

イオン注入したダイヤモンドの高温高压処理

High pressure and high temperature treatment on ion-implanted diamond

愛媛大工¹, 愛媛大 GRC², ◦福田玲¹, 山本直也¹, 村上洋平¹, 石川史太郎^{1,2}, 松下正史^{1,2},

新名亨², 大藤弘明², 入船徹男²,

Ehime Univ.¹, Ehime Univ. GRC²,

◦Rei Fukuta¹, Naoya Yamamoto¹, Yohei Murakami¹, Fumitaro Ishikawa¹, Masafumi Matsushita¹,

Toru Shinmei², Hiroaki Ohfuji², Tetsuo Irifune²,

E-mail: f863001x@mails.cc.ehime-u.ac.jp

【はじめに】ダイヤモンドは、特異な物性を持つ新しい半導体として知られている。しかし、人工ダイヤモンドは半導体としての性質を示すのは困難である。その理由として不純物や欠陥が多く、導電性制御するドーピングが難しいことがあげられる。高温・高压合成ダイヤモンドでは半導体デバイスは実現されておらず、下地の基板利用までにとどまっている。特に電子が電気輸送を担う n 型化は困難を極め、成功例は限られた機関での化学気相体積法 (CVD) に限られている。これまでに各種合成技術の発達により高品質ダイヤモンドの作製が可能となり、半導体として有望なダイヤモンドの電子物性が明らかになってきた。その中でキャリア制御手法としてのドーピング技術も進展し、電子デバイスの機能も向上している。本研究ではダイヤモンドの導電性制御を目指し、CVD ダイヤモンド表面へのイオン注入による不純物導入と高温高压処理による結晶性回復、特性制御を試みている。これまでに、ピラミッド型の構造発現など意図しない特徴的結晶発現を見出している。一方、同試料の不純物濃度は意図して導入した P の濃度が雰囲気中の H や O 等の元素よりも低くなり、導電性制御のためにはこれらが問題となることが考えられた。今回はイオン注入条件、高温・高压処理条件を見直し、目的である n 型化に有望な P を支配的な不純物として含有するダイヤモンド合成について検討を行った。

【実験方法・結果】試料基板は、CVD 法で作製された市販の単結晶ダイヤモンドを用いた。同試料表面に対して高温下で P イオン注入を行い、表面約 200nm に均質に P を $4 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 導入した。次に、キュービク型超高压発生装置を用いて約 2300°C、15GPa の高温・高压で試料を 20 分保持し、非結晶化した表面の再結晶化と欠陥低減を試みた。その後作製した試料に対して、原子間力顕微鏡 (AFM) を用いて表面形状を観察し、二次イオン質量分析法 (SIMS) で試料中元素の面内分布を調べた。Fig.1 に AFM 測定結果を示す。イオン注入後の試料表面にはピットのような窪みが発生した。同試料を高温高压処理した後の試料表面は、見られた窪みが拡大したような形態が観測された。また、窪みの形状が四角錐状となり、同部位の結晶化に伴い特定の面方位が現れたことが考えられた。同試料に対する SIMS 測定の結果、イオン注入部位の P 元素が 10^{20}cm^{-3} 以上の高濃度で支配的に分布しており、イオン注入後の状態を高温・高压処理後も保持していた。また、H、O 等の環境中の不純物濃度は P よりも一桁以上低い値となり、今回の取り組みがダイヤモンドへの不純物導入に有望であることが示唆された。

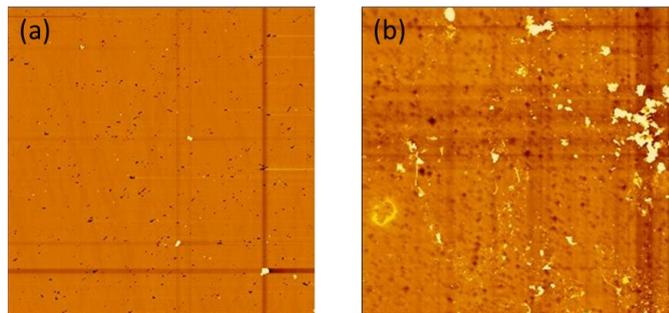


Fig.1 AFM surface observation of ion implanted diamond (a) before and (b) after high pressure and high temperature treatment.