

室温 $^{11}\text{B}^+$ イオン注入及び 1150°C, 1300°C アニール処理による IIa 型ダイヤモンド基板への高効率 p 型 B ドーピング

The highly efficient p -type B doping into type IIa diamond substrate by $^{11}\text{B}^+$ ion implantation at room temperature and subsequent annealing at 1150°C and 1300°C

神奈川大院理 °関 裕平, 星野 靖, 中田 穰治

Kanagawa Univ., °Yuhei Seki, Yasushi Hoshino, Jyoji Nakata

E-mail: r201670150lg@jindai.jp

高性能半導体デバイスの作製においてイオン注入による不純物ドーピングは必要不可欠な手法であり、ダイヤモンド半導体への応用が望まれている。これまで様々な基板温度で B を注入、1450°C 以上の高温でポストアニールすることでの p 型ダイヤモンド作製が報告されている[1-3]。しかし高濃度ドーピングにおいて、ドーピング効率が低いことやイオン注入により形成されたドナーライク欠陥が低抵抗化を阻害し実用化には至っていない。本研究では、ダイヤモンド基板に対し室温で高濃度(~200 ppm)に B を注入し、その後これまでより低い温度でのアニール処理をすることでダイヤモンドへの高効率な B のドーピングを目指した。

我々は CVD(Chemical Vapor Deposition)IIa 型合成ダイヤモンド基板に対し $^{11}\text{B}^+$ イオンを室温、基板表面から 0.1 μm の深さまで B 濃度が $4 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ となるように、注入エネルギーを 5-60 keV, ドーズ量を $4 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ で注入した。その後、注入した試料を赤外線加熱炉で 1150°C 及び 1300°C で 2 時間アニール処理した。作製した試料に対し、Van der Pauw 法で比抵抗, AC 磁場 Hall 効果測定でキャリア濃度, Hall 移動度の測定及びキャリアタイプの判定を -100°C から 800°C の温度範囲で評価した。また、活性化エネルギー E_a , 補償率 $K(=N_d/N_a)$ をパラメータとして理論的なキャリア濃度を計算し、実験で得られた値に対しフィッティングを行うことで、ダイヤモンド格子中に置換されているアクセプタ濃度を見積もった。

図 1 に作製した試料のキャリア濃度及び Hall 移動度の温度依存性を示す。 p 型の伝導性はアニール温度に関わらず、-70°C から 800°C の幅広い温度範囲で得られた。活性化エネルギーは 1150°C でアニールした試料で 0.335 eV, 1300°C でアニールした試料で 0.302 eV であった。また、1300°C でアニールした試料において室温で 110 cm^2/Vs の移動度が得られた。これらの値を用いて計算した理論的なキャリア濃度でのフィッティングにより得られたアクセプタ濃度は、1150°C でアニールした試料において $2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であり、約 80% のドーピング効率が得られた。この値は、これまで報告されているものより非常に高く、注入中基板温度やアニール温度がドーピング効率に対し重要であることを示している。

[1] F. Fontaine, C. Uzan-Saguy, B. Philosoph, R. Kalish, Appl. Phys. Lett. **68**, 2264 (1996).

[2] T. Vogel, J. Meijer, A. Zaitsev, Diamond Relat. Mater. **13**, 1822 (2004).

[3] Tsubouchi, M. Ogura, N. Mizuochi, H. Watanabe, Diamond Relat. Mater. **18**, 128 (2009).

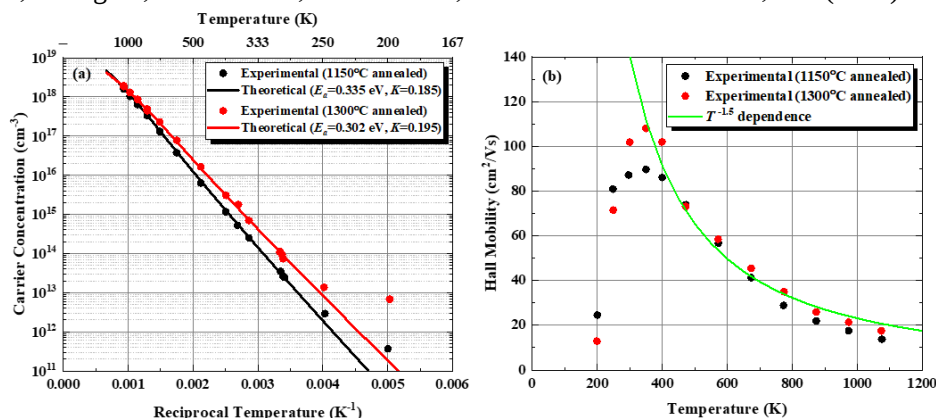


Figure 1: Temperature dependence of the carrier concentration (a) and Hall mobility (b) for the B-implanted sample at RT followed by subsequent annealing at 1150°C and 1300°C