

平成24年度研究開発成果概要書

低消費電力高速光スイッチング技術の研究開発 (152)

副題 高性能有機EOポリマーを用いた高速・低電力の実用的光デバイスの開発

(1) 研究開発の目的

電気光学特性が 100-150pm/V のEOポリマー技術を基盤として、低消費電力・高速光スイッチングデバイスを開発する。

(2) 研究開発期間

平成23年度から平成27年度 (5年間)

(3) 委託先

住友大阪セメント株式会社<幹事者>、日産化学工業株式会社、
国立大学法人九州大学

(4) 研究開発予算 (百万円単位切上げ)

平成23年度	80 (契約金額)
平成24年度	75 (//)
平成25年度	71 (//)
平成26年度	66 (//)
平成27年度	62 (//)

(5) 研究開発課題と担当

課題1. 高性能EOポリマーの開発

課題1-1. 高純度EOポリマーの合成技術 (日産化学工業株式会社)

課題1-2. EOポリマーの光学特性評価 (国立大学法人九州大学)

課題1-3. EOポリマーの耐久性試験 (日産化学工業株式会社)

課題2. 高精度EOポリマー光導波路の開発

課題2-1. ポリマー光導波路のEO技術 (国立大学法人九州大学)

課題2-2. 光導波路用クラッド材料の最適化 (日産化学工業株式会社)

課題2-3. EOポリマー光導波路の高周波特性解析
(住友大阪セメント株式会社)

課題3. デバイス設計・開発技術の開発

課題3-1. スwitchingデバイスのプロトタイプ作製
(住友大阪セメント株式会社)

課題3-2. EOデバイスの高速、低電圧化構造の設計技術
(住友大阪セメント株式会社)

課題3-3. デバイス安定性の評価 (住友大阪セメント株式会社)

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	6	6
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	5	4
	その他研究発表	23	16
	プレスリリース	0	0
	展示会	0	0
	標準化提案	0	0

具体的な成果

(1) 高性能EOポリマーの開発

- ・イソシアネート法によるスケールアップ合成を実現し、高純度で高性能なEOポリマーを光スイッチングデバイス作製用に各課題へ供給した。
- ・スケールアップ合成されたEOポリマーの光学特性を評価し、定常的に90-100pm/Vの電気光学特性が得られることを確認した。
- ・熱耐久性試験の結果より、より高い熱安定性が期待できる新規構造のEOポリマー合成について検討し、EOポリマーの高Tg化の改良を行った。EOポリマーの光耐久性試験では、通信帯波長(1.55μm)でシングルモード光照射(17dBm)の条件下で光劣化を評価し、規格化した材料特性としてFOM値($B/\sigma=7.5\times 10^{32}\text{m}^{-2}$)を得た。

(2) 高精度EOポリマー光導波路の開発

- ・ポリマー系、および無機系クラッドを用いたシングルモード条件の光導波路を設計し、その作製実験と光学特性評価を行った。ポーリング効率の向上を目指し、垂直型電極配置構造(MSL)に加えて水平型電極配置構造(CPW)についても検討を進めた。特にスイッチングの高速化に向け、高周波入力用の電極技術を融合したCPWの設計を行った。
- ・光導波路構造でEOポリマーのポーリング効率を高めるため、低抵抗のポリマー系クラッド材料と無機系クラッド材料の開発を進めた。ポリマー系クラッドを用いたときには、ポーリング効率がEOポリマーの色素導入率に依存し30~90%の範囲で変化することを確認した。色素導入量に依存しないポーリング効率を得るため無機系クラッド材料の開発を進め、有機-無機ハイブリッド系の低抵抗クラッド層を開発した。

(3) デバイス設計・開発技術の開発

- スイッチングデバイスの高周波動作に向けて、ポリマー材料に対応した高周波電極構造を設計し、評価サンプルを作製した。周波数応答性を測定し、電気透過特性で 20GHz まで大きな劣化がないことを確認した。
- 開発したポリマー系クラッド材料と EO ポリマー材料を用いて光導波路を形成し、通信波長帯の光伝搬を確認した。
- スイッチングデバイスとして、電極の電気特性、デバイスの駆動電圧を設計した。基本要素である光導波路と高周波電極を組合せ、試作した結果をフィードバックしながら、スイッチングデバイスとしての設計や作製に着手した。

(7) 研究開発イメージ図

別紙参照

平成24年度「低消費電力高速光スイッチング技術の研究開発」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 住友大阪セメント株式会社(幹事者)、日産化学工業株式会社、国立大学法人九州大学
- ◆研究開発期間 平成23年度から平成27年度(5年間)
- ◆研究開発費 総額355百万円(平成24年度 75百万円)

