

深紫外近接場光学顕微鏡の開発と
Al リッチ AlGa_N 系特異構造の PL マッピング評価

Development of a deep-ultraviolet scanning near-field optical microscope
for PL mapping analysis of Al-rich AlGa_N singularity-structures

石井良太, 船戸 充, 川上養一 (京大院工)

○R. Ishii, M. Funato, and Y. Kawakami (Kyoto Univ.)

E-mail: ryota.ishii@optomater.kuee.kyoto-u.ac.jp, kawakami@kuee.kyoto-u.ac.jp

DUV-LED 技術の進展には目覚しいものがあるものの、240 nm より短波長で発光する AlGa_N 系 LED の外部量子効率_{ext}は低く留まっている。低い内部量子効率_{int}がその一因として考えられており、らせん転位が誘起する Ga リッチ領域に形成される 0 次元局在発光中心 [1] やマクロステップ端が誘起する Ga リッチ領域に形成される 1 次元局在発光中心 [2] の積極的活用が注目されている。

このような低次元局在発光中心の活用・制御および支配的な非発光中心の理解・低減のためには、当該構造に対応する空間スケールにおける光学的評価が不可欠である。従来、Al リッチ AlGa_N 系特異構造の空間分解分光手法として、カソードルミネッセンス (CL) 分光法が広く用いられてきた。一方、その相補的ツールとして、近接場光学顕微鏡 (SNOM) を用いたフォトルミネッセンス (PL) 分光法がある。互いに特長が異なることから (表 1)、両手法からのアプローチが AlGa_N 系特異構造の光物性解明を大いに促すと考えられる。しかしながら、従来の SNOM では、装置の制約上、240 nm より短波長で発光する試料を評価できなかった [3]。そこで本研究では、励起波長 210 nm を有する DUV-SNOM を新たに開発し、Al リッチ AlGa_N 系特異構造の発光不均一評価を行った。

DUV-SNOM の開発にあたって、励起光源には波長 210 nm の CW レーザを用い、励起光学系・対物光学系・照明光学系・結像光学系・検出光学系を独自に構築した (図 1)。ここでは、深紫外分光測定において大きな問題となる色収差・ソラリゼーション効果・励起光源の強度/位置不安定性の最小化を図った。図 2 に、曲率半径 100 nm の光ファイバプローブを用いて AlGa_N 量子井戸構造の PL 発光強度マッピング像を取得したものを示す。従来の far-field 光学顕微鏡 (NA0.65 の反射対物レンズを使用) を用いた PL 像ではこのような微細構造は観測されず、またらせん転位に起因すると考えられる局在発光を可視化できていることから [1]、我々の開発した DUV-SNOM は極めて高い (光の回折限界を打破する) 空間分解能を有すると言える。発表当日は、得られた PL マッピング (発光強度・発光波長) 像から Al リッチ AlGa_N 系特異構造の局所光物性について議論する。

[1] Funato *et al.*, AIP Advances **5**, 117115 (2015). [2] Hayakawa *et al.*, Proc. SPIE **9926**, 99260S (2016).

Hou *et al.*, Superlattice. Microst. **104**, 397 (2017), Kaneda *et al.*, JJAP **56**, 061002 (2017).

[3] Marcinkevičius *et al.*, APL **105**, 241108 (2014).

【謝辞】 本研究は日本学術振興会の科学研究費補助金 (新学術領域研究 16H06426) の支援を受けた。

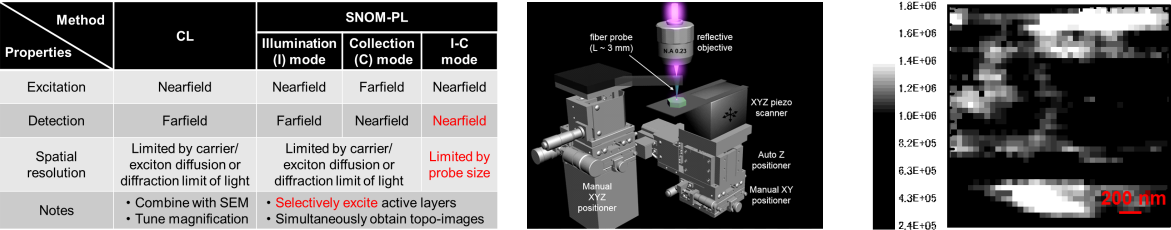


表 1. CL 法と SNOM-PL 法の比較表。図 1. DUV-SNOM の対物光学系・プローブ走査系の模式図。
図 2. AlGa_N 量子井戸 (試料の詳細は文献 [1]) の PL 発光強度マッピング像 (I-C モードで取得)。