

CMOS互換フォトニック結晶共振器の開発による省エネ光制御に関する研究(152103015)

研究代表者 田邊孝純(慶應義塾大学)

研究期間 平成27年度～平成29年度



研究開発の内容

1 研究開発の目的

SiO₂クラッド付きの高Q値フォトニック結晶(PhC)共振器をフォトリソグラフィーによる作製で実現することで、**シリコン(Si)フォトニクスとPhC結晶共振器の融合**を真に実現する

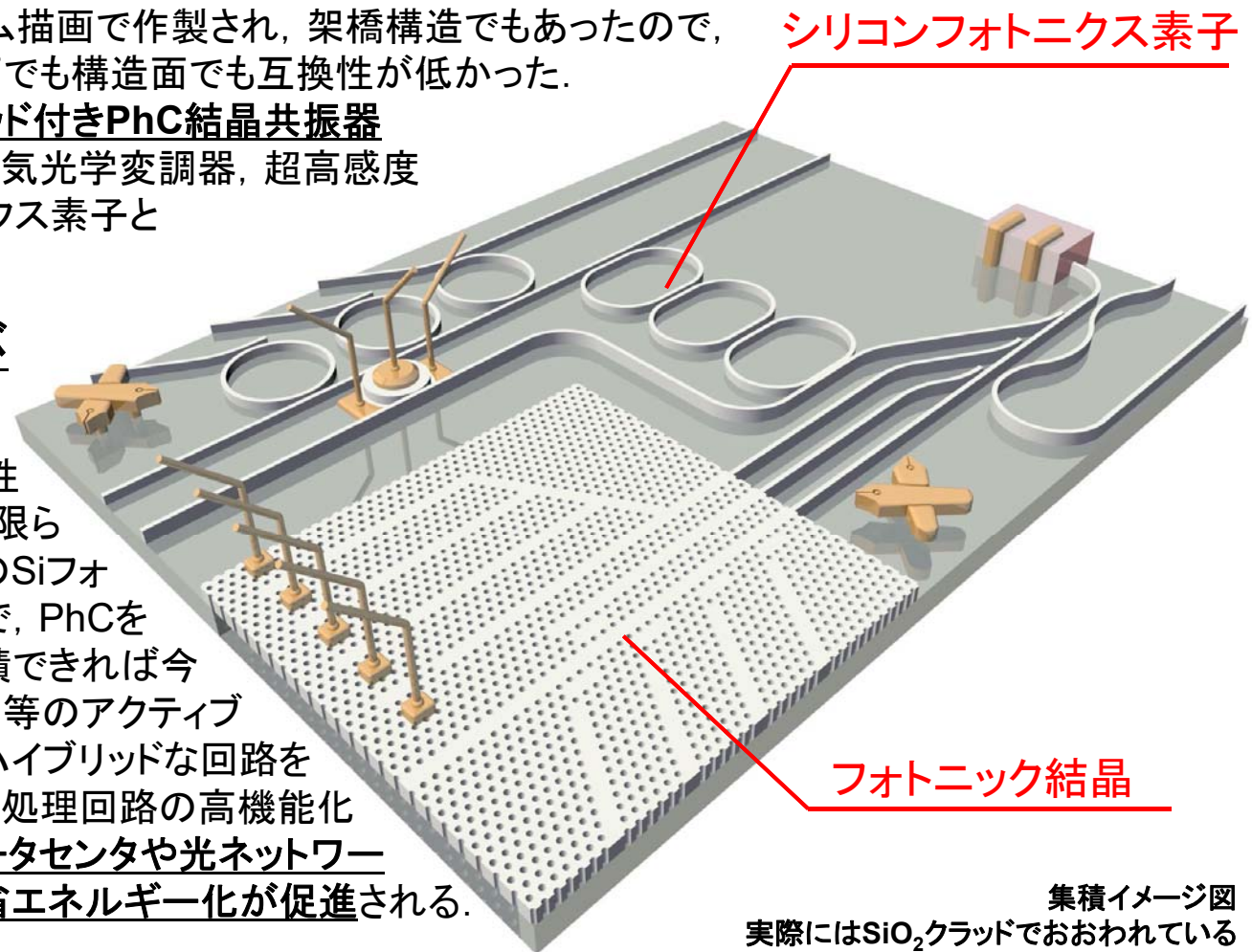
2 研究開発の概要

従来のPhC結晶共振器は、電子ビーム描画で作製され、架橋構造でもあったので、他のSiフォトニクス素子とはプロセス面でも構造面でも互換性が低かった。

フォトリソグラフィで作製したSiO₂クラッド付きPhC結晶共振器で高Q値を実現させ、超低電力駆動電気光学変調器、超高感度光レシーバ等のPhC素子をSiフォトニクス素子と集積した形で実装する。