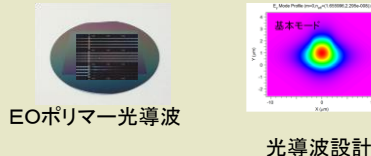
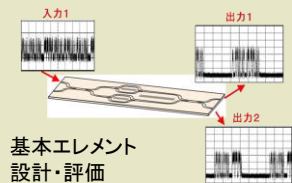
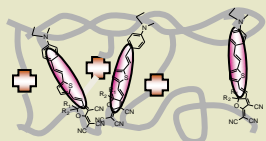
2. 研究開発の目標

実用的な有機EOポリマー材料開発から高速光スイッチングデバイス開発までの一連の開発を行う。平成25年度までにEOデバイスとしての基本動作と高周波基本特性を確認し、平成27年度にスイッチング速度100ps以下、駆動電圧2V以下の高速低消費電力の光スイッチングを実現する。

3. 研究開発の成果

研究イメージ

光スイッチングデバイスの高速・省エネルギー化



- A 高性能EOポリマー材料開発 B 高精度EOポリマー光導波路開発
C デバイス設計・開発

研究成果: 高性能EOポリマー開発

光スイッチングデバイス作製のためEOポリマーの安定的な合成、供給技術の確立、および高い電気光学特性と化学的・光学的純度に優れた材料技術を確認することが課題。

- ・本開発では、ポリマーの合成技術に着手。ベースポリマーの安定化技術を確認し、また、未反応EO色素及び低分子体の精製方法を確立した。
- ・今後は、材料作製のスケールアップと安定供給を検討する。

研究成果: 高精度EOポリマー光導波路の開発

高性能EOポリマーを光スイッチングデバイスへ応用するため、光導波路設計・作製技術を確認することが課題。

- ・本開発では、高屈折率ポリマーをクラッドに適用した光導波路設計に着手。また、クラッド材料の抵抗率調整を検討した。
- ・今後は、クラッド材料の最適化、標準化を実施し、導波路構造での特性評価を実施する。

研究成果: デバイス設計・開発技術の開発

光スイッチングデバイスの高速、低電圧化のデバイス設計・作製技術を確認し、一般的な実験室環境で安定動作することを目指す。

- ・スイッチングデバイスの基本構成を検討し、マツハ・ツェンダー干渉計型光スイッチを選択。また、高周波設計のため、種々の樹脂、ポリマーの高周波誘電率測定に着手した。今後は、設計により構造を確定させ、サンプルの作製に取り組む。

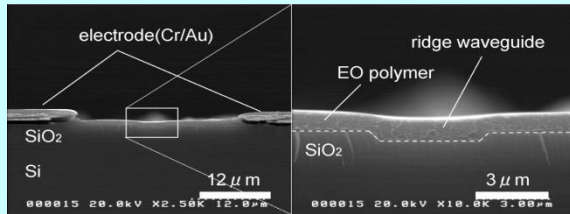
平成24年度「低消費電力高速光スイッチング技術の研究開発」の研究開発課題・成果

クラッド材料の特性調整

- ◆ 高いポーリング効率が可能な光導波路構造・材料を開発

〈課題〉 垂直型(MSL)・水平型(CPL)光導波路の作製
 ポリマー系、および無機系クラッド材料の開発
 光導波路EOポリマーの高電気光学特性の発生

〈成果〉 高速化デバイス作製のため、CPL型EOポリマー光導波路を作製
 低抵抗なポリマー系、および有機-無機ハイブリッドクラッドの開発



ポリマーの合成技術

- ◆ 高純度EOポリマーの工業的合成方法を確立

〈課題〉 スケールアップ合成でデバイス作製課題へ材料供給
 EOポリマーの耐久性向上
 通信帯波長の耐光性を評価

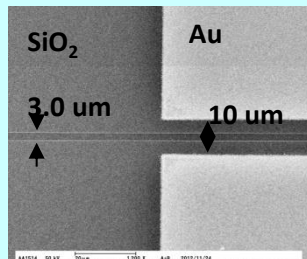
〈成果〉 高純度EOポリマーの工業的製造方法確立 (特許出願)
 ・イソシアネート法、ブロックイソシアネート法を確立
 ・安定供給可能な合成技術 (10g/バッチ)
 ・高T_g化ブロックの導入
 ・通信波長光照射実験でEOポリマーの耐光性を規格化

