バルクシリコン基板上 SiN_x 光導波路の検討(2)

Investigation of SiN_x optical waveguides on bulk Si substrate (2)

豊橋技科大 ○(M1) 土谷 塁, 小山田 亮太, 石川 靖彦
Toyohashi Univ. of Tech., ○Rui Tsuchiya, Ryota Oyamada, Yasuhiko Ishikawa
E-mail: tsuchiya.rui.ga@tut.jp, ishikawa@ee.tut.ac.jp

1. はじめに

反応性スパッタ法による SiN_x 膜を用い，低損失（< 1 dB/cm）な光導波路をバルク Si 基板上へ実現した[1]. 今回は，SiN_x 膜の赤外吸収および屈折率スペクトルを評価するとともに，熱光学係数の評価を行ったので報告する.

2. 実験方法

反応性スパッタ法による SiN_x 膜に対して，赤外吸収スペクトルを測定し，他の堆積法（非反応性 Ar スパッタ，LP-CVD，PE-CVD）による SiN_x 膜と比較した．また屈折率スペクトルを分光エリプソメトリにより評価した. 反応性スパッタは基板温度 200℃で行い，Si ターゲットおよび Ar/N_2 ガスを用いた．Ar スパッタは室温で行い，Si_3N_4 ターゲットおよび Ar ガスを用いた．LP-CVD は 820℃で行い，原料ガスに SiH_2Cl_2 および NH_3 を用いた. PE-CVD は 300℃で行い，SiH_4 および NH_3 ガスを用いた.

反応性スパッタ法による SiN_x 膜をリング光共振器に加工し，共振ピーク位置の温度依存性から熱光学係数を評価した．比較として Si リング光共振器の評価も行った.

3. 赤外吸収および屈折率スペクトル

Fig. 1 に典型的な赤外吸収スペクトルを示す. PE-CVD で堆積した SiN_x 膜では，3300 cm^{-1} 付近に N-H 結合による吸収ピークが観測された．光導波路応用において，波長 1.5 μm 周辺での光吸収損失の原因となる．一方，反応性スパッタで堆積した SiN_x 膜では，N-H 結合によるピークは確認されなかった. 低損失な光導波路形成[1]に寄与している.

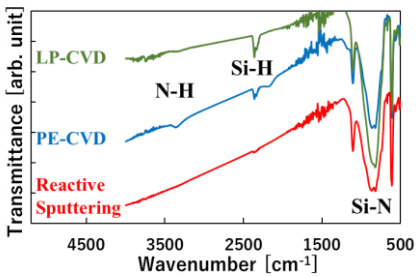

Fig. 1. Infrared absorption spectra for SiN_x films.

Fig. 2 に屈折率スペクトルを示す．反応性スパッタで堆積した SiN_x 膜の屈折率は約 1.96 であり，LP-CVD と同様である. N 組成は $x = 1.39$ と見積もられ[2]，化学量論組成 1.33 に近い値が得られた．対照的に非反応性の Ar スパッタで堆積した SiN_x 膜では屈折率が 2.32 と大きく，N 組成は $x = 0.84$ と Si 過剰であった.

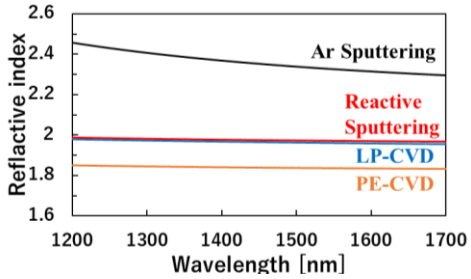

Fig. 2. Refractive index spectra for SiN_x films.

4. 熱光学係数の評価

SiN_x および Si リング光共振器の透過スペクトルの温度依存性を Fig. 3 に示す．同程度の FSR および Q 値をもつ試料を比較した．SiN_x リングの共振ピークは温度変化が小さく，熱光学係数は 3×10^{-5} K^{-1} と見積られた．Si よりも約 1 桁小さい良好な値である.

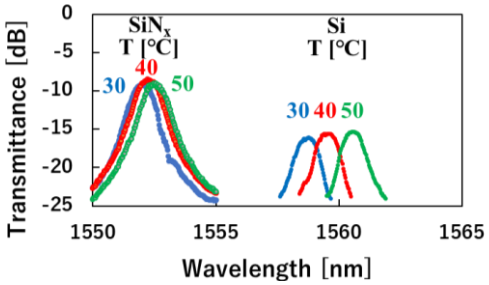

Fig. 3. Transmission spectra for SiN_x and Si ring resonators measured at different temperatures.

5. まとめ

反応性スパッタ法により堆積した SiN_x を赤外吸収および屈折率スペクトルにより評価した．N-H 結合が少なく，ほぼ化学量論組成に一致する SiN_x を形成できた．熱光学係数は 3×10^{-5} K^{-1} であり，Si よりも約 1 桁小さい.

[1] 小山田他, 2019 応用物理学会秋季学術講演会 19p-E206-16.
[2] H. Mackel and R. Ludemann, J. Appl. Phys. 92, 2602 (2002).

© 2021年 応用物理学会