SURE 静岡大学学術リポジトリ
Shizuoka University REpository

耐熱性高分子光回路の研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 冨木, 政宏 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/1417

氏名・(本籍)	冨　木　政　宏(静岡県)
学位の種類	博　士　(工　学)
学位記番号	工博甲第　245　号
学位授与の日付	平成15年3月23日
学位授与の要件	学位規程第5条第1項該当
研究科・専攻の名称	電子科学研究科　電子応用工学
学位論文題目	**耐熱性高分子光回路の研究**
論文審査委員	(委員長) 教授　長村利彦　　教授　篠原茂信 助教授　杉原興浩　　教授　岡本尚道

論文内容の要旨

光ファイバ通信技術の発達により、高度情報化が急速に進行している。さらなる発展には各家庭にまで通信の光化、FTTH(fiber to the home)が必要となり、光コネクタや光スイッチ、ONU(optical network unit)などの光部品の低コスト化が重要な課題となる。そこでガラスや半導体材料に比べて低コスト化の可能性のある高分子材料を用いて光部品を作製することが期待されている。しかし従来の高分子材料には耐熱性や加工性、そして屈折率の温度変化に問題があった。そこで本研究では、ガラス転移温度が非常に高い耐熱性高分子であるポリアリレート系高分子を用いて光回路を作製することと、デバイスの動作温度範囲や熱光学スイッチの性能を決める屈折率温度依存性の測定を目的としたものである。

第一章では、本研究における研究背景及び目的を記述し、第二章で、光導波路の導波理論とm-line屈折率測定法の理論について記述する。

第三章ではポリアリレート系高分子の薄膜を作製し、光導波路に求められる屈折率や透明性などの光学的特性の評価を行った。その結果、可視光から近赤外領域ではフッ素化ポリイミドと同等かそれ以上の透明性を持つことがわかった。また、加熱による屈折率及び吸収スペクトルの変化を調査し、耐熱性の評価を行ったところ、100℃100時間あるいは200～300℃10分の加熱後においても透明性、屈折率は変わらず、優れた熱的安定性を示した。

第四章では、この耐熱性と透明性を併せ持つ材料の光集積回路への応用を図るために、電子線直接描画法を用いた微細加工に関する研究について記述する。特に、電子線直接描画と熱現像の加工における最適な条件を求めるために、膜厚、照射量、現像条件、基板の影響などについて調べた。そして、その結果を用いて光回路において様々な機能を持つ素子として有用な回折格子の作製を行っ

た。作製した回折格子の周期は0.7～10μmである。また周期0.7μmの回折格子型入力結合器を作製したところ結合効率は9.1％であった。100℃100時間の加熱後でも回折効率と表面形状に変化は見られなかった。これらのポリアリレート系高分子の優れた透明性と耐熱性は光部品の材料として十分な性能であり、それに対する電子線直接描画法はサブミクロンオーダの微細加工が可能であることを明らかにしている。

第五章では、デバイスの動作温度範囲や熱光学スイッチとしての性能を決める屈折率の温度依存性すなわち熱光学係数の新しい測定法について記述している。まず温度変化の原因となる理論を述べ、m-lineを3本用いることで回折格子の周期の変化を無視できる新測定法の原理について記述する。そして、ポリメチルメタクリレート(PMMA)、ポリカーボネート(PC)そしてポリアリレートU-100の3種類の高分子薄膜の熱光学係数の測定結果を報告している。測定結果は文献値(PMMA:-0.85～-1.4×10^{-5}℃$^{-1}$、PC:-0.9～-1.4×10^{-5}℃$^{-1}$)に対し、PMMAが-0.8×10^{-5}℃$^{-1}$、PCのTEモードが-0.8×10^{-5}℃$^{-1}$、TMモードが-0.6×10^{-5}℃$^{-1}$と、わずかに小さい値となったが、ヒータの構造の違いによる温度勾配が原因と考察している。またU-100の測定結果はTEで-1.7×10^{-5}℃$^{-1}$、TMで-1.4×10^{-5}℃$^{-1}$であった。この値は前者2つの高分子に比べ高い値であり、より低電力の熱光学スイッチが実現できることを示している。この測定方法は簡便かつ高精度であり、偏光依存性を同時に測定できるため、材料の屈折率温度特性を調べるのに有効な方法である。

以上のように本研究はポリアリレートを用いた光導波型デバイスの作製を目的として、その透明性や耐熱性の優れていることを明らかにし、電子線直接描画法による微細加工の条件を探求し、実際に回折格子を用いた入力結合器を作製したこと、及び熱光学係数の測定方法の提案と測定結果を報告するものである。

論 文 審 査 結 果 の 要 旨

光ファイバ通信技術による高度情報化社会のさらなる発展には、各家庭までの通信の光化や、自動車内配線の光化が必要となり、光コネクタや光スイッチなどの光部品の低コスト化が重要な課題となる。そこで、従来のガラスや半導体材料に比べて優位性のある高分子光部品を作製することが期待されている。しかし従来の高分子材料には耐熱性や加工性に問題があった。本論文は、ガラス転移温度が非常に高い耐熱性高分子であるポリアリレート系高分子を用いて光回路を作製することと、光デバイスの動作温度範囲や熱光学スイッチの性能を決める屈折率温度依存性、即ち熱光学係数の精密測定を目的としている。

第1章では、本研究の研究背景及び目的を、第2章で、光導波路の導波理論と、従来のmライン屈折率測定法を記述している。

第3章では、4種類のポリアリレート系高分子の薄膜を作製し、屈折率や吸収スペクトルを評価した。その結果、可視光から近赤外領域においてフッ素化ポリイミドと同等以上の透明性を持ち、加熱によって屈折率及び透明性は不変で、電極実装におけるはんだの融解熱に耐えうる熱的安定性を示した。

第4章では、これらの材料の光集積回路への応用を図るために、電子線直接描画及び熱現像による微細加工について記述する。試料の膜厚、電子線照射量、熱現像条件、基板の影響などについて調べ、最適条件を求めている。その結果を用い、光回路において有用な周期0.7～10μmの回折格子を作製した。周期0.7μmの回折格子型入力結合器は導波路への結合効率が9.1%であった。また、加熱後においても回折効率と表面形状に変化は見られなかった。ポリアリレート系高分子の透明性と耐熱性は光部品材料として十分な性能であり、電子線直接描画法等によって光回路の微細加工が可能であることを明らかにした。　第5章では、熱光学係数の新測定法と測定結果について記述している。まず、mラインを3本用いることで、回折格子周期の温度変化の影響を受けない精密測定法を提案している。次に、ポリメチルメタクリレート(PMMA)、ポリカーボネート(PC)、ポリアリレートの1種U-100の熱光学係数の測定結果を報告している。U-100は、TEモードで-1.7×10^{-5}/℃、TMモードで-1.4×10^{-5}/℃であることが分かった。この値はPMMA、PCに比べて大きく、より低消費電力の熱光学スイッチの可能性を示している。この測定法は簡便かつ高精度であり、偏光依存性を同時に測定できるなど、熱光学係数測定に有用である。

以上の成果は、耐熱性を有する実用的な高分子光部品の実現に重要な知見を与えるものであり、本論文は博士(工学)の学位を授与するに十分であると認める。