19a-A18-8

特性ばらつき低減に向けた Si 細線光導波路コアサイズの検討

Core Size of Si-wire Waveguide for Reducing Device Characteristic Distribution

東北大院工 [1]，産業技術総合研究所 [2]　○相馬 宗厳 [1]，北 智洋 [1]，外山 宗博 [1,2]，関 三好 [2]，
横山 信幸 [2]，大塚 実 [2]，山田 博仁 [1]

Grad. School of Eng., Tohoku Univ.[1], National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.[2]

°Munetoshi Soma[1], Tomohiro Kita[1], Munehiro Toyama[1,2], Miyoshi Seki [2],
Nobuyuki Yokoyama[2], Minoru Ohtsuka[2] and Hirohito Yamada[1]

E-mail: m.soma@ecei.tohoku.ac.jp

1. はじめに

大面積 SOI ウエハ上に CMOS 製造プロセスに準拠した工程で作製できるシリコン光導波路デバイスが盛んに研究されているが，ウエハ上の位置によるデバイス特性のばらつきが課題となっている[1]. 光導波路デバイスは，作製時に生じる導波路断面サイズのばらつきに起因して光導波路の等価屈折率が変化し，それによってデバイス特性も左右される. そこで本発表では，導波路断面サイズのばらつきがデバイス特性に及ぼす影響が最も小さくなる導波路構造について検討した.

2. 光導波路デバイス作製時における導波路サイズのばらつき

我々のグループではこれまでに, ArF 液浸リソグラフィを用いて直径 300 mm SOI ウエハ上の異なる位置に同一の光導波路デバイスを複数作製し, 測定した光学特性のばらつきから導波路構造のばらつきを見積もった. 作製したのは, 一般的な導波路断面構造として w = 400 nm, d = 220 nm (図 1)の Si コアを有する光導波路からなる，リング径: 30 μm，リングとバス導波路間のギャップ幅: 300 nm，結合長: 4.75 μm のリング共振器である. この構造を有するリング共振器の透過特性を測定し，共振波長および共振波長間隔(FSR)より群屈折率を求めたところ，波長 1550 nm における群屈折率のばらつきは TE モードで 0.31 %, TM モードで 0.41 %であった. エリプソメトリーによる測定により，導波路厚のばらつきは±1 nm であることがわかっているので，群屈折率のばらつきから，導波路幅のばらつきは±4 nm であると見積もられた(図 2)[2,3].

3. 導波路構造と等価屈折率のばらつき

有限要素法(FEM)を用いて，導波路構造と等価屈折率の関係を計算した結果を図 3 に示す. 図は波長 1550 nm, TE モードにおける計算結果であり，図中の実線は単一モード条件を示す. さらに，導波路構造の設計値に関わらず幅: ±4 nm，厚み: ±1 nm の製造ばらつきが生じると仮定し，この構造ばらつきに起因する等価屈折率のばらつきを図 4 に示す. これらの計算結果から，数種類の導波路構造における等価屈折率および等価屈折率のばらつきを表 1 に示す. 導波路構造のばらつきは厚みよりも幅の方が大きいため，導波路幅を広げることで等価屈折率のばらつきは小さく抑えられる. その場合，単一モード条件を維持するために導波路厚を薄くしなければならないが，今度は厚さばらつきの影響が大きくなるため，等価屈折率のばらつきは大きくなる. 従って最適値があり，等価屈折率のばらつきが最も小さくなる構造は w = 540 nm, d = 160 nm であり，400×220 nm の導波路における等価屈折率ばらつきに比べて約 69 %の値であった. 群屈折率についても同様の傾向が見られ，540×160 nm の導波路における群屈折率ばらつきは TE モードで 0.26 %であり，400×220 nm の導波路よりも小さくなる. 導波路厚を薄くすることで，エッチングプロセスに起因する導波路幅のばらつきはさらに小さくなると考えられ，実際に光導波路デバイスを作製した際の特性ばらつきは，今回計算された値よりも小さくなると推測される.

以上より，今回検討した導波路構造として 540×160 nm の構造をもつ光導波路は，特性均一性が高いシリコン光デバイスの作製に効果的であると結論付ける.

4. むすび

Si 細線導波路デバイスにおいて, コアが540×160 nm のとき製造ばらつきの影響が最も小さくなることがわかった.

謝辞

本研究の一部は，日本学術振興会科学研究費補助金(25420312)の援助のもとに実施された. また本研究で用いた Si 光デバイスは, 産業技術総合研究所スーパークリーンルームにおいて作製された.

参考文献

[1] Y. Tanushi, et al., Proc. Group IV Photonics 2013, pp. 105-106
[2] 相馬　他，第 74 回応用物理学会秋季学術講演会発表，20a-A8-4 (2013)
[3] Y. Atsumi, et al., Opt. Express, **20**, pp. 26969-26977 (2012)

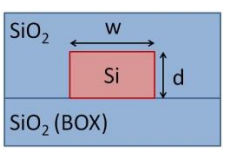

図 1. 導波路断面の模式図

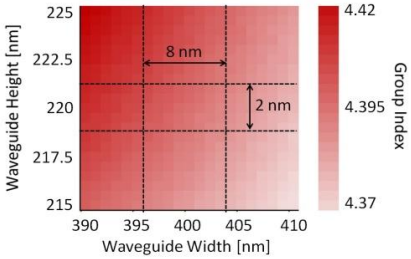

図 2. 導波路構造と群屈折率 (λ=1550 nm, TE モード)

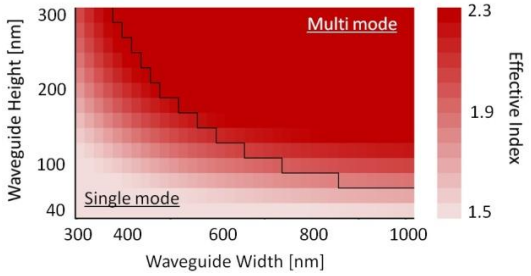

図 3. 導波路構造と等価屈折率 (λ=1550 nm, TE モード)

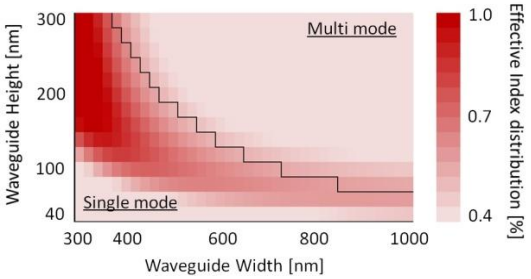

図 4. 導波路構造ばらつきに起因する等価屈折率のばらつき

表 1. 導波路サイズと特性の例

導波路幅 [nm]	導波路厚 [nm]	等価屈折率	等価屈折率ばらつき [%]
400	220	2.22	0.72
440	220	2.33	0.56
540	160	2.22	0.50
720	100	1.95	0.55

© 2014 年　応用物理学会