

修士学位論文要約（令和4年3月）

小型化学イメージセンサシステムの光学系に関する研究

原 史弥

指導教員：吉信 達夫， 研究指導教員：宮本 浩一郎

Research on Optical Systems for the Miniaturized Chemical Imaging Sensor System

Fumiya HARA

Supervisor: Tatsuo YOSHINOBU, Research Advisor: Ko-ichiro MIYAMOTO

LAPS (Light-Addressable Potentiometric Sensor) is one of the chemical sensors based on semiconductor. LAPS can measure the ion concentration and it can also acquire the two-dimensional pH distribution in a sample by illuminating and scanning the sensor with a modulated light beam. In the previous study [1], a setup using a small OLED display panel as a light source was proposed to reduce the size of the LAPS measurement system. But this setup had problems with the accuracy of measurement and spatial resolution due to the low intensity of light and spread angle of the light from the display panel.

In this study, we proposed a new configuration of OLED-LAPS system to improve the accuracy of measurement and an optical lens system was introduced to improve the spatial resolution by focusing the light from the display panel onto the sensor plate. The new OLED-LAPS system drastically improved the accuracy of measurement and the lens system enabled detailed imaging.

1. はじめに

LAPSとは半導体化学センサの一種であり、センサ裏面を変調光で照射し、スキャンすることによって、センサ上のイオン濃度分布を取得できる。LAPSの構成要素にはセンサに光を照射する光源装置が必要不可欠であるが、光源装置の大きさやコストはLAPSの利便性を追求するうえで大きな障害となっている。

先行研究では光源装置に小型のOLEDディスプレイパネルを用いたLAPSシステムが提案された。それによってシステムの小型化には成功したが、小型ディスプレイを用いたことによる照射光強度の弱さや、照射光の拡がりが原因で、測定精度や空間分解能に課題が残った。

そこで本研究では従来よりも高精度に測定が行えるOLED-LAPSシステムの構築と、照射光の拡がりを抑え、イメージング時の空間分解能を向上させる光学系について検討を行った。

2. システム構成

図1に本研究で構築したシステムの構成図を示す。本システムはOLEDディスプレイパネルおよび計測ボードのハードウェア部、溶液セル、3極構成を含む測定回路、システムの制御を行うPCプログラムの4つの構成要素で構成されている。また、システム全体は遮光と電磁シールドのためにアルミ

フレームで作製したシールドボックスに覆われている。完成したシステムの寸法は180×140×225 mm³であり、手で持ち運び可能である。

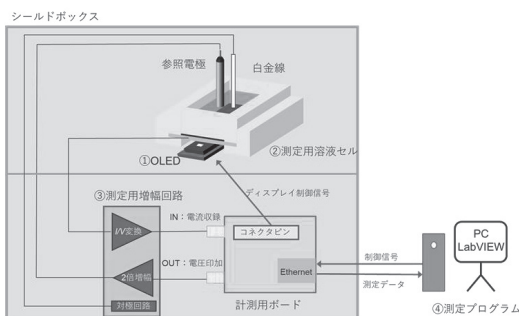


図1 システム構成

本研究ではセンサの厚さの変更や測定回路に対極回路を導入することによってシステムの測定精度を向上させることに成功した。

3. 縮小投影光学系

図2に本研究で構築した縮小投影光学系を示す。縮小投影光学系をOLEDディスプレイパネルとセンサの間に設置することで、光学系中心部にある2枚の複合レンズが照射光を集光、屈折させ、センサ裏面にディスプレイ光の縮小投影像を結

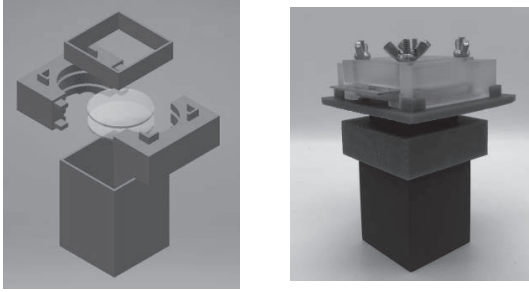


図2 縮小投影光学系

像する。この光学系を導入することでディスプレイから拡がって照射されていた光が結像点に集光されるため、イメージングの空間分解能が向上する。また、画素数を減少させずに測定領域を縮小できるので、狭い範囲を高画素にイメージングすることが可能となる。なお、縮小倍率は OLED/複合レンズ間距離、複合レンズ/センサ間距離を適切に変更することで自由に設定できる。

4. 縮小投影光学系使用による空間分解能の向上

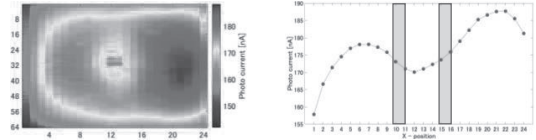
縮小投影光学系の使用による、システムの空間分解能の変化を確認するために、図3に示す、フォトレジストで作製したテストパターンのイメージングを行った。テストパターンは中心間隔が4 mmになるように4つの長方形を向かいあうように設置した。



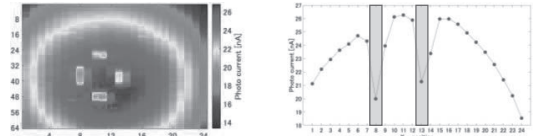
図3 テストパターン

縮小投影光学系使用の有無や、縮小投影倍率によるテストパターンのイメージング結果の違いを図4に示す。イメージの右に示してあるグラフは、イメージ上でパターンが確認できている部分の中心行の電流値分布である。なお、イメージングは画素数 24×64 pixels で行った。

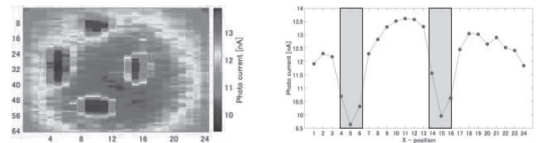
結果からは光学系使用前はイメージ上で確認できなかったテストパターンが、光学系使用後ではイメージ上ではっきりと確認できるように変化したことが分かる。これは光学系がシステムの空間分解能を向上させたことを示している。



(a) 縮小投影光学系使用なし



(b) 等倍結像



(c) 0.5倍結像

図4 テストパターンのイメージ

また、縮小投影倍率を等倍に設定したイメージと0.5倍に設定したイメージを比較するとイメージ上でパターンが拡大されていることが確認できる。イメージ右の電流値分布グラフにおいて、等倍結像時はパターンの幅の内側の測定点が1点しかないのに対して、0.5倍結像時は3点あることが確認できる。これらの結果は縮小投影倍率を減少させることでより狭い測定範囲を高い画素密度で測定できることを示している。

5. まとめ

センサ基板厚さの変更や対極を含む回路構成の導入などを行うことにより従来よりも高精度で測定が行える小型 OLED-LAPS システムを構築した。新システムは従来のシステムと比較してイメージング時の測定値のばらつきの標準偏差を約 1/5 以下に低減することができる。

また、光学レンズを用いたディスプレイ光の縮小投影光学系を開発した。縮小投影光学系を使用することで空間分解能や測定範囲当たりの画素数を向上させることができた。

参考文献

- 1) C. F. Werner, T. Wagner, K. Miyamoto, T. Yoshinobu, M. J. Schöning, 'High Speed and High Resolution Chemical Imaging Based on a New Type of OLED-LAPS Set-up' Sensors and Actuators B, vol. 175, pp. 118-122 (2012).