3 期待される研究開発成果及びその社会的意義

SiフォトニクスはCMOS技術との集積性が高いが、一部を除きパッシブ機能に限られてきた。PhCの共振器性能は既存のSiフォトニクス素子によるものを凌駕するので、PhCをSiフォトニクスプラットフォーム上に集積できれば今まで不足していた光スイッチや光メモリ等のアクティブ機能をSiチップ上に実装できる。このハイブリッドな回路を**CMOSフォトニクス**と定義して、光信号処理回路の高機能化につなげる。本研究が成功すればデータセンタや光ネットワーク網において、光ノード導入による超省エネルギー化が促進される。

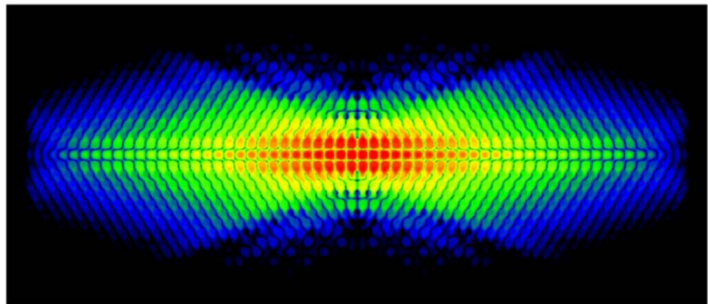
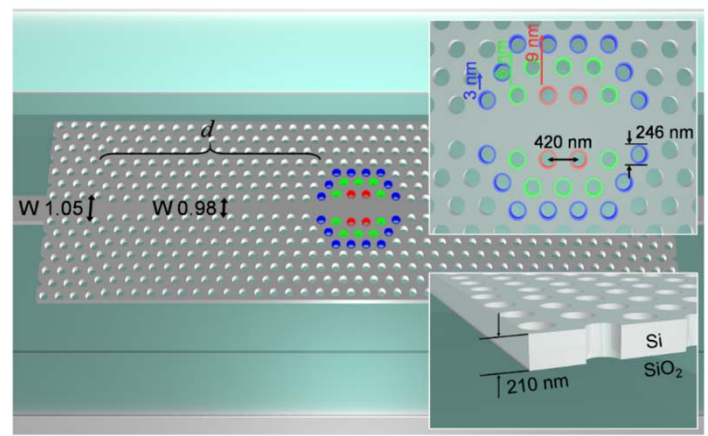


集積イメージ図
実際にはSiO₂クラッドでおおわれている



1. フォトリソグラフィによる共振器作製

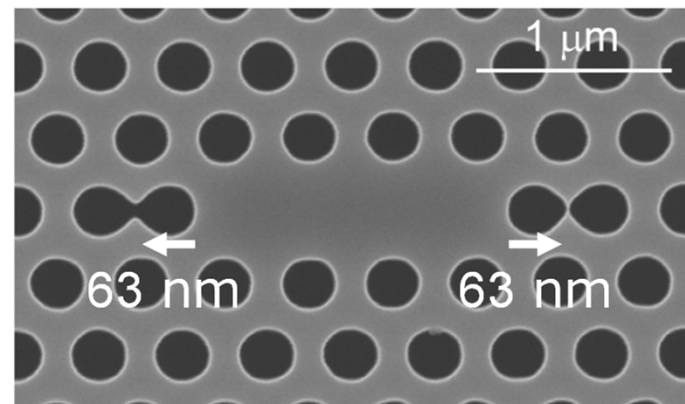
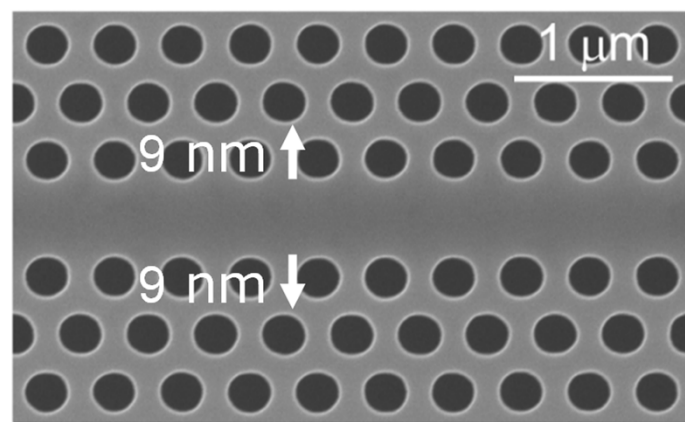
▶ 設計 (幅変化共振器)



