

全方位フォトルミネセンス (ODPL) 分光法による 半導体結晶の発光量子効率測定

Quantification of quantum efficiency of radiation in semiconductor crystals based on omnidirectional photoluminescence (ODPL) spectroscopy

東北大多元研 °小島 一信, 秩父 重英

IMRAM-Tohoku Univ., °Kazunobu Kojima, Shigefusa F. Chichibu

E-mail: kkojima@tohoku.ac.jp

自立 GaN 基板上に作製される高耐圧 GaN パワーデバイスや、AlGaIn もしくは InGaIn を発光層とする深紫外～可視波長域の光デバイスにおいては、性能に直結する点欠陥や不純物の高精度検出・制御が極めて重要と言える。例えば n 型 GaN においては点欠陥、特に Ga 空孔と N 空孔の複空孔 ($V_{Ga}V_N$) は Shockley-Read-Hall (SRH) 型の内因性非発光再結合中心 (NRC) になる[1]。また炭素不純物は、n 型 GaN および p 型 GaN において共通の補償中心となり、電気特性のデバイス面内不均一を誘起する[2,3]。さらに、n 型窒化物半導体中の炭素不純物は深い準位の発光起源となります。これら、内因性・外因性 NRC は、バンド端発光の量子効率 (QE) を低下させる。

我々は積分球を用いて、自立結晶の発光における QE を計測できる全方位フォトルミネセンス (ODPL) 法[4]の研究開発を行っている。ODPL 法は、NRC 濃度の定量という形で結晶の品質を非破壊・非接触にて評価できる検査技術である。特に、上記の炭素不純物の検出においては $4.0 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ という低い濃度領域でも感度を有することが明らか

になってきた[5]。最近では、大型半導体ウェハにも対応した試料の積分球外設置を可能とする装置 (ϕ 配置) [6]や、測定の温度を可変にできる装置の開発を行っている (温度可変配置) [7]。また、窒化物半導体だけでなく、水熱合成法にて作製された ZnO のような酸化物半導体[8]や、ハロゲン化金属ペロブスカイト[9]といった新しい半導体材料の QE 測定にも取り組んでいるので紹介する。

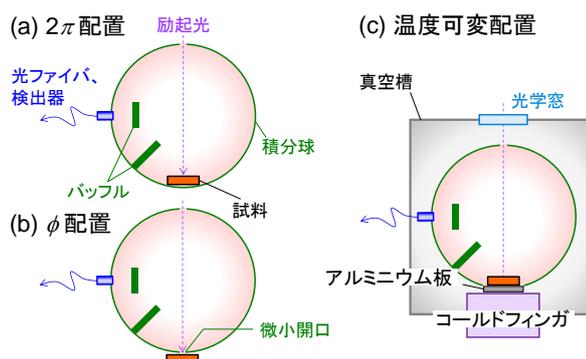


Fig. 1 Schematics of ODPL spectroscopy: (a) 2π -configuration, (b) ϕ -configuration, and (c) temperature-variable configuration.

参考文献: [1] Chichibu, *et al.*, JAP **123**, 161413 (2018), [2] Horikiri, *et al.*, JJAP **56**, 061001 (2017), [3] Jiang, *et al.*, APEX **12**, 055503 (2019), [4] Kojima, Chichibu, *et al.*, JAP **120**, 015704 (2016), APL **111**, 032111 (2017), APL **117**, 171103 (2020), [5] Kojima, Chichibu, *et al.*, APEX **13**, 012004 (2020), [6] Kojima, Chichibu, *et al.*, APEX **12**, 062010 (2019), [7] Kojima, Chichibu, *et al.*, APEX **13** 105504 (2020), [8] Kojima and Chichibu, APEX **13**, 121005 (2020), [9] Kojima, Kanemitsu, Chichibu, *et al.*, APL materials **7**, 071116 (2019).