

# シリコンフォトニクスへの 量子ドット近赤外マイクロレーザ

香港科技大(HKUST)と米カリフォルニア大サンタバーバラ校(UCSB)の研究者は、記録的に小さな電気励起マイクロレーザを開発した。これは業界標準(001)シリコン(Si)基板にエピタキシャル成長して作製した<sup>(1)</sup>。デバイスは、半径5~50 $\mu\text{m}$ のウィスパリングギャラリモード(WGM)マイクロレーザで動作する、サブミリアンペアしきい値、0.6mA(半径5 $\mu\text{m}$ バージョン)であり、近赤外(NIR:1.3 $\mu\text{m}$ )で発振、100 $^{\circ}\text{C}$ まで動作する。しきい値とフットプリントは、これまでに報告されたSiにエピタキシャル成長したレーザよりもけた違いに小さい。そのようなレーザは、通信やデータセンター向けのシリコンフォトニクス回路の今後の世代で役立つ。

いくつかの点で類似した開発を2016年に、英国のユニバーシティ・カレッジ・ロンドン、シェフィールド大、ウェールズのカーディフ大の研究者グループが報告していることには留意すべきである。しかし、これらのレーザはウィスパリングギャラリモードで動作するものではなく、またはるかに大きい(3mm長)<sup>(2)</sup>。

## III-Vデバイス

HKUSTとUCSBのガリウムヒ素(GaAs)ベースIII-V半導体デバイスにはアルミニウム(Al)とインジウム(In)も添加されているが、これはシリコン上のGaAs層で構成されており、15周期の薄い(5nm/5nm)AlGaAs/GaAs層、レーザの活性領域の7層の量子井戸InAs/InGaAs量子ドットで構成されている(図1)。

半径50 $\mu\text{m}$ のウィスパリングギャラリマイクロ共振器は、リング幅5 $\mu\text{m}$ 、計

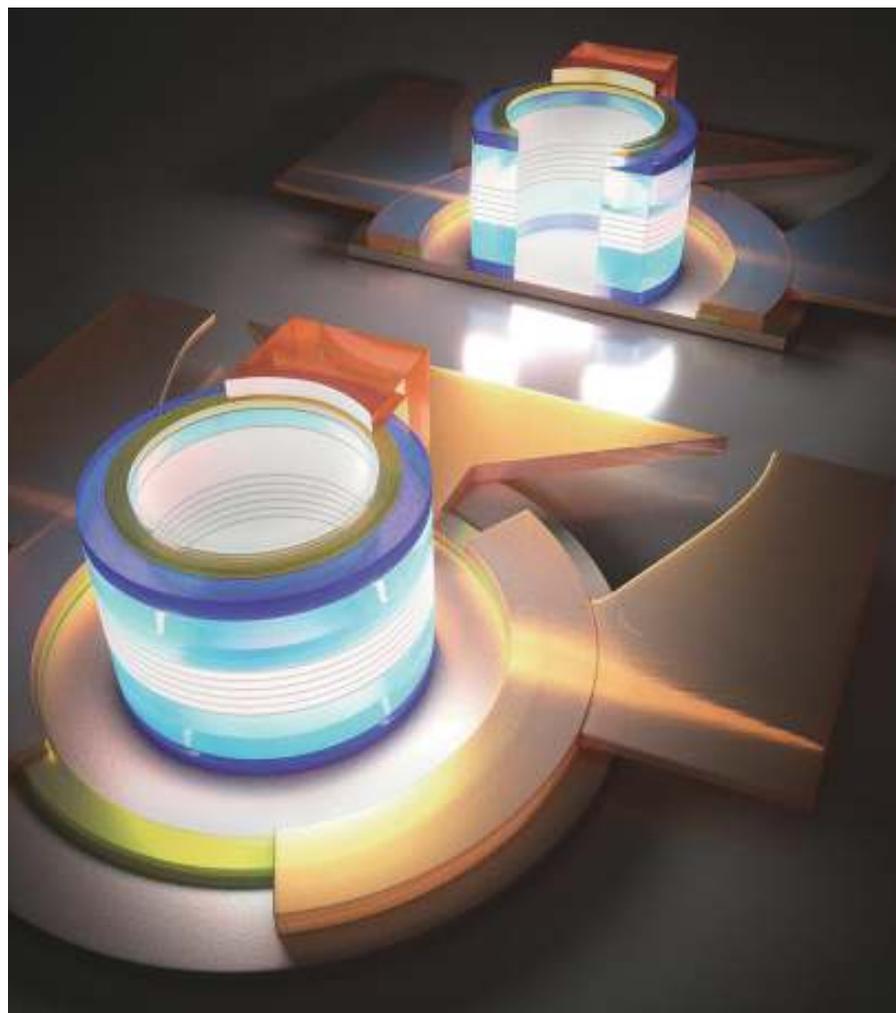


図1 HKUSTとUCSBが作製した電気励起量子ドットマイクロリングレーザ。井戸層の周期的量子ドットがレーザの中央に見える。(提供:HKUST電気・コンピュータ工学部/ピーター・アレン)

