

TiO<sub>2</sub>スロット・ポリマ導波路型光変調器の光損失低減化のための研究

1170058 小菘 貴大 (複波研究室)

(指導教員 榎波 康文 教授)

1. 目的

EO ポリマとゾルゲルシリカからなるハイブリッド型ポリマ光変調器は実用化されてきたニオブ酸リチウム光変調器(帯域幅 40GHz)に比べ 3 倍以上の 130GHz 帯域を実証し[1]、EO 係数は 5 倍以上の 170pm/V[2]を示す。駆動電圧は 1/5 以下の 0.65V[3]であり次世代の膨大な通信量に対するデータセンターサーバーの高速化及び低消費電力化に貢献できる。TiO<sub>2</sub> スロット・ポリマ導波路型光変調器[4]は更なる低電圧駆動を可能とし低光損失化が課題であった。本研究においては TiO<sub>2</sub> スロット導波路に使用する TiO<sub>2</sub> 薄膜を各種条件下で形成しその屈折率や結晶特性を調べるとともにこれら条件において作製した TiO<sub>2</sub> 光導波路による TiO<sub>2</sub> 光損失測定を行い光損失低減のための示唆を得ることを目的とする。

2. 研究内容・方法

Si 基板の上に 6μm 膜厚 SiO<sub>2</sub> 層をクラッド、その上部に TiO<sub>2</sub> コアをパターニングした光導波路を作製した。高周波スパッタ装置を用いて Si/SiO<sub>2</sub> 基板上に TiO<sub>2</sub> 及び Au 積層後フォトレジスト薄膜をスピコート塗布した。TiO<sub>2</sub> とフォトレジストの間に Au を挿入することにより TiO<sub>2</sub> とフォトレジスト間の密着性を増加した。RIE 装置を用いた TiO<sub>2</sub> ドライエッチング処理により光導波路のオーバーエッチングを防ぐための Au 薄膜に替えてヘキサメチルジシラザン(HMDS) を使用してプロセス処理を行うと共に膜厚レジストを用いることにより TiO<sub>2</sub> のドライエッチングに成功した。高周波スパッタリングによる TiO<sub>2</sub> 積層の際の条件はターゲットと基板間隔 (TS) 13cm 及びスパッタリング時の基板加熱温度 100°C、150°C 及び 200°C を用いた。さらに TS=9cm 及び室温スパッタリングプロセスを行いこれら条件により作製した TiO<sub>2</sub> 薄膜の屈折率及び X 線回折による結晶構造の解析を行った。最後にこれら条件で積層した TiO<sub>2</sub> を用いて光導波路の光伝搬損失測定を行った。

3. 結果・成果

3.1 X 線回折装置を用いた TiO<sub>2</sub> 薄膜測定

図 3.1 は各種条件により積層した TiO<sub>2</sub> 薄膜に対する X 線回折 (XRD) 測定結果である。TS=13cm 及び基板加熱温度 100°C で作製した TS=13cm 及び基板加熱温度 150°C、TS=13cm 及び基板加熱温度 200°C、TS=9cm 及び室温より作製したサンプルに対してルチル型 TiO<sub>2</sub> (110)格子面からの X 線回折強度を確認した。X 線回折強度ピークは TS=13cm で加熱温度 200°C のプロセス、TS=9cm で室温プロセス、TS=13cm で加熱温度 150°C のプロセスの順に高かった。この結果から TS=13cm で 200°C のプロセスにより作製した TiO<sub>2</sub> 薄膜の結晶率が最も高いということが解った。

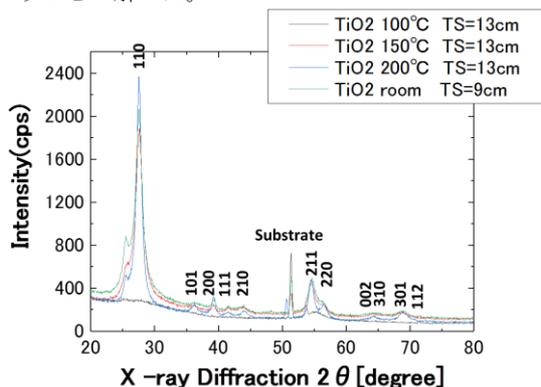


図 3.1 作製した TiO<sub>2</sub> 薄膜に対する X 線回折測定

3.2 分光エリプソメーター

分光エリプソメーター測定による各種条件下で作製した TiO<sub>2</sub> 薄膜の屈折率を図 3.2 に示す。図中の屈折率(n)は 1550nm に対する値であり MSE は 2 乗平均誤差である。加熱温度 100°C により作製した TiO<sub>2</sub> 薄膜は他の条件に比べ著しく屈折率が小さく、他 3 条件に対してはほぼ同様の値を得た。屈折率と XRD 測定結果により TS=9cm で室温のプロセスは TS=13cm で 200°C 及び 150°C でのプロセスと同様な結晶率及び屈折率を得ることができた。

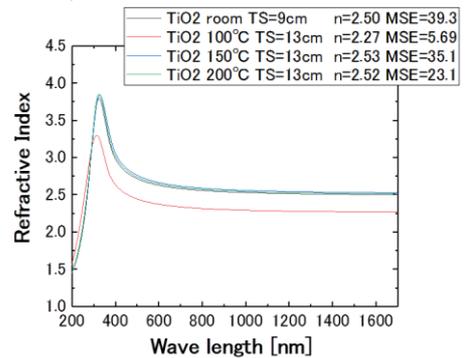


図 3.2 4 条件の TiO<sub>2</sub> 薄膜の分光エリプソメトリー

3.3 光損失測定

作製した TiO<sub>2</sub> 光導波路に波長 1550nm レーザ光を入力し光伝搬損失をカットバック法により測定した。各光導波路長に対する光損失を図 3.3 に示す。これらの測定値を最小自乗法によりカーブフィッティングし最も低い光損失値 8dB/cm を得た。

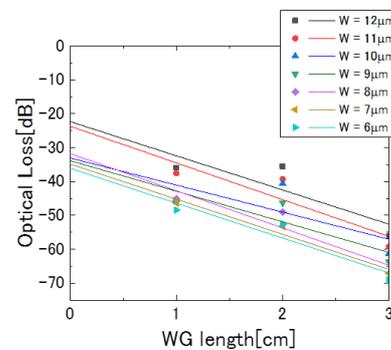


図 3.3 TM モード TS=9cm、室温プロセスの光損失測定結果

本研究により室温処理により TiO<sub>2</sub> 薄膜の結晶化に成功するとともに本成果により TiO<sub>2</sub> スロット導波路型ポリマ光変調器の低光損失化のための方法を得ることができた。

参考文献

[1] 榎波 康文, "電気光学ポリマー変調器," 特集 高分子フォトニクス, 59 巻 5 月号, P317-P320, May. 2010.  
 [2] Y. Enami, D. Mathine, C.T. DeRose, R.A. Norwood, J. Luo, A.K.-Y. Jen and N. Peyghambarian, " Applied Physics Letters, " 91, 093505, Aug.2007.  
 [3] Y. Enami, C.T. DeRose, D. Mathine, C. Loychik, C. Greenlee, R.A. Norwood, T.D. Kim, J. Luo, Y. Tian, A.K.-Y. Jen & N. Peyghambarian, " Nature Photonics, " 1, 180, Mar.2007.  
 [4] Y. Enami, H. Nakamura, J. Luo, A.K.-Y. Jen, "Optics Communications, " vol.362, pp.77-80, Mar.2016