

# 論文内容の要旨

博士論文題目

偏光分析 CMOS イメージセンサと  
マイクロリアクタ用 *in situ* 不斉計測システムへの応用に関する研究

氏 名 若間 範充

(論文内容の要旨)

本研究は、*in-line* 型フローセルによる *in situ* 不斉計測を目指し、偏光分析 CMOS イメージセンサを用いた *in situ* 不斉計測システムを開発し、さらにモデル反応における *in situ* 不斉計測を実証すること目的としたものである。またマイクロリアクタへの集積化の取り組みとして、小型化した *in situ* 不斉計測デバイス及び高感度化した高消光比 65 nm 偏光分析 CMOS イメージセンサの開発も目的としている。これらマイクロリアクタへの偏光分析機能の集積化により、光学活性体の *in situ* 不斉度計測を可能にする技術の実現が期待される。

第 1 章では、本論文の目的と構成を述べ、第 2 章では本研究を行うに当たり必要となる基礎的な予備知識とこれまでの研究の取組について述べている。

第 3 章では、*in-line* 型フローセルによる *in situ* 不斉計測を目指し、偏光分析 CMOS イメージセンサを用いた *in situ* 不斉計測システムを開発したことを述べている。次に多様な溶媒の温度に対する偏光角の変化を検証結果について述べる。水、エタノール、シクロヘキサンの溶媒では室温での偏光角の大きな変化はなく、偏光角の安定が確認された。シクロヘキサンを用いてモデル反応による *in situ* 旋光度計測を行った。またブランクから基質、生成物で偏光角が変化していることを確認し、*in situ* 不斉計測に成功したことを述べている。

次に第 4 章では、マイクロリアクタへの偏光分析機能の集積化に対する取り組みとして、光学系を小型化した *in situ* 小型不斉計測デバイスの開発について述べる。従来のフローセルを改良し、測定精度とメンテナンス時の組み立て歩留まりを向上させた。また小型光学素子搭載用の光学ホルダーを設計し、小型不斉計測デバイスを試作した。従来の不斉計測システムと比べ、体積比で 5.4 % まで小型化することに成功している。最後に小型不斉計測デバイスの機能実証を行い、*in situ* 旋光度吸光度同時計測に成功したことを述べている。

第 5 章ではマイクロリアクタに集積可能な *in situ* 不斉計測センサの開発を目指し、

高感度な 65 nm 高消光比偏光分析 CMOS イメージセンサを開発した。開発したセンサを用いて撮像試験を行い、センサに入射する偏光角によって撮像画像が変化することを確認した。次にセンサの消光比を測定した。画素アレイ全体に直線偏光を照射したときの消光比は 7.9 dB, 単一画素に集光したときの消光比は 20 dB 程度となり, 偏光分析 CMOS イメージセンサの性能向上に成功した。また本センサに搭載した隣接画素からの拡散キャリアを防ぐためのガードリング構造を評価した。拡散キャリアはガードリング電圧により最大 70 %まで減少していることが確認でき, ガードリングの有効性を示している。

最後の 6 章では, 本論文のまとめを行うとともに, 今後の課題と展望について述べている。

以上のように, マイクロリアクタへの統合化を目的とした *in situ* 不斉計測システムを開発し, モデル反応による実証を行い, またマイクロリアクタへの集積化を目指し, *in situ* 小型不斉計測デバイス及び高消光比 65 nm 偏光分析 CMOS イメージセンサの開発に成功した。本研究で得られた知見により, マイクロリアクタに集積化された *in situ* 不斉計測センサの開発につながるのみならず, 電子工学と反応化学を融合した新たな科学分野への発展も期待できる。

|    |       |
|----|-------|
| 氏名 | 若間 範充 |
|----|-------|

(論文審査結果の要旨)

マイクロリアクタへの偏光分析機能の集積化は光学活性体の *in situ* 不斉計測を可能にする技術として期待される。本研究では、*in-line* 型フローセルによる *in situ* 不斉計測を目指し、偏光分析 CMOS イメージセンサを用いた *in situ* 不斉計測システムを開発し、さらにモデル反応における *in situ* 不斉計測を実証した。またマイクロリアクタへの集積化の取り組みとして、小型化した *in situ* 不斉計測デバイス及び高感度化した高消光比 65 nm 偏光分析 CMOS イメージセンサを開発した。

まず、*in-line* 型フローセルによる *in situ* 不斉計測を目指し、偏光分析 CMOS イメージセンサを用いた *in situ* 不斉計測システムを開発した。次に多様な溶媒の温度に対する偏光角の変化を検証した。水、エタノール、シクロヘキサンの溶媒では室温での偏光角の大きな変化はなく、偏光角の安定が確認された。シクロヘキサンを用いてモデル反応による *in situ* 旋光度計測を行った。ブランクから基質、生成物で偏光角が変化していることが確認され、*in situ* 不斉計測を実現した。

次に、マイクロリアクタへの偏光分析機能の集積化に対する取り組みとして、光学系を小型化した *in situ* 小型不斉計測デバイスを開発した。従来のフローセルを改良し、測定精度とメンテナンス時の組み立て歩留まりを向上させた。また小型光学素子搭載用の光学ホルダーを設計し、小型不斉計測デバイスを試作した。従来の不斉計測システムと比べ、体積比で 5.4 %まで小型化することに成功した。最後に小型不斉計測デバイスの機能実証を行い、*in situ* 旋光度吸光度同時計測を実現した。

マイクロリアクタに集積可能な *in situ* 不斉計測センサの開発を目指し、高感度な 65 nm 高消光比偏光分析 CMOS イメージセンサを開発した。開発したセンサを用いて撮像試験を行い、センサに入射する偏光角によって撮像画像が変化することを確認した。次にセンサの消光比を測定した。画素アレイ全体に直線偏光を照射したときの消光比は 7.9 dB、単一面素に集光したときの消光比は 20 dB 程度となり、偏光分析 CMOS イメージセンサの性能向上を確認した。また本センサに搭載した隣接画素からの拡散キャリアを防ぐためのガードリング構造を評価した。拡散キャリアはガードリング電圧により最大 70 %まで減少していることが確認でき、ガードリングの有効性を示した。

以上のように、マイクロリアクタへの統合化を目的とした *in situ* 不斉計測システムを開発し、モデル反応による実証を行い、またマイクロリアクタへの集積化を目指し、*in situ* 小型不斉計測デバイス及び高消光比 65 nm 偏光分析 CMOS イメージセンサに成功した。本研究で得られた知見により、マイクロリアクタに集積化された *in situ* 不斉計測センサの開発につながるのみならず、電子工学と反応化学を融合した新たな科学分野への発展も期待できる。その成果は、学術的に新しい知見を見出していると判断され、審査委員一同は、本論文が博士(工学)の学位論文として価値あるものと認めた。