

TiO₂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。TiO₂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TiO₂スロット導波路に使用するTiO₂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TiO₂光導波路によるTiO₂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基板上に6μm膜厚SiO₂層をクラッド、その上部にTiO₂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/SiO₂基板上にTiO₂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。TiO₂とフォトレジストの間にAuを挿入することによりTiO₂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TiO₂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TiO₂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TiO₂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℃、150℃及び200℃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TiO₂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TiO₂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TiO₂薄膜測定

図3.1は各種条件により積層したTiO₂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℃で作製したTS=13cm及び基板加熱温度150℃、TS=13cm及び基板加熱温度200℃、TS=9cm及び室温より作製したサンプルに対してルチル型TiO₂(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℃のプロセス、TS=9cmで室温プロセス、TS=13cmで加熱温度150℃のプロセスの順に高かった。この結果からTS=13cmで200℃のプロセスにより作製したTiO₂薄膜の結晶率が最も高いということが解った。

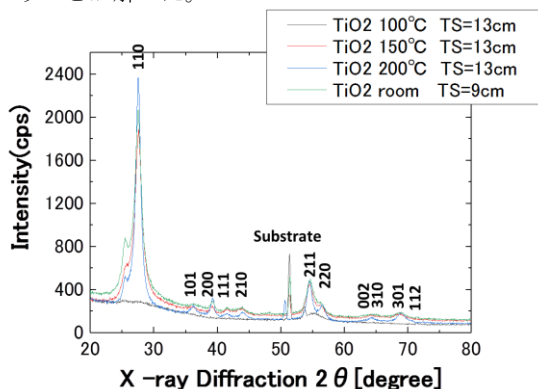


図3.1 作製したTiO₂薄膜に対するX線回折測定

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TiO₂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℃により作製したTiO₂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℃及び150℃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。

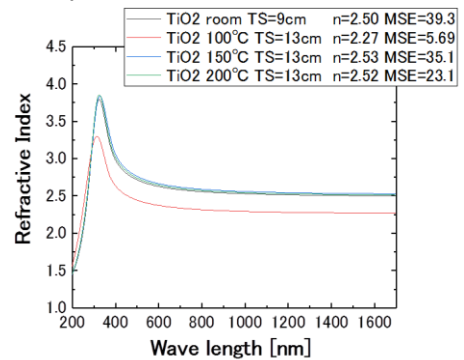


図3.2 4条件のTiO₂薄膜の分光エリプソメトリー

3.3 光損失測定

作製したTiO₂光導波路に波長1550nmレーザー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。

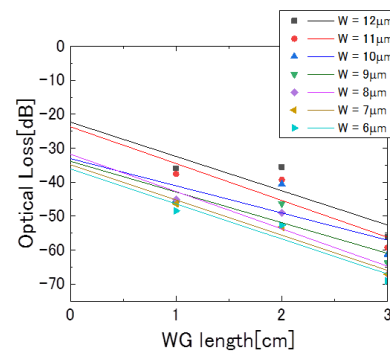


図3.3 TMモードTS=9cm、室温プロセスの光損失測定結果

本研究により室温処理によりTiO₂薄膜の結晶化に成功するとともに本成果によりTiO₂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