

選択的 SSC を付与したシリコン-グラフェン光集積素子

Silicon and graphene integrated devices with selectively formed SSCs

早稲田大学¹, NTT NPC², NTT MI 研³

○小林 弓月¹, 藤 かほり¹, 高 磊^{1,2,3}, 西 英隆^{2,3}, 土澤 泰^{2,3}, 山本 剛³, 山田 浩治^{2,3}, 中島 啓幾¹

Waseda Univ.¹, NTT Nanophotonics Center², NTT Microsystem Integration Labs.³

○Y. Kobayashi¹, K. Warabi¹, R. Kou^{1,2,3}, T. Tsuchizawa^{2,3}, T. Yamamoto³, K. Yamada^{2,3}, H. Nakajima¹

E-mail: uwr45@ruri.waseda.jp

● 研究背景

炭素原子の二次元構造から成るグラフェンは光波長無依存化などの優れた光学的性質が発見され^[1]、光通信素子応用に向けた研究に注目が集まっている。そこで、我々は大規模な光集積素子を可能にするシリコンフォトニクス技術を活用し、シリコン-グラフェン光集積に関する研究を行ってきた^[2]。しかし、グレーティングカプラによるファイバ結合は波長利用帯域が制限され、一方、端面結合はオーバークラッド (OVC) 化が困難であるため非常に大きな結合損失を伴っていた (TE: 7.5 TM: 15.5 dB/facet)。本稿では、結合領域にのみ逆テーパ型のスポットサイズコンバータ (SSC) を付与し、グラフェン光集積素子の結合損失低減と広帯域化を試みた。更に、適用例としてグラフェンが集積されたシリコンリング共振器の波長特性改善についても報告する。

● 素子設計と作製プロセス

図 1 は選択的に付与された SSC の概要図を示す。4 インチの SOI 基板上に電子線露光と反応性イオンエッチングによってシリコン細線導波路 (幅 400 nm×高さ 200 nm)、逆テーパ導波路 (幅 150~250 nm×高さ 200 nm) を形成した。次に、Cu 基板上に成長した単層グラフェンを PMMA により表面コーティングしたのち、裏面の Cu 基板エッチングを経て導波路上へ転写を行った。PMMA 除去とフォトリソグラフィに続き、反応性イオンエッチングによりグラフェンパターン (幅 30 μm×長さ 20~250 μm) を得た。最後に、グラフェンを含む領域をカバーし、ECR-CVD による SiO₂ 成膜とリフトオフによって、入出力結合部の選択的 OVC 化を行った。図 2 に作製プロセス後 SEM 画像を示す。

● 実験結果

はじめに、ラマン分光により作製プロセスがグラフェンに著しいダメージを与えないことを確認した。次に、C-band の自然放出増幅光源を用いて SSC の入射幅: 150, 200, 250 nm の結合損失を評価したところ、幅 200 nm の時に最小となる TE: 2.1, TM: 3.0 dB/facet が得られ (図 3 参照)、C/L-band 波長可変光源を用いて掃引した結果においてもほぼフラットな結合特性が得られた。更に、単層グラフェンが集積されたシリコンリング共振器の光応答特性改善を試み、端面反射に起因した共振リップルの除去にも成功した。

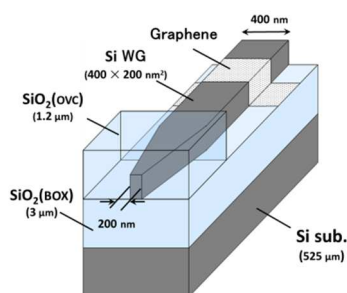


図 1 SSC の概要図

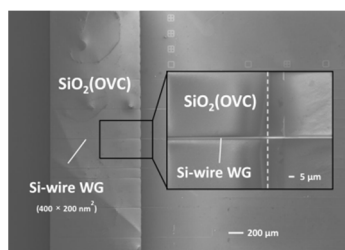


図 2 作製素子の SEM 画像

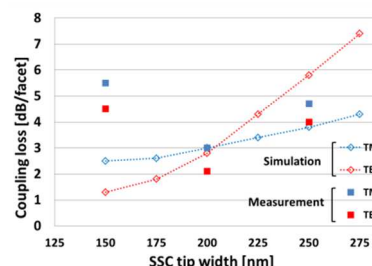


図 3 SSC 入射幅と結合損失の関係

● まとめ

高結合効率化が困難であったシリコン-グラフェン集積素子に対し、選択的に OVC を付与することで改善を図った。光通信波長帯で結合損失が大幅に改善されると共に、広帯域化と偏波依存性解消に成功した。

● 参考文献

- [1] F. Bonaccorso et al., *Nat. Photon.*, vol.4, pp.611-622 (2010). [2] R.Kou et al, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol.52, p.060203 (2013).