

青色発光 InGaN 量子井戸構造の STED 超解像イメージングにおける 脱励起光中空ビームの位相変調効果

Study of Phase-modulated Doughnut Beam Effects on Super-resolution Imaging of a Blue InGaN Quantum Well Structure

東北大多元研¹, 東北大未来研 (NICHe)² °小澤祐市¹, 草間裕太², 横山弘之², 佐藤俊一¹

IMRAM, Tohoku Univ.¹, NICHe, Tohoku Univ.², °Y. Kozawa¹, Y. Kusama², H. Yokoyama², S. Sato¹

E-mail: kozawa@tagen.tohoku.ac.jp

はじめに InGaN 量子井戸 (QW) を活性層とする青緑色域の半導体レーザでは, QW 構造中での混晶組成揺らぎがデバイスの動作特性に影響すると考えられているが, その空間的な組成揺らぎを高分解能に可視化することができれば, デバイス特性を材料物性の視点から理解する上での重要な知見が得られると期待される. 我々はこれまで, InGaN-QW のフォトルミネセンス (PL) が脱励起光照射下で消光 (STED) することを示し[1], これを利用することで, 組成揺らぎを反映した超解像イメージング (SRI) が可能であることを報告した[2, 3]. STED-SRI は, 試料面を走査する励起光と中空状の強度分布を有する STED 光を同位置に照射し, 誘導放出による脱励起効果で実効的な発光領域を小さくする原理に基づく. 今回我々は, これまでよりさらに SRI 効果を高めるために, 空間的な位相変調により 2 重リング状の強度分布とした STED 光による SRI 実験を試みたので報告する.

実験および結果 測定試料として, (0001)面サファイア基板上に成長した 3 nm 厚の単一量子井戸 (SQW) 構造の上に Au 薄膜で矩形開口パターンマスク (開口サイズ: $(100 \text{ nm})^2 - (2 \mu\text{m})^2$) を形成したものを使用した[3]. 波長 405 nm の励起光と波長 532 nm の中空状 STED 光を試料表面に対して同軸に集光・走査し, 各照射点からの PL を信号光として画像を取得した. この時, STED 光に対して, ビーム横断面中心から同心円状に 0 あるいは π の位相シフトを液晶光変調素子によって付加し, 2 重リング状の強度分布を有するビームに変換した.

一辺 200 nm の矩形開口パターンに対して STED イメージングを行った結果を図 1 に示す. 図 1(a)は励起光のみ照射した場合のイメージング画像であり, 図 1(b)および 1(c)はそれぞれ従来の中空状 STED 光および 2 重リング化した STED 光を同時照射した場合の取得画像である. いずれも STED 光照射により矩形開口領域からの発光領域サイズが縮小していることがわかるが, 水平方向に対する空間強度プロファイルを比較したところ, 2 重リング状 STED 光を用いた(c)では, 従来の STED 光照射時(b)よりもさらに 10%程度小さくなっている. この結果は, 照射する STED 光の空間位相変調が, STED-SRI における空間分解能の向上に有効であることを示唆する. 実験結果および考察・検討の詳細については当日報告する.

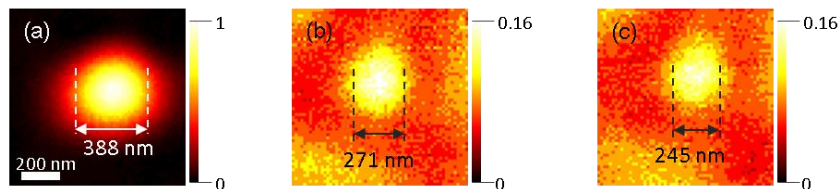


図 1. STED 光照射による発光点サイズの変化. (a)励起光のみ, (b)励起光+中空状 STED 光照射, (c)励起光+2 重リング状 STED 光照射. 照射パワー (試料表面) は励起光:2.7 μW , STED 光: 10 mW.

参考文献

- [1] 佐藤, 石橋, 横山, 第 72 回応用物理学会学術講演会, 1a-ZE-5 (2011)
- [2] 佐藤, 小澤, 佐藤, 横山, 第 59 回応用物理学関係連合講演会, 17p-F12-8 (2012)
- [3] 佐藤, 小澤, 草間, 佐藤, 横山, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 28p-PA1-12 (2013)