幅変化型共振器を用いれば
SiO₂クラッド構造でも高Q値が
実現

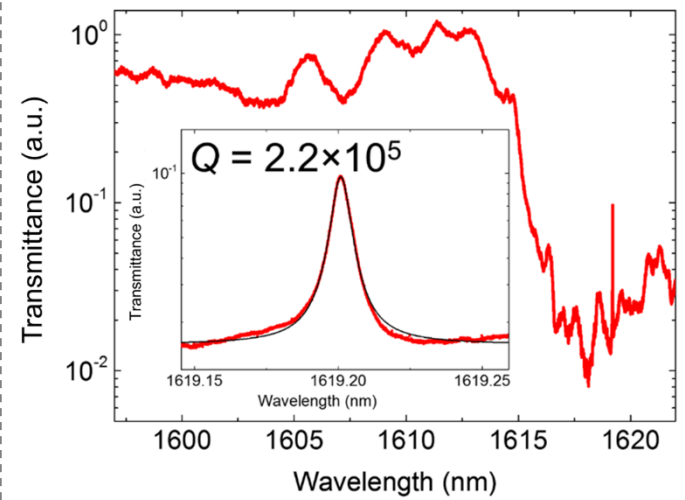
$$Q = 7.1 \times 10^6 \quad V = 2.4 (\lambda/n)^3$$

▶ 作製



幅変化型共振器を用いれば
フォトリソグラフィでも構造が
作製可能

▶ 光学特性



ノリソ
ナ振器
CMOSプロセス
共振器
シリコンで最高性能
達成
慶応大
理工学部
光子学
研究室
の
研究
成果
が
実
現
し
た
。

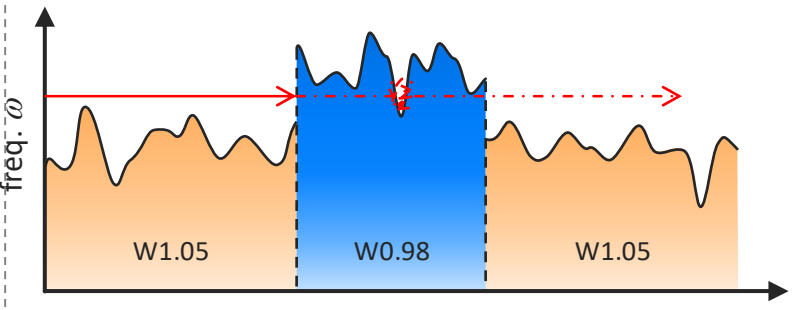
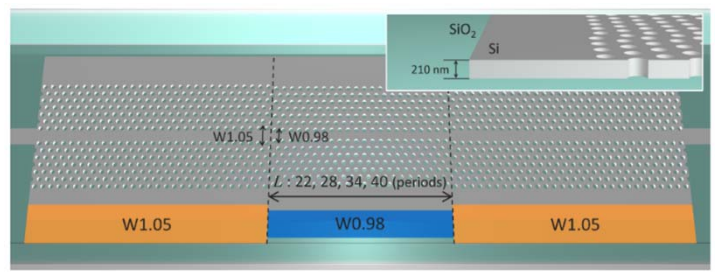
$$Q = 2.2 \times 10^5$$

フォトリソグラフィで作製した
フォトニック結晶共振器として
世界最高Q値(当時)



