

課題番号 :F-17-OS-0037
利用形態 :機器利用
利用課題名(日本語) :縮退高濃度ホウ素ドーパダイヤモンド多重積層構造における nm スケールの分散化プロセス
Program Title (English) :Fabrication process of multi-layered and isolated nano-sized clusters of heavily-boron-doped CVD diamond
利用者名(日本語) :久世純平, 小川貴寛, 福島慎市, 別府晟多, 丸岡憲史
Username (English) :J. Kuse, T. Ogawa, S. Fukushima, S. Beppu, K. Maruoka
所属名(日本語) :大阪大学工学研究科電気電子情報工学専攻
Affiliation (English) :Division of Electrical, Electronic and information Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University
キーワード/Keyword :ダイヤモンド, 微細加工, リソグラフィ・露光・描画装置

1. 概要 (Summary)

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 アクセプタ準位は 0.37 eV と他の汎用半導体と比較してかなり大きい。このため、室温近傍で動作する高機能デバイスに活用するには活性化エネルギー ϵ_A の低減が求められる。一方、充分高濃度に B ドープすれば金属転移が起き、活性化エネルギー ϵ_A は低減できるが、移動度の低下が著しい。そこで実効的活性化エネルギーの低減方法として、無数の高濃度 B ドープ微小領域からなるキャリア供給領域を空間的に分散させ、高移動度の高品質アンドープ層または低濃度 B ドープ層でキャリアを輸送する方法が提案された。本研究では、縮退高濃度 B ドープ層を周期的に無数の領域に分散する複数のプロセスの適正化を行った。その結果、この手法により、B ドープダイヤモンド層の正孔移動度の正孔濃度(室温)依存性を改善できる可能性を見出した。

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】

電子ビームリソグラフィ装置 JSM6500F

【実験方法】

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) 高压合成(HPHT) Ib ダイヤモンド基板上にアンドープバッファ層をホモエピした後、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 ドープ薄膜層を形成した。当該層を、電子線リソグラフィを用いたサブミクロン領域の周期的分散化するために、ま

ず、電子線リソグラフィ条件の適正化を、電子ドーズ量をパラメータとして行った後、適正化されたリソグラフィ条件で分散化を行った。その後、無数の微小領域に周期的に分散した高濃度 B ドープ積層薄膜を、高移動度を有するアンドープ層をホモエピ成長させることにより埋め込んだ。得られた当該試料を、van der Pauw 法により 300K から 673K に亘り Hall 測定し、その結果を Single carrier (hole) group model を用いてフィッティングし、輸送特性を評価した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

電子線リソグラフィによりダイヤモンド層の分散化の際に適した電子ドーズ量として、 $80 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ が得られた。この電子線リソグラフィ条件で形成したレジストの微細パターンの AFM 像を Fig. 1 に示す。この電子線リソグラフィ条件をもとにした分散化プロセスにより縮退高濃度 B ドープ層の周期的分散及びアンドープダイヤモンドによる埋込みを行った。得られた試料に対し、Hall 測定を行うと、その電気的特性は温度依存性があり、少なくともマクロ的には半導体的性質を有する試料が得られた。Hall 測定により得られたシートキャリア濃度の温度依存性に対して Single carrier (hole) group model を用いて活性化エネルギー ϵ_A を算出すると、活性化エネルギー ϵ_A は 0.31 eV となっており、この値は低濃度 B アクセプタ準位である 0.37 eV に比べ、低減することができたと言える。また室温におけるシート正孔濃度と正孔移動度との関係を Fig. 2 に示す。高濃度 B ドープ縮退領域を無数に分散させることにより、正孔移動度の正孔濃度依存性が改善されており、 p 型半導体ダイヤモンドを高機能化できたと考えられる。

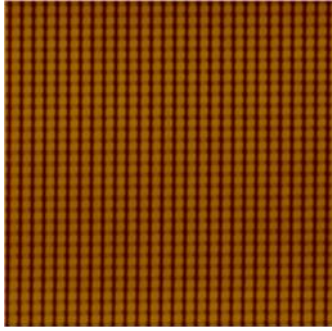


Fig. 1. AFM Image of Fine pattern of resist that fabricated by Electron beam lithography

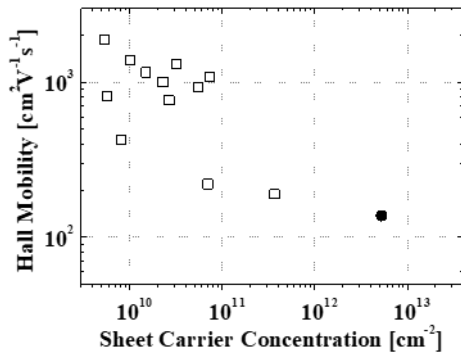


Fig. 2. Relation of Sheet carrier concentration and Sheet hall mobility(□:Other research institutions ●: Our laboratory)

4. その他・特記事項 (Others)

本研究の一部は科学研究費補助金 基盤研究(B) (15H03557) による助成を受けて実施された。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。