

シリコングレーティングカプラの波長特性ばらつきに及ぼす製造誤差の影響 The impacts of fabrication error on spectral variation of silicon grating couplers

PETRA¹, AIST² ○堀川剛^{1,2}, 牛田淳¹, 蘇武洋平¹, 志村大輔¹,
椎名明美¹, 徳島正敏¹, 鄭錫煥¹, 木下啓藏¹, 最上徹¹

PETRA¹, AIST², Tsuyoshi Horikawa^{1,2}, Jun Ushida¹, Yohei Sobu¹, Daisuke Shimura¹,
Akemi Shiina¹, Masatoshi Tokushima¹, Seok-Hwan Jeong¹, Keizo Kinoshita¹, and Tohru Mogami¹
E-mail: tsuyoshi.horikawa@aist.go.jp

はじめに シリコンフォトニクス[SiPh]技術は、ボード間やチップ間等の短距離伝送における帯域幅ボトルネックを解決する技術として注目されている。我々は、これまで、CMOS 技術を用いた SiPh 光集積回路製造技術の確立を目的に、製造において生じる加工寸法誤差の光学素子特性への影響を調べてきた[1,2]。

本稿では、光集積回路の光 I/O を担うグレーティングカプラ(GC)について、ArF 液浸露光技術を用いて作製した素子の光結合特性を評価するとともに、特性ばらつきに及ぼす加工寸法誤差の影響について報告する。

光結合特性及びその面内均一性 300 mm 径の SOI ウエハ (BOX 厚 2 μm, SOI 厚 200 nm) を用い、CMOS 製造プロセスにより GC を作製した。グレーティング構造として、液浸露光技術を用い、一様な周期 516 nm の幅 258 nm、深さ 70 nm のトレレンチを形成した。また、トレレンチ形成後 2 μm 厚の酸化膜を堆積した。1 対の GC を 350 nm 幅の細線導波路で接続した素子を用い、偏波保持ファイバをプローブとするウエハレベルプローブ[1]により、O 帯での GC-ファイバの光結合特性を評価した。図 1 に同一ウエハに形成した 64 個の GC について、ファイバ端-GC 間距離を 420 μm とした際の透過スペクトルを示す。結合損失 2.99 ± 0.21 dB (3σ), 中心波長 1302.3 ± 5.6 nm (3σ), 及び 1dB 帯域 31.1 ± 2.4 nm (3σ) の良好な特性と高い面内均一性が確認された。

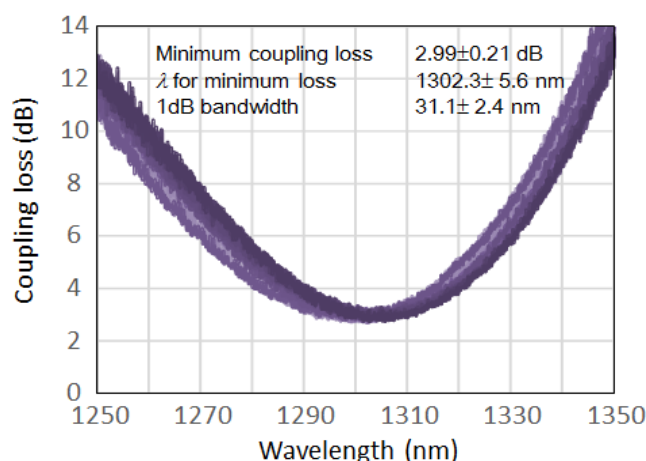


Fig. 1. Coupling loss spectra for 64 grating couplers on a single 300-nm wafer.

光結合特性ばらつき解析 グレーティングからの -1 次の回折光の波長 λ 、実効屈折率 n_{eff} 、クラッドの屈折率 n_{clad} 、周期 Λ 、放射角 θ は、 $\lambda = \Lambda(n_{eff} - n_{clad} \sin \theta)$ (1) の関係にある。(1) 式より、導波路厚 H 、トレレンチ深さ D と幅 W のずれによる波長変化 $\Delta\lambda$ はそれぞれの変分を用い、

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda}{n_g - n_{clad} \sin \theta} \left\{ \left(\frac{\partial n_{eff}}{\partial H} \right) \Delta H + \left(\frac{\partial n_{eff}}{\partial D} \right) \Delta D + \left(\frac{\partial n_{eff}}{\partial W} \right) \Delta W \right\} \quad (2)$$

と表される。ここで、 n_g は群屈折率である。

加工誤差と特性ばらつきの実際の相関を調べるため、面内 9 素子について実測した H 、 D 及び W を用い (2) 式により求めた中心波長の平均値からのシフトに対し、透過スペクトルから求めた波長シフトをプロットした (図 2)。両者の相関が高いことから、高精度の製造技術を用いて作製した均一性の高い GC においても、残存する光結合特性のばらつきは依然加工精度に起因していると言える。今回の結果から、光素子の特性解析を物理寸法測定と併用することで、光回路の工程管理の更なる高度化を図ることが可能と考えられる。

謝辞 本研究は NEDO の「超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発」により委託を受けたものである。

参考文献 [1] T. Horikawa et al., Microelectron. Eng., **156** (20) 46-49 (2016). [2] 牛田淳他, 2015 年第 76 回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, 13a-2S-3.

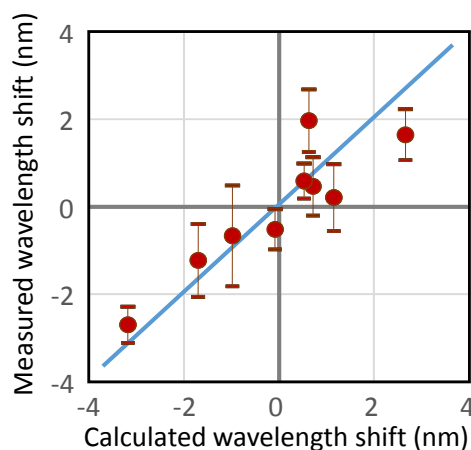


Fig. 2. Measured wavelength shift v.s. calculated wavelength shift from Eq (2).