2. 作製誤差を利用した光閉じ込め

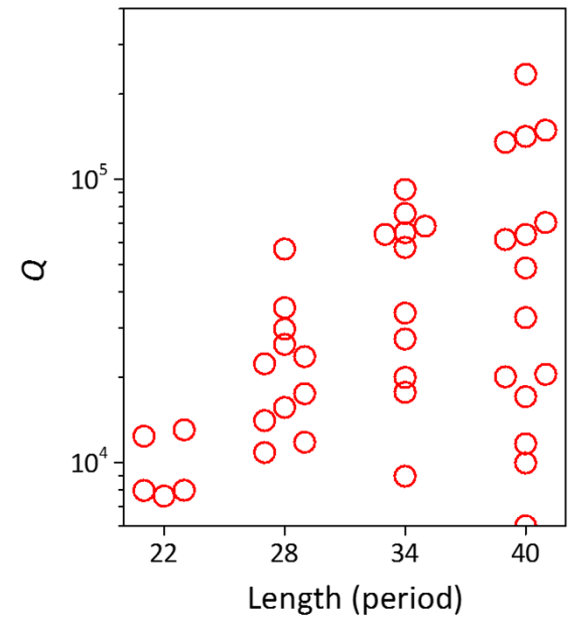
▶素子設計と光のアンダーソン局在を利用した光閉じ込め



W0.98 導波路のみで局在が起きる

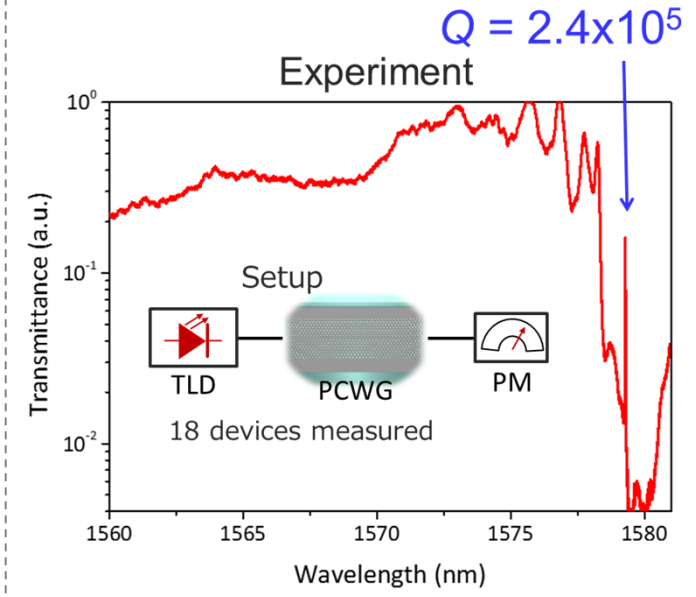
ランダム性の局在化(制御性の向上)を実現

