

窒化ガリウムの微小領域にイオン注入したプラセオジウム(Pr)の発光観測

Luminescence Properties of Praseodymium Implanted into

Micro-Regions in Gallium Nitride

量研¹, 名大², 法政大³○佐藤 真一郎¹, 出来 真斗², 中村 徹³, 西村 智朗³, 大島 武¹QST¹, Nagoya Univ.², Hosei Univ.³,○Shin-ichiro Sato¹, Manato Deki², Tohru Nakamura³, Tomoaki Nishimura³, Takeshi Ohshima¹

E-mail: sato.shinichiro2@qst.go.jp

結晶欠陥などに存在する電子スピンをプローブとし、磁場や温度との相互作用による電子スピンの状態変化を光検出磁気共鳴(ODMR)により観測し、ナノスケールという微小領域の磁場・温度を高感度計測する「量子センシング」が近年注目されている。窒化ガリウム半導体(GaN)中の孤立したランタノイド(Ln)は、室温でも狭い線幅で高輝度の発光を示し、電流注入による発光制御ができることから、電氣的制御に基づく量子センサーへの応用が期待できるが、その実現のためには、微小領域に注入した Ln の高強度発光を高いコントラストで観測する必要がある。そこで我々は、GaN の微小領域に注入した Ln の一種であるプラセオジウム(Pr)からの発光の観測およびその ODMR に関する研究を進めている。

非ドーパ GaN エピタキシャル膜 (厚さ 15 μm) に対し、フォトリソグラフィ技術を用いて、規則的な正方形のドットパターン (最小 1 $\mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$) を有したレジスト膜を形成し、室温で 150 keV Pr イオンを $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 注入した。その後、レジスト膜を除去し、マグネトロンスパッタ法によって厚さ 50 nm の Si_3N_4 膜を蒸着したのち、窒素ガスフロー中 1200 $^{\circ}\text{C}$ で 1 分間の高速熱処理を行うことで、照射欠陥を除去し Pr^{3+} を活性化させた。最後に、フッ酸処理により Si_3N_4 膜を除去した。Pr 注入領域の発光の観測には共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡(CFM)を用い、 $650 \pm 6.5 \text{ nm}$ のバンドパスフィルターを挿入して、 Pr^{3+} の $^3P_0 \rightarrow ^3F_2$ 遷移に起因する 652 nm 付近の発光のみを選択的に観測した。測定はすべて室温で行った。

CFM 像の一例を Fig. 1 に示す。励起光は 405 nm、出力 100 μW であり、レジスト膜のパターンに沿って、明瞭な Pr^{3+} 起因の発光を観測することに成功した。当日の講演では、レーザー波長依存性や強度依存性について議論し、現時点での観測可能な最小アンサンブル数や更なる微細化について検討する。

本研究は JSPS 科研費 JP16K17507 および JP18H01483 の助成を受けたものである。

CFM 測定は豪 RMIT 大学 Brant Gibson 准教授による助力を得て行った。

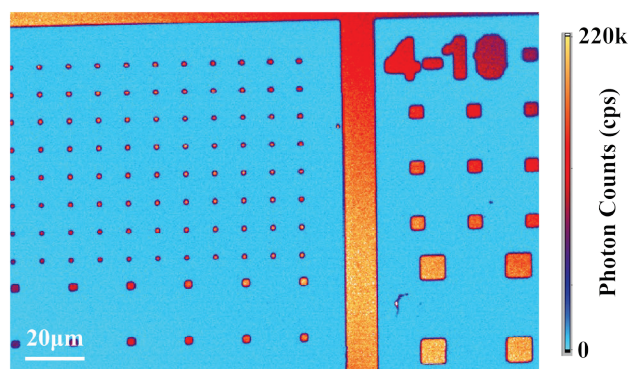


Fig. 1. Confocal microscope image of the Pr-doped GaN at room temperature.