

電子・情報工学専攻	学籍番号	089305	指導 教員	石田 誠
申請者 氏名	山崎 智幸			澤田 和明

## 論文要旨 (博士)

論文題目	集積化電気化学センサに関する研究
------	------------------

(要旨 1,200 字程度)

電気化学は化学分野と電気工学分野に密接に関わっている。その応用分野は、エネルギー、環境、医療・生化学分野に及ぶ。集積化電気化学センサは、小型化・高機能化・多画素化が期待され、センサ電極とポテンシオスタット及び駆動回路を 1 チップに搭載する提案がなされているものの、完全な一体化は実現されていない。

電気化学センサを一体化する上での課題の 1 つに、電気化学センサと標準 CMOS プロセスとの整合性が低いことが挙げられる。電極材料として標準 CMOS プロセスで扱われない白金などの貴金属や炭素が用いられるためである。電極を精度よく作製するためには、CMOS プロセスから電極形成(ポスト CMOS プロセス)までをウェハレベルで実現することが理想である。多くの研究機関が製造をファンドリに委託して CMOS を製造しており、チップレベルで電極を加工することが多いため、位置合わせの問題が小型化を制限していた。また参照電極には一般的にガラス参照電極が用いられており、安定性を保ちながらの小型化が難しいという課題もあった。

本研究では、学内の LSI 工場を用いて CMOS からポスト CMOS プロセスまで一貫して行うことでプロセス上の課題を解決した。ポテンシオスタットを構成するオペアンプを負荷に応じて最適化し、冗長設計やプロセス数を減らす工夫をして、電気化学センサの小型化に伴う問題に取り組んだ。回路評価を行い、回路の正常動作を確認し、パッケージングした。電極表面を洗浄した後に、参照電極として Ag/AgCl インクを塗布、乾燥させて参照電極を一体化した。電極の洗浄方法を検討し、参照電極の安定性を確認した。サイクリックボルタンメトリにより標準試料の測定が行えることから、集積化電気化学センサの動作を確認した。続いてポテンシオスタットを駆動する三角波をチップ上のオペアンプを用いて発生させ、サイクリックボルタンメトリを行った。幾つかのディスクリート素子を除き、電気化学測定の機能を集積化することで、一体化技術を進めることができた。

アプリケーションとして、バイオ計測、アレイ化を示した。まずバイオ計測としてグルコース、乳酸の濃度計測を行った。さらに 1 チップ上に 2 種類の酵素を塗り分け、複数の項目が同一チップで測定できることを示した。次に作用電極をアレイ化して電気化学測定を行った。チップ上に搭載したシフトレジスタ及びアナログスイッチで、チップ上の電極を交互に切り替えて測定した。2×4 画素の素子で、画素ごとに正常なサイクリックボルタンメトリを確認した。

まとめると、本研究では小型で高機能の電気化学センサを実現するため、集積化電気化学センサを製作・評価した。グルコース計測、乳酸計測というバイオセンサ応用を示した。また、アレイセンサ応用を提案し、2×4 画素でサイクリックボルタンメトリを確認した。本研究で得られた技術を用いて、酸化還元に起因する反応電流を 2 次元的に見られるユニークなセンサの実現が期待される。