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(NV センター)に対して、Vsi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 Vsi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(ODMR)測定を行うが、 NV センターと比較して Vsi の ODMR 信号のコントラスト(C)は小さく、半値全幅(Δv)は大きい。 例えば、磁場感度はΔv/C に比例することから、高いセンサ感度を得るためにはより大きな ODMR コントラスト及び小さい半値全幅が要求される。本研究では、Vsi の ODMR 信号を改善するため に、Vsi形成後に行う熱処理の温度が Vsiの発光及び ODMR 信号にもたらす影響を調べた。

【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: 5×10¹⁴ cm⁻³)に、1µm径に集束した0.5 MeV のプロトンビームを照射しVsiの形成を行った⁴。照射量は1×10⁶ H⁺/spotとした。モンテカルロ計 算によるこの場合の飛程は~4µmである。その後、300℃から650℃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 nm出力0.8 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).