

# 研究成果概要書

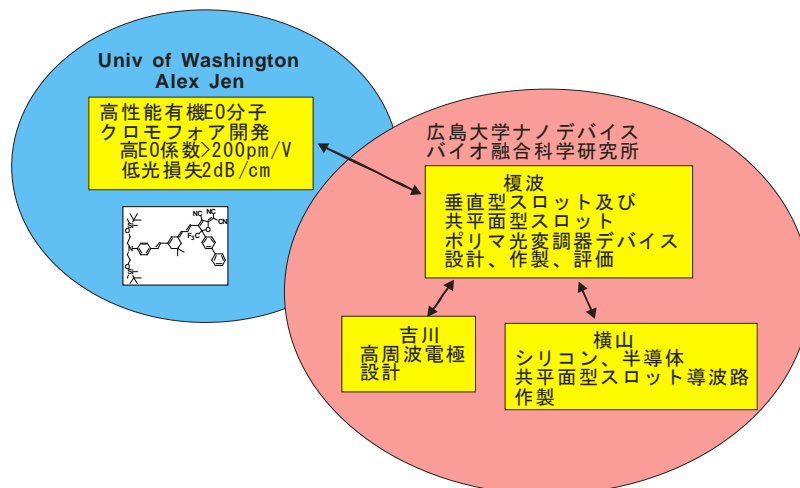
助成対象事業名	高性能電気光学有機分子をドープしたポリマ光変調器の超低電圧駆動
助成対象事業者 (研究代表者名)	国立大学法人 広島大学 榎波康文

## 1 事業の概要

海外共同研究者開発の高性能電気光学(EO)有機分子クロモフォアを用い、ハイブリッド型ゾルゲルシリカ・EO ポリマ導波路光変調器を作製する。各種新規デバイス構造を導入しEO ポリマのポ一リング最適化を実現した後、従来の光導波路構造により低い駆動電圧による光変調を行う。

## 2 共同研究体制と分担内容

海外共同研究者ワシントン大学Jenは高性能有機分子クロモフォアを作製し、広島大学に送付する。研究代表者は広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所内で垂直スロット及び共平面型スロットポリマ光変調器を作製する。広島大学共同研究者横山はシリコンを用いた共平面型シリコンスロット導波路を作製する。榎波は横山作製のスロット導波路を用いてポリマ光変調器デバイスを作製する。榎波はこれら光変調器の半波長電圧測定を行い、デバイス作製設計と作製にフィードバックする。吉川は垂直型及び共平面型スロットポリマ光変調器の上部電極をマイクロストリップ線とした高周波電極計算及び設計を行う。



## 3 事業の成果

新規共平面光遷移ハイブリッド型光導波路を用いた方向性結合器型光スイッチの製造技術を確立するとともに、本光スイッチについて、スイッチング電圧を測定した。ここに使用したEO ポリマのEO 係数は、表1に従来のEO ポリマ AJLS102(EO 係数 78pm/V)を使用して測定した光スイッチング電圧をAJEO100 使用時の光スイッチング電圧との比から181pm/Vと見積もった。図5に示すように光スイッチング電圧は出力光を最大(On)から最小(Off)にするために必要な印加電位であるので、図6の三角波印加電圧信号と変調光の関係からこの光スイッチング電圧( $V_s$ )と電極長( $L_e$ )積  $V_s L_e = 1.26 \text{Vcm}$ (デュアル駆動、電極長 1.5mm)を求めた。従来の、EO 係数が 78pm/V の

EO ポリマ AJLS102 を使用した光スイッチの  $V_{sLe}$  が 2.9Vcm(デュアル駆動、電極長 1.5mm)であったことから、本技術の新型の光スイッチで、駆動電圧 1/2 以下の低減を達成することができた。なお、本デバイス内部での EO ポリマの EO 係数は 180pm/V 以上と見積もられ、この値は一般的に使われているニオブ酸リチウムの EO 係数 30pm/V の 6 倍以上に達する。この結果により、本技術により集積化や更なる高速化が可能となる実用的な光スイッチを実証することができた。

表 1 横遷移ハイブリッド型光スイッチの光スイッチング電圧とデバイスパラメータ

EO ポリマ	$V_{sLe}$ @波長 1550nm	電極間隔	EO 係数( $r_{33}$ )@波長 1550nm
AJLS102	2.9Vcm 電極長 1.5mm)	8.5 $\mu$ m	78pm/V
AJEO100	1.26Vcm (電極長 1.5mm)	8.5 $\mu$ m	181pm/V(本研究成果)

従来、全ポリマ型光変調器(コア:EO ポリマ、クラッド:パッシブポリマ)に 20mW の光を入力すると、出力が 20 時間で初期値の 40%に減少することが報告され(M-C Oh et al. IEEE Journal of Selected Topic of Quantum Electronics, 7, 826, 2001)、EO ポリマを使用した光スイッチでは長時間の安定性の確保が大きな課題であった。本技術のハイブリッド型ポリマ光変調器は、光学的及び熱的に安定なゾルゲルシリカ光導波路を用いて安定した導波を行うことができるため、光学的安定性に優れている。それを確認するために、長期間に亘る出力の安定性検証を行った。試験は、試験前の UV 硬化エポキシの耐久性検証に時間を要したため両端面の接続によるパッケージングを実施せず行った。また、入力面は光ファイバとの接続を行い、全て PM ファイバを使用したことから軸線整合の必要性や振動に対する出力光の不安定性を局限し、市販に近い状態での光出力測定を 1200 時間にわたり行った。従来の全ポリマ型光変調器に比べ熱的及び光学的に安定な屈折率を有するゾルゲルガラス導波路と光ファイバを接続することにより、光ファイバと光変調器導波路間の光結合損失及び光変調器導波損失の経年変化が小さいことを実証できた。このことから、従来のポリマ変調器の弱点であった EO ポリマコアの光化学反応に起因する 0.001 程度の微小屈折率低下から生ずる光導波路モードフィールド径変化による光ファイバとの光結合損失増大と EO ポリマコア屈折率低下による導波光の導波モードから放射モードへの変化から生ずる導波光損失増大の問題を、本ハイブリッド型光変調器により克服した。

さらに、ハイブリッド型光導波路の 3D-BPM 導波計算結果から EO ポリマ屈折率を 1.64 及び 1.60 と変化させてもアクティブ領域での導波条件が変化しないことを示した。このことから、ゾルゲルガラス導波路(屈折率 1.50)より EO ポリマ(屈折率 1.60-1.70)屈折率がゾルゲルシリカコア(屈折率 1.500)より 0.1 程度大きい値が維持されている限り光導波に影響を与えないことを示すことができた。EO ポリマの屈折率が 0.001 以上変化した場合従来のポリマ光導波路においては導波条件の維持は極めて困難であった。

高強度光入力に対し光ファイバと光導波路間の光結合条件及び光導波条件が 1200 時間変化しなかった実証結果から、本研究において EO ポリマの光化学反応に起因する屈折率変化が光導波に影響を与えないことを実証したことになる。以上から、本技術の変調器は他の全ポリマ型光変調器に比べ寿命が長く実用的な光変調器であることを検証することができた。