

ナノピラー構造を組み込んだ Er:O 共添加 Si ダイオードの電気伝導特性 およびエレクトロルミネッセンス計測

Electroluminescence and electrical conduction characteristics measurement of Er/O co-doped Si diode incorporating nanopillar structure

早大理工¹, イタリア CNR², ミラノ工科大学³, 量研⁴, 東北大 CIES⁵,

○古瀬遼¹, 藤本宇都¹, 魏啓楠¹, 鈴木雄大¹, アブデルガファ愛満¹, 矢野真麻¹, 千葉悠貴¹,
Enrico Prati², Michele Celebrano³, 佐藤真一郎⁴, 品田高宏⁵, 谷井孝至¹

Waseda Univ.¹, CNR Italy.², Politecnico di Milano³, QST⁴, CIES Tohoku Univ.⁵,

○Ryo Furuse¹, Takafumi Fujimoto¹, Keinan Gi¹, Yudai Suzuki¹, Ayman abdelghafar¹, Maasa Yano¹, Yuki
Chiba¹, Enrico Prati², Michele Celebrano³, Shin-ichiro Sato⁴,
Takahiro Shinada⁵, Takashi Tanii¹

E-mail: furuse@tanii.nano.waseda.ac.jp

【研究背景】シリコン (Si) 中エルビウム (Er) は光通信の最低伝送損失波長である 1.5 μm 帯の光子を放出し、既存の CMOS デバイスと優れた互換性を持つことから、量子暗号通信に必要な単一光子源として注目されている^[1]。しかし、Er の蛍光強度が低いことが課題となる。私たちは Si 中 Er の発光特性に関する基礎研究を行ってきており、Silicon-on-Insulator (SOI) 基板上にナノピラー構造を形成することで、ナノピラー中の Er からのフォトルミネッセンス (PL) 強度が増大することを見出した。本研究では、ナノピラー構造を組み込んだ Si ダイオードを作製し、その電気伝導特性およびエレクトロルミネッセンス (EL) を室温で観測した。

【実験方法と結果】O イオンを 1.0×10^{14} ions/cm² で注入した n 型 220 nm 厚 SOI 基板を、電子線リソグラフィとドライエッチングを用いて加工し、ナノピラー構造を組み込んだデバイスパターンを作製した。ナノピラー構造部に低エネルギー集束イオンビーム (FIB) 装置を用いて Er を 20 keV、 1.0×10^{14} ions/cm² で注入し、窒素雰囲気中 900 °C、30 min のアニール処理を行った。Al 電極を作製した後、特性のプリント回路基板に試料を設置し、ワイヤーボンディングを行った。作製したデバイスの電気伝導特性測定は、半導体特性評価システム Keithley4200-SCS を用いて行った。また、レーザー走査型共焦点蛍光顕微鏡 (CFM) を用いて作製したデバイスの EL 測定を行った。Fig. 1 は順バイアスを 0~1.0 V 印加した時の電気伝導特性の結果である。Er を添加したダイオードにおいて、閾値が高く、電流値も低いことが分かる。この結果について、2 次元シリコンデバイスシミュレータ PISCES-2B を用いてシミュレーションを行ったところ、Si 中 Er の一部がドナー化していることに起因することがわかった。また、Fig. 2 は順バイアス 1.2 V を印加した時の CFM 像である。Er:O 共添加領域から、高輝度発光を観測した。Fig. 3 は順バイアスを 1.2 V 印加した時の波長ごとの光子数を示している。Er を添加していないデバイスでも波長 1.5 μm 帯における発光が見られ、D₁ 転位によるものと考えられるが、光子数の差が観測されることから、Er 由来の発光が含まれると考えられる^[2]。

なお、本研究は文科省科研費 (16K14242, 18H03766) の助成を受けた。

[1] M. Lourenco, et al., *Scientific Reports* **5**, 37501(2016).

[2] E. O. Sveinbjornsson and J. Weber, *Appl. Phys. Lett.* **69**, 2686(1996).

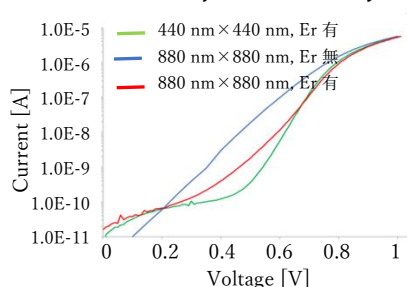


Fig. 1 電気伝導特性

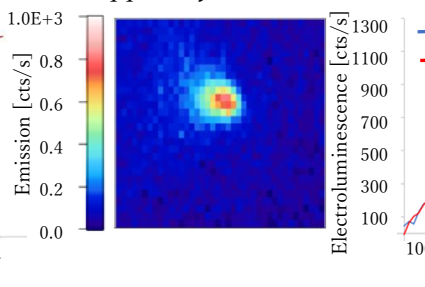


Fig. 2 レーザー走査型共焦点顕微鏡像
(880 nm x 880 nm, Er 有)

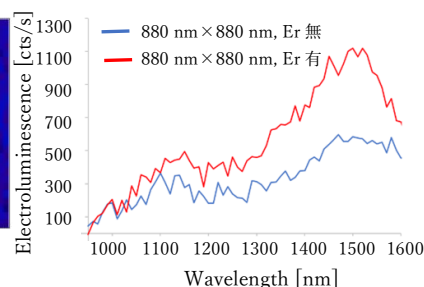


Fig. 3 EL スペクトル