ポリマー光スイッチ・高周波電極の作製

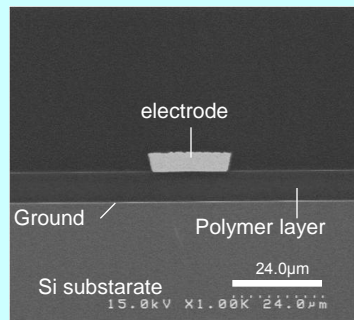
- ◆ CPL, MSL構造の高周波電極の作製

〈課題〉 ポリマークラッド上に高周波制御電極構造の設計
 金メッキ電極による高周波電極の作製
 高周波電極の電気特性評価

〈成果〉 金MSL電極を作製し、高周波低
 損失特性を確認



リッジ導波路CP電極の作製



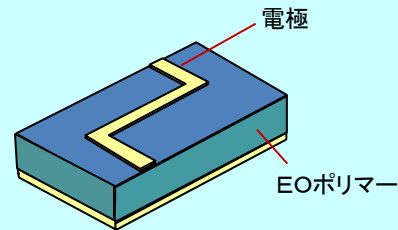
MSL構造の高周波電極

スイッチングデバイス設計

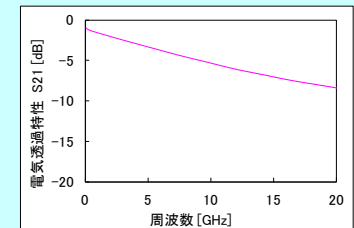
- ◆ スwitchingデバイスの構成、設計に必要な物性測定を検討

〈課題〉 ポリマーの屈折率変化などに基づくデバイス構成
 高周波電極設計

〈成果〉 高周波電極を形成し、20GHzまでの高周波特性を確認



評価用デバイス構造



周波数応答(電気 S21)

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と()内の当該年度件数です。

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	展示会	標準化提案
低消費電力高速光スイッチングデバイスの研究開発	6(6)	0	5(4)	23(16)	0	0	0

5. 今後の研究開発計画

この成果により、今後、どのような研究を行うのかを例示を上げながら、具体的、かつ簡潔に記載して下さい。

平成27年度の最終デバイス化へ向けて、平成25年度は光スイッチングデバイスを作製するために、EOポリマー、クラッド材料、および光導波路作製に関する課題を相補的に進めるとともに、デバイス構成での高周波化、低電圧化設計を進め、試作評価を通じて基本特性や高周波応答性を確認する。

平成24年度「低消費電力高速光スイッチング技術の研究開発」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 住友大阪セメント株式会社(幹事者)、日産化学工業株式会社、国立大学法人九州大学
- ◆研究開発期間 平成23年度から平成27年度(5年間)
- ◆研究開発費 総額355百万円(平成24年度 75百万円)

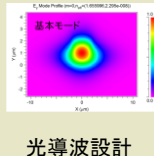
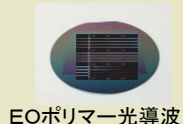
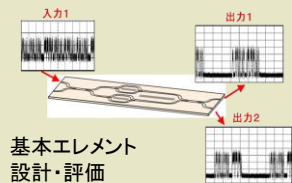
2. 研究開発の目標

実用的な有機EOポリマー材料開発から高速光スイッチングデバイス開発までの一連の開発を行う。平成25年度までにEOデバイスとしての基本動作と高周波基本特性を確認し、平成27年度にスイッチング速度100ps以下、駆動電圧2V以下の高速低消費電力の光スイッチングを実現する。

3. 研究開発の成果

研究イメージ

光スイッチングデバイスの高速・省エネルギー化



A 高性能EOポリマー材料開発

B 高精度EOポリマー光導波路開発

C デバイス設計・開発

研究成果: 高性能EOポリマー開発

光スイッチングデバイス作製のためEOポリマーの安定的な合成、供給技術の確立、および高い電気光学特性と化学的・光学的純度に優れた材料技術を確認することが課題。

- ・本開発では、ポリマーの合成技術に着手。ベースポリマーの安定化技術を確認し、また、未反応EO色素及び低分子体の精製方法を確立した。
- ・今後は、材料作製のスケールアップと安定供給を検討する。

研究成果: 高精度EOポリマー光導波路の開発

高性能EOポリマーを光スイッチングデバイスへ応用するため、光導波路設計・作製技術を確認することが課題。

- ・本開発では、高屈折率ポリマーをクラッドに適用した光導波路設計に着手。また、クラッド材料の抵抗率調整を検討した。
- ・今後は、クラッド材料の最適化、標準化を実施し、導波路構造での特性評価を実施する。