▶作製素子の光局在生成確率



作製誤差のあるプロセスを用いても一定確率で高Q値光局在が実現できる

▶作製素子の光局在生成確率



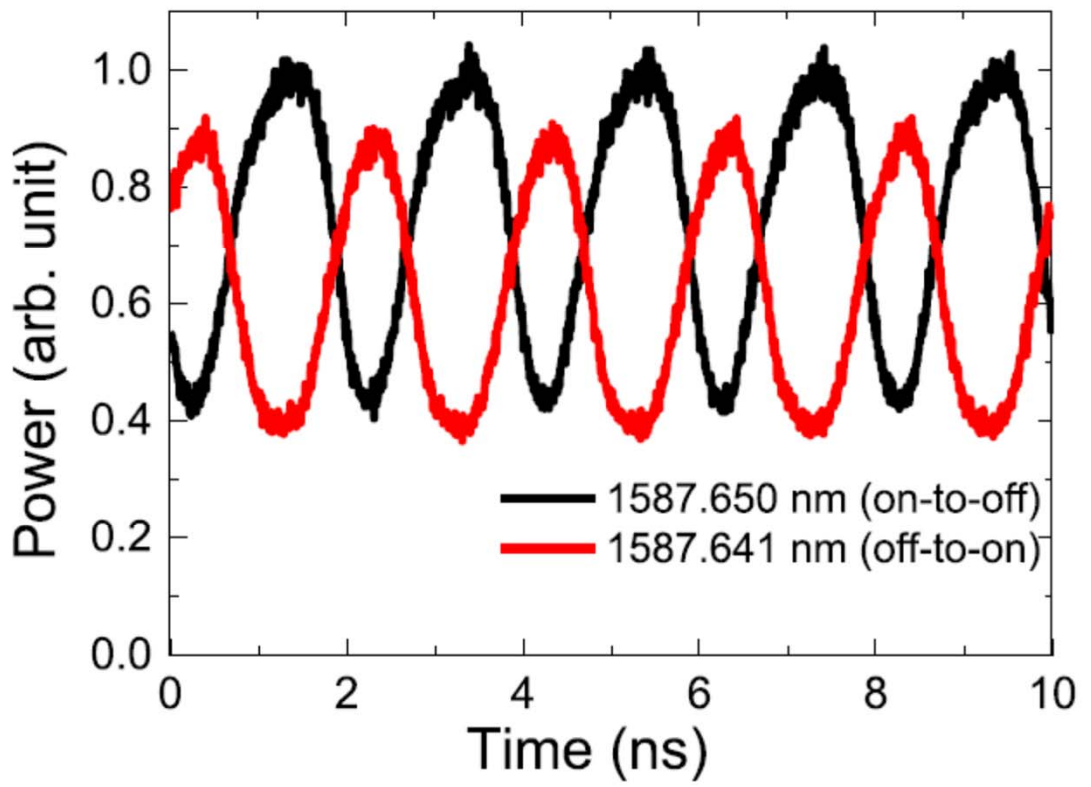
$$Q = 2.4 \times 10^5$$

光のアンダーソン局在による超高Q値を達成

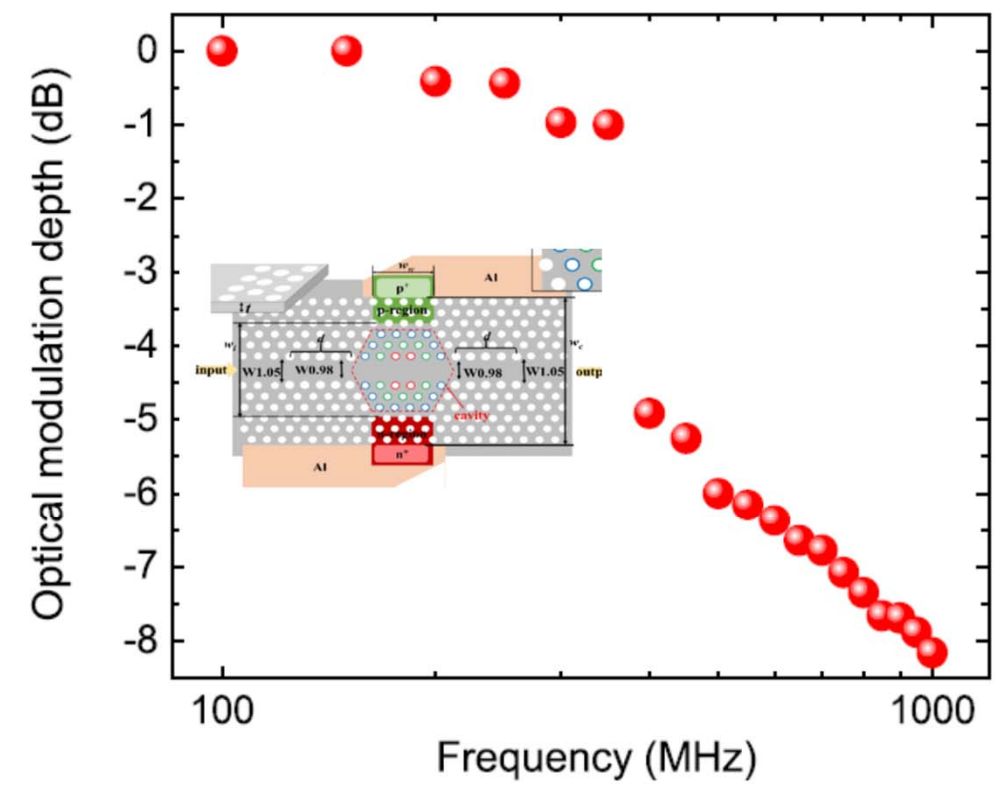


