンドデバイスの作製には高品質ホウ素(B)ドーパ p 型試料が不可欠であるが、ダイヤモンド中の B のアクセプタ準位は 0.37 eV と他の汎用半導体と比較して大きいので、デバイスとして用いるには活性化エネルギーの低減が求められる。一方、高濃度 B ドーパ試料では活性化エネルギーは低減できるがキャリア移動度の低下が著しい。このため、キャリア移動度の低下を抑制しつつ実効的活性化エネルギーを低下しキャリア密度を増大する方法を検討する必要がある。

我々は、空間的に分散させた無数の高濃度ドーパ微小領域からなるキャリア供給領域を形成し、高キャリア移動度の高品質アンドープ層（または低濃度 B ドーパ層）にキャリアを供給する方法を検討している¹⁾。本研究では、縮退 p 型薄膜層を多層含む積層構造を無数の領域に分散し埋め込んだ CVD ダイヤモンド試料を作製し、試料のマクロスコピックな半導体特性の改善を目指した。

2. 実験

高出力マイクロ波プラズマ(MWP)CVD 法により、 $\langle 110 \rangle$ 方向に 5° オフした微斜面(001)HPHT Ib ダイヤモンド基板にアンドープバッファ層を合成した。その上に石英管型反応容器を用いた MWPCVD 法により縮退高濃度 B ドーパ薄膜層及びアンドープ層をそれぞれ 10 層積層した。その際、チャンバー内ドーパガス分圧等の条件より B ドーパ層 1 層の膜厚(半値全幅)は 13 nm と予想した。その後、当該構造を ECR 酸素プラズマエッチングにより μm オーダーもしくは nm オーダーに分散し、(名目上の)アンドープダイヤモンドによる埋め込みを行った。各プロセス段階で電気的特性評価を行った。

3. 結果及び考察

Fig.1 に示した積層構造作製後の二次イオン質量分析結果より、予想された値に近い膜厚約 12 nm の高濃度 B ドーパ薄膜層が表面側 9 層について良い再現性で成膜されていることが分かる。

当該積層構造をリソプロセスにより、 μm オーダーに周期的に分散し、アンドープ層成長条件で埋め込みを行った。この段階のシートホール係数

の温度依存性を Fig.2 に示す。キャリア供給領域が空間的に分散されたため、キャリアの縮退が見られなかったため、温度依存性のフィッティングから活性化エネルギーを算出した。その際、縮退領域がマクロスコピックに分散されたとして、キャリアは価電子帯を移動する 1 種類のみと仮定した(Fig.2 の直線部分)。得られた活性化エネルギーは、0.21 eV となり、低濃度 B ドーパ試料のアクセプタ準位である 0.37 eV から大きく低減することができていた。詳細は当日報告する。

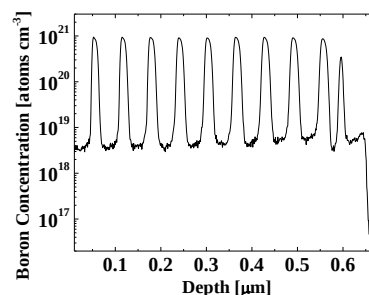


Fig. 1. Secondary ion mass spectrometry profile of multilayered CVD diamond sample having heavily B-doped diamond thin layers.

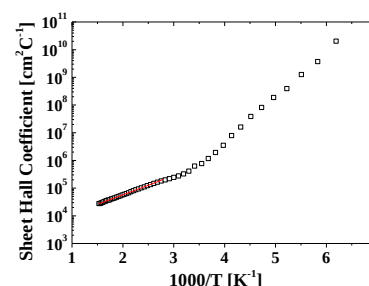


Fig. 2. Temperature dependence of sheet Hall coefficient for a sample having innumerable μm regions of the multilayered structure periodically distributed in nominally undoped CVD diamond. The red line is a curve fitted to the experimental data using a single-carrier model.

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金 基盤研究(B) (15H03557)の助成により行われた。

参考文献

1) 青野, 毎田, 伊藤: 第 71 回応用物理学会学術講演会講演予稿集 15a-ND-11.