研究成果: デバイス設計・開発技術の開発

光スイッチングデバイスの高速、低電圧化のデバイス設計・作製技術を確認し、一般的な実験室環境で安定動作することを目指す。

- ・スイッチングデバイスの基本構成を検討し、マツハ・ツェンダー干渉計型光スイッチを選択。また、高周波設計のため、種々の樹脂、ポリマーの高周波誘電率測定に着手した。今後は、設計により構造を確定させ、サンプルの作製に取り組む。

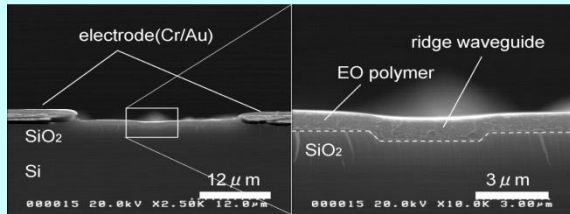
平成24年度「低消費電力高速光スイッチング技術の研究開発」の研究開発課題・成果

クラッド材料の特性調整

- ◆ 高いポーリング効率が可能な光導波路構造・材料を開発

〈課題〉 垂直型(MSL)・水平型(CPL)光導波路の作製
 ポリマー系、および無機系クラッド材料の開発
 光導波路EOポリマーの高電気光学特性の発生

〈成果〉 高速化デバイス作製のため、CPL型EOポリマー光導波路を作製
 低抵抗なポリマー系、および有機-無機ハイブリッドクラッドの開発



ポリマーの合成技術

- ◆ 高純度EOポリマーの工業的合成方法を確立

〈課題〉 スケールアップ合成でデバイス作製課題へ材料供給
 EOポリマーの耐久性向上
 通信帯波長の耐光性を評価

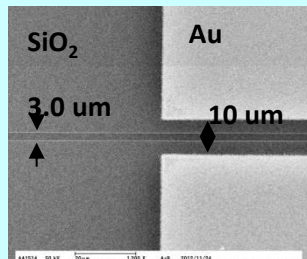
〈成果〉 高純度EOポリマーの工業的製造方法確立 (特許出願)
 ・イソシアネート法、ブロックイソシアネート法を確立
 ・安定供給可能な合成技術 (10g/バッチ)
 ・高T_g化ブロックの導入
 ・通信波長光照射実験でEOポリマーの耐光性を規格化

ポリマー光スイッチ・高周波電極の作製

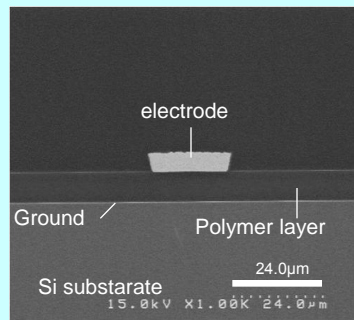
- ◆ CPL, MSL構造の高周波電極の作製

〈課題〉 ポリマークラッド上に高周波制御電極構造の設計
 金メッキ電極による高周波電極の作製
 高周波電極の電気特性評価

〈成果〉 金MSL電極を作製し、高周波低
 損失特性を確認



リッジ導波路CP電極の作製



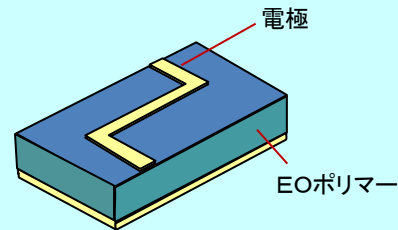
MSL構造の高周波電極

スイッチングデバイス設計

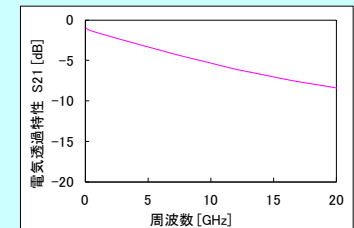
- ◆ スwitchingデバイスの構成、設計に必要な物性測定を検討

〈課題〉 ポリマーの屈折率変化などに基づくデバイス構成
 高周波電極設計

〈成果〉 高周波電極を形成し、20GHzまでの高周波特性を確認



評価用デバイス構造



周波数応答(電気 S21)

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と()内の当該年度件数です。

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	展示会	標準化提案
低消費電力高速光スイッチングデバイスの研究開発	6(6)	0	5(4)	23(16)	0	0	0

5. 今後の研究開発計画

この成果により、今後、どのような研究を行うのかを例示を上げながら、具体的、かつ簡潔に記載して下さい。

平成27年度の最終デバイス化へ向けて、平成25年度は光スイッチングデバイスを作製するために、EOポリマー、クラッド材料、および光導波路作製に関する課題を相補的に進めるとともに、デバイス構成での高周波化、低電圧化設計を進め、試作評価を通じて基本特性や高周波応答性を確認する。