3. EO変調

▶変調実験結果

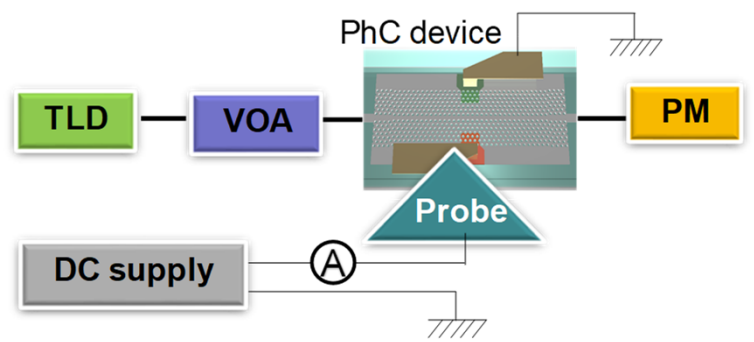


▶周波数応答(ボード線図)

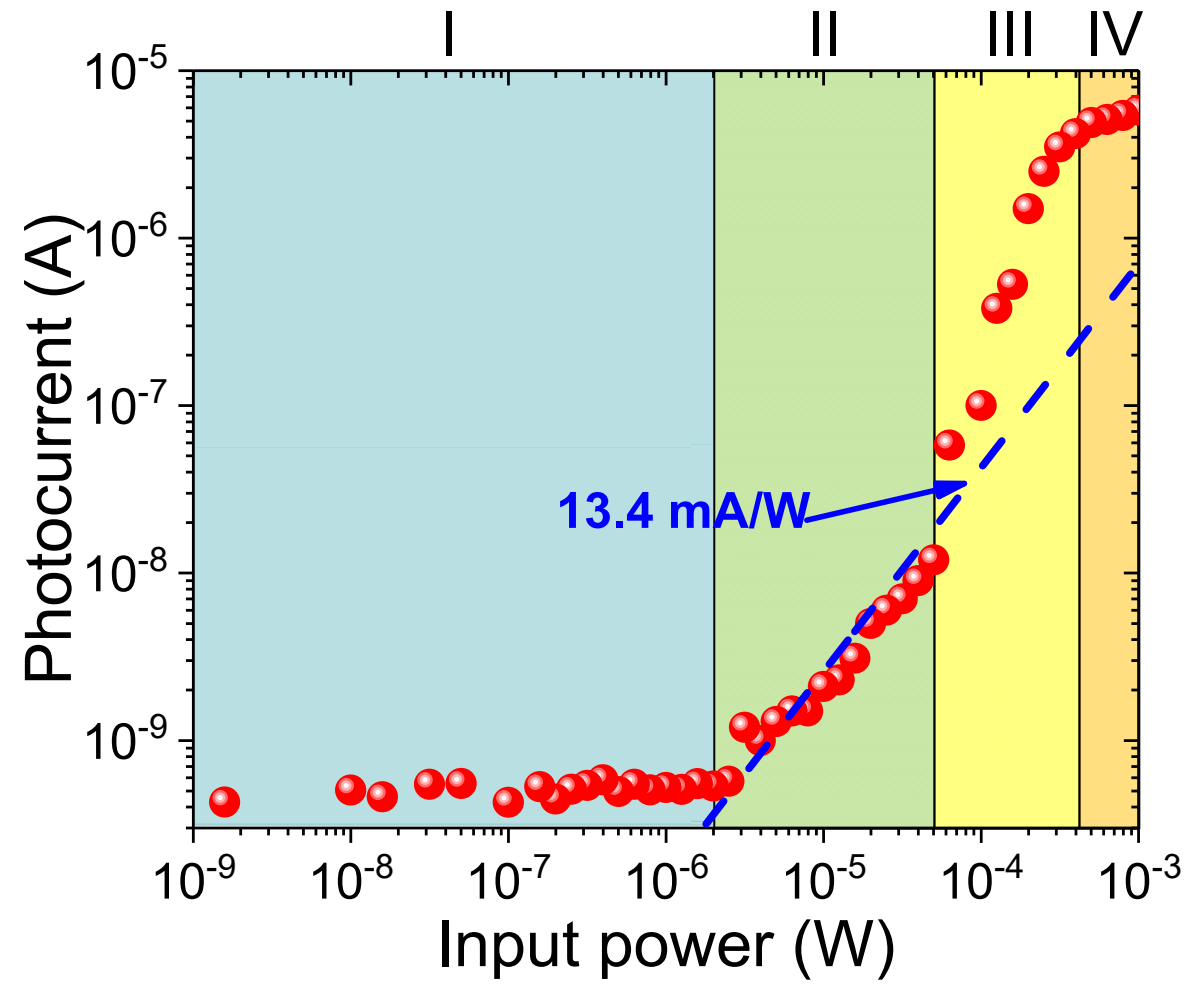
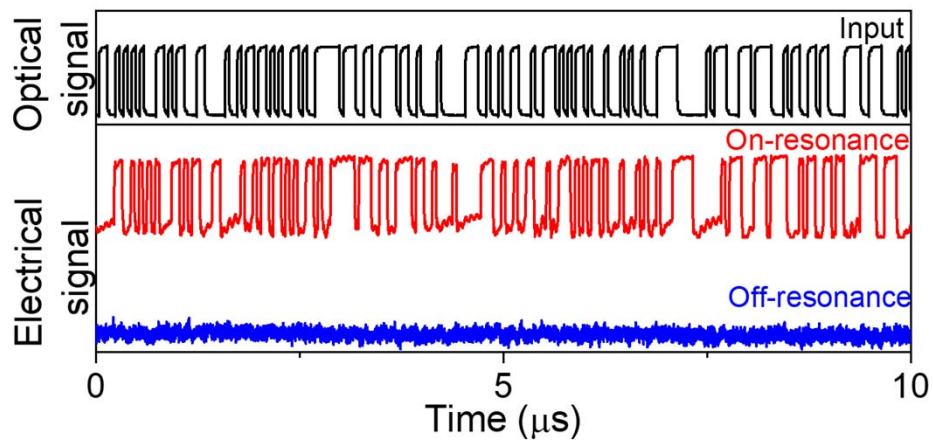


