

ドレスト光子を利用した Si レーザーの超低しきい値化

Ultralow-threshold current density Si laser using dressed photon

東大工¹, 情通機構² ○田中 肇¹, 川添 忠¹, 大津 元一¹, 赤羽浩一²Univ. Tokyo¹, NICT² ○Hajime Tanaka¹, Tadashi Kawazoe¹, Motoichi Ohtsu¹, Kouichi Akahane²E-mail: tanaka@nanophotonics.t.u-tokyo.ac.jp

優れた半導体として最も多くの研究がなされてきたシリコン (Si) は間接遷移型であるために長らく発光素子には不適と考えられてきた。この常識は近年変わりつつあり、量子ドット化や不純物の導入による Si の発光が多く報告されている。さらに我々はドレスト光子 (ナノ寸法領域において光子と電子の結合した状態を表す準粒子) の利用によって、世界ではじめてホモ接合 Si の LED 化に成功し、さらには Si レーザーの動作検証にも成功している (波長 1.3 μm 帯、室温、連続発振) [1]。これらの Si 発光素子は Si の光吸収帯よりも長波長で動作するので吸収損失はほとんど無い。したがって、Si レーザーのしきい値電流密度を極めて小さくすることが可能である。これを実現するため、これまでに光閉じ込め係数の大きいレーザー構造を設計した [2]。

今回この設計に基づき SOI 基板を利用してレーザーを作製し、pn 接合界面にドレスト光子を効率よく発生させて波長 1.4 μm においてレーザー発振させた。Fig. 1 は素子構造である。SOI 基板を用いたリッジ型導波路により共振器は構成されており、導波路の光閉じ込め係数は 0.16 と従来型の Si レーザーの 300 倍になっている。これにより、しきい値電流密度は従来型の Si レーザー (1~2 kA/cm^2) の 1/100 となる 9.2 A/cm^2 と予測した。Fig. 2 は左上、右上挿入図の縦線 A に沿った SOI 構造 Si レーザー開口部における TM・TE 偏光の光強度分布である。計測はマルチモード発振状態で行った。SOI を利用した構造では横方向の光閉じ込め増大を反映し、TM 偏光の強度が大きい結果となった。Fig. 3 は発振しきい値以下 (黒曲線) と発振しきい値以上 (赤曲線: 注入電流密度は 3.25 kA/cm^2) のスペクトルである。赤曲線では波長 1.4 μm において線幅の狭い発振スペクトルが見られる。また自然放光のピークの高さが黒曲線にくらべわずかに減少している (黒い下向き矢印は主要な縦モードを示す)。これは発振によって利得が発振モードに集中し、他モードへの利得が減少したためである (すなわち増幅された自然放光 (ASE) の減少)。リーク電流によるバンド端発光強度と発振スペクトル強度の比より見積もったレーザー発振しきい値電流密度は 10.4 A/cm^2 であったが、これは文献[2]で予測したとおり、文献[1]の値および従来の化合物半導体レーザーの値の 1/100 であった。これにより超低しきい値化が実現した。

[謝辞] 本研究の一部は NICT の先端 ICT デバイスラボで実施され、JSPS 科研費特別研究員奨励費の助成を受けた。NICT の山本直克氏のご協力に感謝します。

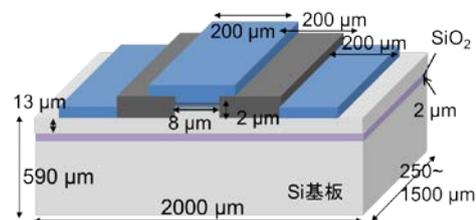


Fig. 1 SOI 基板を利用した Si レーザー素子構造

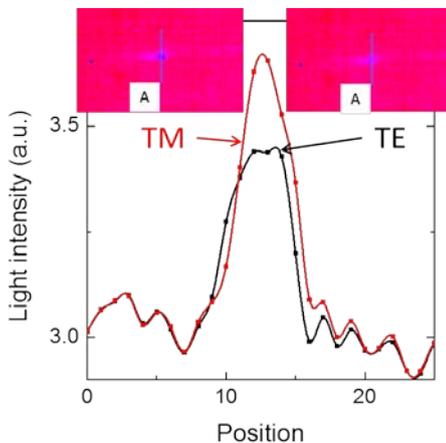


Fig. 2 挿入図の縦線 A に沿った TM・TE 偏光の光強度分布

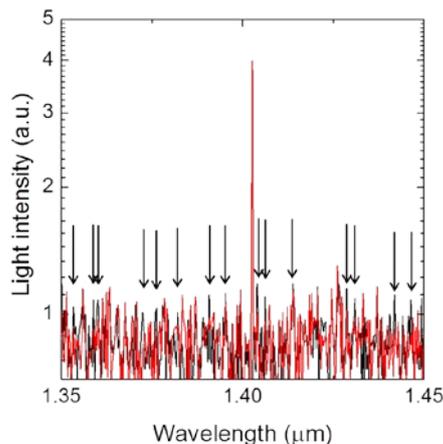


Fig. 3 発光スペクトル (赤曲線: しきい値以上、黒曲線: しきい値以下)

[1] T. Kawazoe, M. Ohtsu, K. Akahane, N. Yamamoto, Appl. Phys. B, **107**, 659 (2012)

[2] 田中、川添、大津、第 74 回応用物理学会秋季学術講演会 18p-C14-14、同志社大、京都、2013/9 月