

3D-AFM および CDSEM による Si 光導波路側面ラフネス解析

Sidewall roughness analysis with 3D-AFM & CD-SEM tool

PECST¹⁾,産総研²⁾,PETRA³⁾ ○平山直紀^{1,2)}, 山岸 雅司^{1,2)}, 埜口 良二^{1,2)}, 斉藤 茂^{1,2)}, 高橋 博之^{1,3)}, 堀川 剛^{1,2)}
 PECST¹⁾,AIST²⁾,PETRA³⁾ ○Naoki Hirayama^{1,2)}, Masashi Yamagishi^{1,2)}, Yoshiji Noguchi^{1,2)}, Shigeru Saito^{1,2)},
 Hiroyuki Takahashi^{1,3)}, Tsuyoshi Horikawa^{1,2)},
 E-mail: naoki.hirayama@aist.go.jp

はじめに

我々は光デバイスと Si 電子デバイスの融合による光インターポーザの実現を目的として、CMOS プロセス技術をベースに、高精度 Si 光導波路加工等の集積プロセスを構築してきた¹⁾。Si 光導波路の低損失化には製造プロセスにより導入される導波路側面のラフネス低減が必須であり、ラフネスの評価手法には、導波路の平面 SEM(CDSEM)像から求められるエッジラフネス(Line Edge Roughness: LER)値が多く採用されている。しかし、高精度加工により得られる 3σ : $\sim 3\text{nm}$ 程度のラフネスは現状の CDSEM で正確に計測することが困難である為、プロセス高精度化や品質管理上ネックとなる。そこで今回、高い空間分解能($<1\text{nm}$)を有し、導波路側面のラフネス評価手法として有効であると考えられる 3D-AFM により、Si 光導波路を評価し、3D-AFM の光導波路プロセス評価手法としての有効性を確かめた。評価においては、異なる製造プロセスにより作製した光導波路に対し、その LER および相関長(Lc: Correlation Length)を求め、伝播損失実測値との対比を行った。

実験

評価には、レジスト-A およびレジスト-B をマスクとして Si コアエッチングを施したサンプルと、レジスト-B を用い SiO₂:50nm の積層マスク構造を用いたサンプルの計:3 サンプルを用いた。また、Si エッチング後の LER を CDSEM および 3D-AFM(ParkSystems 社製 AFM: XE-3DM)を用い計測した。得られたエッジ位置情報について空間周波数分析²⁾を行い Lc を求めた。導波路の伝播損失評価の為、Over-Clad として plasma-TEOS:2um を積層し、 $\lambda=1545\text{-}1555\text{nm}$ の波長帯において、カットバック法により算出した。

結果および考察

各サンプルにおける CDSEM および 3D-AFM による Si コアエッチング後側面ラフネスの計測結果を図1に示す。計測器として CDSEM および 3D-AFM を使用した場合の LER 計測値について、各サンプル間に明確な差が存在する。これは、本検討において使用した CDSEM および 3D-AFM 間の空間分解能の差:CDSEM/3DAFM=2/0.1nm に起因すると考えられる。更に、CDSEM におけるエッジ位置定義がエッジ明暗差に依存する為、エッジ検出位置がパタン構造によるエッジコントラストに大きく依存する事も要因の一つであると推察される。従って、光導波路の散乱損失を推定する Grillot ら³⁾の理論式中の変数:LER および Lc の誤差要因となり、これにより図 2 に示したように各測定器間における理論/実測値間の相関値乖離の原因と成り得る。

結論

本研究において LER 計測における 3D-AFM および CDSEM 計測値の比較を行った。計測より得られたパタンエッジ位置情報より算出された LER と Lc より理論散乱損失を演算した。3D-AFM による LER および Lc から算出された理論散乱損失値と実サンプルより得られた導波損失に正の相関があることを示した。これにより、3D-AFM による in-process 光導波路形状計測が、光導波損失に対するより定性的な判断基準と成り得ることを示した。

謝辞 本研究の一部は日本学術振興会の最先端研究開発支援プログラム「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発」により助成を受け、TIA-SCR において実施した。また、3D-AFM 計測に当たり、パークシステムズジャパン(株)に協力を頂いた。

参考文献

- 1) N.Hirayama, et al.: Proc. of SSDM2012, pp530-531
- 2) G.P. Patsis, et al.: Microelectron. Eng. 67-68 (2003) 319-325
- 3) F. Grillot et al.: J.Lightw. Technol., vol.24, No.2, Feb.2006

図1 Sidewall roughness comparisons of 3D-AFM and CD-SEM on some samples

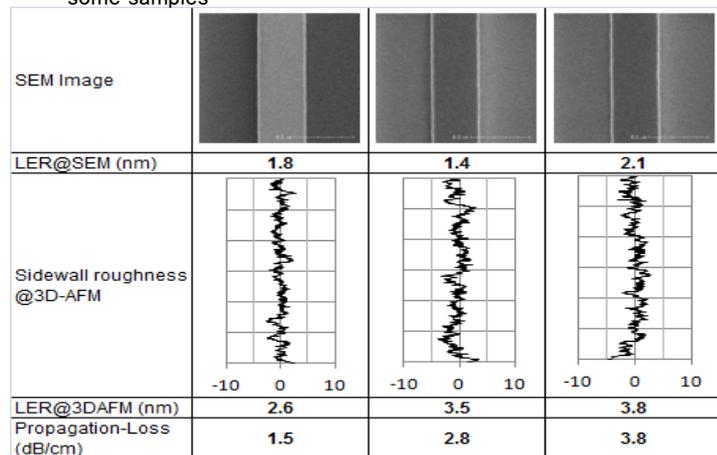


図2 Correlation analysis for optical-loss from sidewall roughness parameters derived with 3D-AFM and CD-SEM