*pin*集積フォトニック結晶共振器素子を用いてSub-GHz変調の実現

4. 光レシーバ素子の実現



TLD: Tunable laser diode
 VOA: Variable optical attenuator
 PM: Power meter
 A : Ammeter

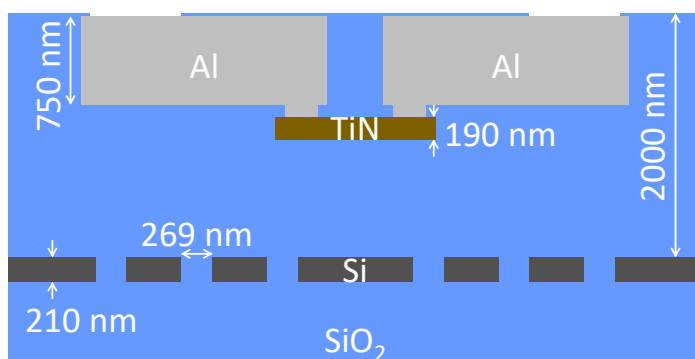


最小検出光感度 -20 dBmを実現(全シリコンディテクタ)

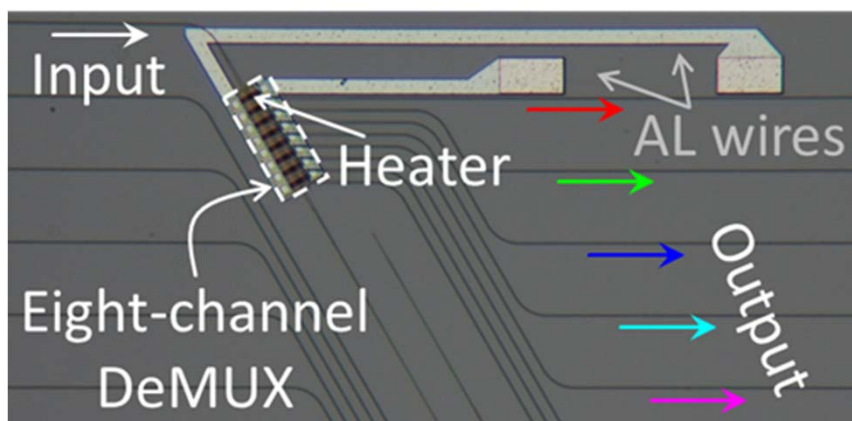


5. DeMUXフィルタの実現

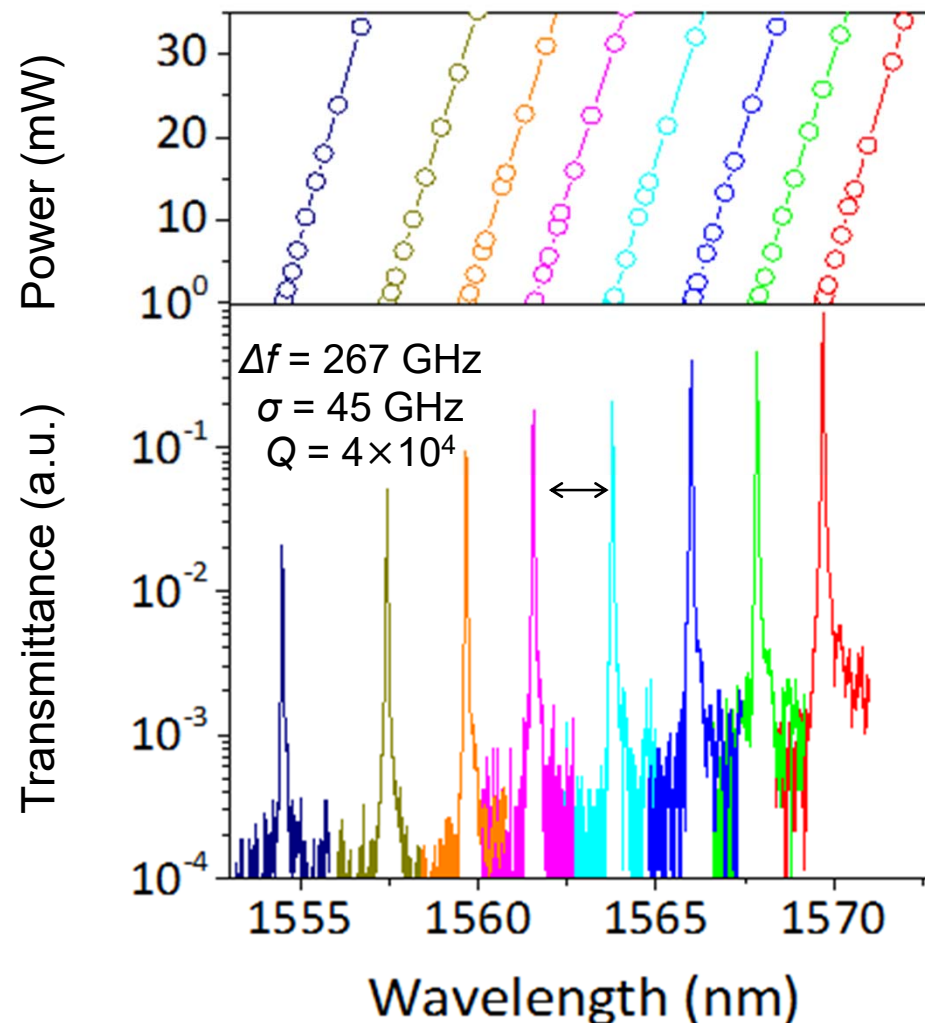
▶ DeMUX design w/ tuning heater



▶ Fabricated DeMUX device



▶ Transmission spectra & tuning



フォトリソグラフィで作製したフォトニック結晶DeMUXの実現

今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み



まとめ

- ▶ フォトリソグラフィで作製したフォトニック結晶共振器で世界最高Q値を達成
- ▶ 同プロセスでEO変調・OE変調・DeMUXフィルタを実現
- ▶ フォトリソグラフィ等の作製誤差の大きいプロセスでもランダム性に制御性を持たせ光局在を実現

展望

- ▶ フォトリソグラフィで実現できたことで量産に向けた可能性が広がった
- ▶ シリコンフォトニクスファウンダリで高Q値フォトニック結晶共振器を作製するスキームを開発したことによる研究コミュニティの広がりが期待できる
- ▶ シリコンフォトニクスとフォトニック結晶素子の融合が促進される