

GaAs フレーク中の窒素不純物発光中心を用いたシングルモード光ファイバへの長期安定な光結合

Long-term stable optical coupling to a single-mode optical fiber using nitrogen impurity centers in GaAs flakes



筑波大物理¹, 物材機構², ^{○(DC)}石田 峻之¹, 佐久間 芳樹², 池沢 道男¹

Tsukuba Univ.¹, NIMS², ^{○(DC)}T. Ishida¹, Y. Sakuma², M. Ikezawa¹

E-mail: s1830075@s.tsukuba.ac.jp

【はじめに】 光を用いた量子情報通信技術にとって必要不可欠な構成要素である単一光子源において、長期安定な光取得と複数光源のエネルギーマッチングは重要な課題である。これまで、フレーク状に加工した単一の半導体量子ドットをシングルモード光ファイバ (SMF) に接合した構造を用いて安定な光子取得が実証されている [1]。SMF に直接光を結合する構造は長期安定的な光子取得とチューナブルな光共振器を実現するために有望である。また、GaAs 中に形成される等電子トラップの窒素不純物発光中心 (NN センター) は窒素 N の原子配置によって離散的に発光エネルギーが決まる [2]。これまで、2 次元的に薄く窒素を δ -ドーピングしたときの局在化した NN センターから単一光子発生が実証されており [3]、複数光源のエネルギーマッチングにおいて有望である。本研究では、フレーク状に加工した GaAs 中の NN センターを SMF のコアに接合した構造を用いて、光学的な特性評価と光結合の長期安定性を実証したので報告する。

【実験方法と結果】 試料は、MOCVD 法を用いて Cr-O ドープの半絶縁性基板上に成長温度 550 °C で成長した。窒素 δ -ドーピング層は、GaAs の 200 nm のバッファ層と 100 nm のキャップ層の間に位置している。このエピタキシャル成長膜の表面をダイヤモンドスクライバーで削り数十 μm 以下程度のフレーク状に加工した。倒立型光学顕微鏡で観察しながらこの NN センターを含んだ GaAs フレークを SMF コアにファンデルワールス力により付着させ (図 1(a))、もう一本の SMF とアダプタを用いて機械的に固定した。光学系は図 1(b) に示すように SMF ベースのセットアップであり GaAs フレークは液体ヘリウム浴中で冷却した。波長 660 nm の半導体レーザーを用いて励起し、いくつかの GaAs フレークのフォトルミネセンス (PL) を測定した結果、ピーク強度とエネルギーについて安定なピーク (Flake-A) と不安定なピーク (Flake-B) が見出された (図 1(c))。Flake-B ではタイムトレース測定により単一光子発生を示唆する明瞭なスペクトル拡散が確認された。Flake-A は、88 % の直線偏光、2.41(6) ns の発光寿命、840.2 nm の発光波長を有していることから NN_A センターの特徴と一致する [3]。さらにこの構造は 20 時間以上ドリフトのない安定な光結合が可能であり、3 年経過後でも PL が確認されたことからヒートサイクルや機械的振動に対して堅牢であることがわかった (図 1(d))。

[1] H. Sasakura, *et al.*, *Appl. Phys. Express* **6**, 065203 (2013).

[2] T. Makimoto, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **36**, 1694 (1997).

[3] L. Zhang, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **52**, 04CG11 (2013).

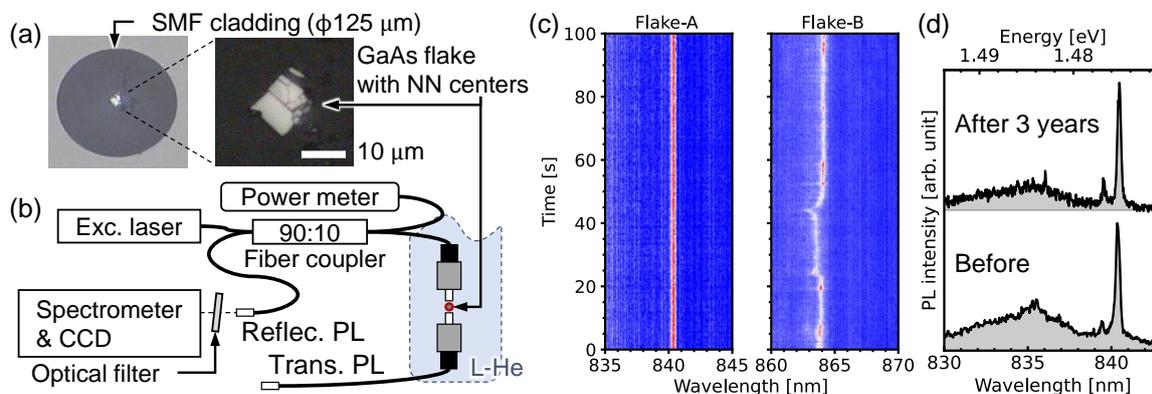


図 1: (a) Optical microscope image of SMF edge surface and adhered GaAs flake. (b) Optical Setup. (c) Time trace of PL from NN center in GaAs flake. (d) PL from Flake-A after about 3+ years.