算されたフリースペクトルレンジ(FSR)は1.56 $\mu\text{m}$ 。共振器の計測されたFSRは、約1.4nmであり、コンピュータモデルによく一致していた。印加電流80mAで、レーザの出力スペクトルは、1285~1300nmの間に複数の個別ラインを含んでおり、最も強いラインは1294nmである。半径50 $\mu\text{m}$ の共振器バージョンは、印加電流0.6~1mAで1285nm付近でシングルレーザラインとなる。

50 $\mu\text{m}$ 半径のレーザは、100 $^{\circ}\text{C}$ までの高温テストを実施した、これはテスト熱電ヒーターが到達する最高温度だった。ヒートシンク温度が10 $^{\circ}\text{C}$ から100 $^{\circ}\text{C}$ に上昇する時、レーザのスロープ効率、パルスと連続波(CW)動作それぞれで45%、69%に低下した。研究者は、レーザの活性領域からの熱取出しの最適化に言及しており、従ってQDの活性領域のpドーピング変調

により温度感度は低下した。

「直接シリコンに成長させるハイパフォーマンスマイクロサイズレーザの実現は、ダイレクトIII-V/Siエピタキシの利用への大きな前進である。これは、高密度集積と低消費電力のONチップSi光源としてウエハボンディング技術の代替オプションである」とHKUSTのケイ・メイ・ラウ教授(Kei May Lau)は話している。

### 光励起から電気励起へ

2つのグループが以前に、室温動作の光励起CWマイクロレーザを開発した。これは、ゲルマニウムバッファなし、基板ミスカットなしでシリコン上にエピタキシャル成長したものであった。

「マイクロレーザの電気注入は極めて難しい。まず、電極メタライズがマイクロサイズキャビティによって制限される、これはすなわちデバイス抵抗の増加、熱インピーダンスの増加となる可能性がある。第二に、ウイスパリングギャラリモード(WGM)はプロセスの不完全性の影響を受けやすい、これは光損失の増加となりうる」とHKUST PhD院生、現UCSBのヤティン・ワン氏(Yating Wan)は話している。

「有望な集積プラットフォームとしてシリコンフォトニクスは、オンチップレーザ光源を必要としている。これが

量産に向けてコスト効果の高い方法で、サイズと消費電力を削減しながら、機能を飛躍的に高めるからである」とAIMフォトニクスの副最高経営責任者、ジョン・パワーズ氏(John Bowers)は話している。AIMフォトニクスは、米国集積フォトニクス業界の発展に努めるコンソーシアム。「シリコン上に直接成長するハイパフォーマンスマイクロサイズレーザの実現は、ウエハボンディング技術の代替として、直接III-V/Siエピタキシャルの利用に向けた大きな一歩である」。

(John Wallace)

#### 参考文献

- (1) Y. Wan et al., Optica(2017); <https://doi.org/10.1364/optica.4.000940>.
- (2) S. Chen et al., Nature Photon.(2016); <https://goo.gl/6XYfwJ>.

LFWJ

## THE FUTURE DEPENDS ON OPTICS



**NEW** **TECHSPEC®**  
UV用レーザーミラー

新製品のTECHSPEC® UV用レーザーミラーは、UVレーザーアプリケーションに最適です。266nmと355nmにおいて99.98%を超える反射率、レーザー耐力は5 J/cm<sup>2</sup> @ 10ns @ 355nm、また優れた熱的及び温度的安定性があります。

エドモンド・オプティクス・ジャパン株式会社

〒113-0021 東京都文京区本駒込2-29-24

パシフィックスクエア千石 4F

TEL: 03-3944-6210 Email: [sales@edmundoptics.jp](mailto:sales@edmundoptics.jp)



**EO** **Edmund**  
optics | japan

詳しい情報はこちらへ:

[www.edmundoptics.jp/018-8153](http://www.edmundoptics.jp/018-8153)