SiC 結晶中シリコン空孔の ODMR 信号に熱処理温度が及ぼす影響

The effect of annealing temperature for ODMR signals of silicon vacancy in SiC crystal

埼玉大院1. 量研2

○(M2) 千葉 陽史 ^{1,2}, 山﨑 雄一 ², 牧野 高紘 ², 佐藤 真一郎 ², 山田 尚人 ², 佐藤 隆博 ², 土方 泰斗 ¹, 大島 武 ²

Saitama Univ¹, QST²

^OYoji Chiba^{1,2}, Yuichi Yamazaki², Takahiro Makino², Shin-ichiro Sato², Naoto Yamada², Takahiro Satoh², Yasuto Hijikata¹, and Takeshi Ohshima² E-mail: chiba@opt.ees.saitama-u.ac.jp

【はじめに】

炭化ケイ素(SiC)半導体中のシリコン空孔(V_{Si})は、固体量子ビット¹、量子暗号通信に応用可能な単一光子源²、室温において局所的な磁場や温度を高感度検出する量子センサ³といった、「量子デバイス」への応用が期待されている。基礎研究で先行するダイヤモンド窒素-空孔複合センター(V_{Si})に対して、 V_{Si} の母材である SiC は大口径・高品質ウエハの入手が容易である点や成熟したデバイスプロセス技術といった実用化に関わる利点を持つ。そのため、我々は V_{Si} を用いた量子センサの実現を目指している。量子センシングでは通常、光検出磁気共鳴(V_{Si})に、 V_{Si} をのため、といっと比較して V_{Si} の V_{Si} の

【実験及び結果】

n 型 4H-SiC エピタキシャル膜付基板(ドーピング濃度: $5\times10^{14}\,\mathrm{cm}^{-3}$)に、 $1\,\mu\mathrm{m}$ 径に集束した $0.5\,\mathrm{MeV}$ のプロトンビームを照射し V_{Si} の形成を行った 4 。照射量は $1\times10^6\,\mathrm{H}^+$ /spot とした。モンテカルロ計算によるこの場合の飛程は $\sim4\,\mu\mathrm{m}$ である。その後、 $300\,^\circ\mathrm{C}$ から $650\,^\circ\mathrm{C}$ まで段階的に温度を上げながら真空下時間 $30\,$ 分間の熱処理を行った。発光点の観測には共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡 (CFM)を用いたフォトルミネッセンス(PL)測定を行った。なお、励起光は波長 $671\,\mathrm{nm}$ 出力 $0.8\,\mathrm{mW}$

の半導体レーザを用い、ロングパスフィルタ (LPF): 830 nm・900 nm を介して室温にて PL マッピングを取得した。ODMR 測定ではループコイルを用いて試料にラジオ波を照射した。図 1 に未処理と熱処理後(550 °C・650 °C) において、磁場を印加せずにラジオ波周波数を掃引して得た ODMR スペクトルを示す。 観察されたピークは V_{Si} のゼロ磁場分裂幅に相当する。550 °C の熱処理によって半値全幅は約 3 分の 2、ODMR コントラストは 1.9 倍となり、磁場感度としては 2.9 倍に向上した。しかし、650 °C の熱処理では逆に ODMR コントラストが減少した。これは、高温熱処理により V_{Si} の一部が炭素アンチサイト空孔ペア($C_{Si}V_{C}$)に変わったためと考えられる 5.6。

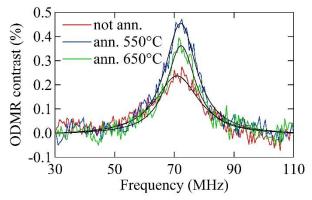


Fig. 1. ODMR spectra obtained from $V_{\rm Si}$ under zero magnetic field before and after the annealing process (550 °C).

【謝辞】本研究は科研費基盤 A(17H01056, 18H H03770)、MEXT、Q-LEAP、CAO、PRISM の助成を受けたものである。本研究で用いたエピタキシャル膜付基板は電力中央研究所の土田秀一博士、星乃紀博博士より提供を受けた。

【参考文献】 ¹ D. Riedel, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **109**, 226402 (2012). ² M. Widdmann, *et al.*, Nat. Mater. **14**, 164 (2015). ³ H. Kraus, *et al.*, Sci. Rep. **4**, 5303 (2014). ⁴ H. Kraus, *et al.*, Nano lett. **17**, 2865 (2017). ⁵ S. Castelletto, *et al.*, Nat. Mater. **479**, 84 (2011). ⁶ M. Bockstedte, *et al.*, Phys. Rev. B **69**, 235202 (2004).