

電気光学ポリマーを用いた高性能光変調器に関する研究

佐藤, 洸

<https://hdl.handle.net/2324/1807089>

出版情報：九州大学, 2016, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）



氏 名 : 佐藤 洸

論文名 : 電気光学ポリマーを用いた高性能光変調器に関する研究

区 分 : 甲

論文内容の要約

近年、インターネットやクラウドサービスさらにはスマートフォンなどの普及によって情報通信技術は私たちの生活になくてはならない社会インフラの一つとなっている。このような情報通信技術の著しい発展を支えている技術が高速かつ大容量通信を可能にした光通信である。最先端の光通信デバイス技術の中で電気光学 (EO) 変調器は最も重要な基盤デバイスの一つである。スマートフォンやタブレット型端末の普及によって情報通信が身近になった一方で、情報通信量は飛躍的に増加しており、超高速化と大容量化に向けた高性能な EO 変調デバイスの開発は重要な課題となっている。近年、従来の無機材料より広帯域の高速変調が可能な EO ポリマーを応用した光変調器の研究が世界的に活発に進められている。本研究では EO ポリマーを用いた光変調器の実用化に向けて、光変調器の低損失化および低電圧駆動を目的として、EO ポリマーを用いた高性能光変調器の作成を目指し研究を行なった。

第 1 章では、本研究の背景および当該分野の課題についてまとめ、これらを踏まえて本研究の目的を述べている。

第 2 章では、多モード干渉 (MMI) 導波路を用いた無電界バイアス制御による光変調器の作製について述べた。EO ポリマーを用いた光デバイス開発では、様々な光導波路構造が応用されており、特にマッハツエンダ干渉 (MZI) 型光導波路は広く活用されている。一般的に MZI 型光導波路は光変調の高い消光比を得るために変調電圧と同時にバイアス電圧を印加する必要がある。しかし、このバイアス電圧の印加は、光変調器の消費電力の増加と電気制御系の追加、及び導波長が長くなるなどの問題を有している。これまでに、非対称構造を持つ MZI 型光導波路により無電界バイアス制御による高性能化の方法が提案されている。しかし、非対称構造の MZI 型光導波路は設計が複雑であり、高い作製精度が必要となる。また、光導波路のコアとクラッド間の屈折率差が小さい場合には、さらに高精度な光導波路の設計と作製が必要などの課題もある。そこで、本章では設計が比較的容易で作製精度の許容度が大きい MMI 導波路を用いた MZI 型光導波路を提案し、その設計と作製、及び無電界バイアス制御の光変調制御に関する検討を行った。はじめに、ビーム伝搬法によるシミュレーションにより、光導波路の設計を行い、MMI 構造の最適化について検討した。また、設計に基づく光デバイス作製の詳細を検討し、作製した EO ポリマー光変調デバイスの光学特性について評価と考察を行った。

MMI を用いた MZI 型光導波路を用いて、バイアス電圧と消光比の関係を解析した結果、無電界バイアスで消光比が最大となることが確認できた。この結果は、MMI を用いることによって MZI 型光変調器の無電界バイアスによる光変調動作が可能であることを示した。

第 3 章では、シリコンや窒化シリコンなどの高屈折光学材料と EO ポリマーを複合したハイブリッド型光導波路について検討し、光変調特性の高性能化に向けた検討を行った。近年、電子集積回路の高密度化によりリーク電流等の問題からさらなる微細化が限界を迎えると言われている。一方、高速かつ低電力の光信号処理を応用し、電子集積技術と融合したシリコンフォトニクスが注目されている。シリコンフォトニクスでは集積回路内の電気配線の光配線への置き換えや、光変調やスイ

ッティング技術による電子集積回路の小型化、省エネルギー化が期待されている。本章では、EO ポリマーを用いたオンチップ型光デバイスの作製を目的に高屈折率材料と EO ポリマーのハイブリッド型光変調器の作製を行い、光学特性の評価を行った。その結果、高屈折率の窒化シリコン光導波路と EO ポリマーを複合化したハイブリッド光変調器が低電圧で動作できることを示した。光伝搬モード計算の結果、ハイブリッド導波路中で EO ポリマー中に光電場の染み出し効率大きいほど高い電気光学定数を得ることができ、低電圧で変調することができることを見いだした。第 4 章では、各章で得られて結果をまとめ、本論文の総括とした。