The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	レーザ走査型半導体pHイメージセンサの開発
Author(s)	中尾, 基
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39117
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【20】

氏　　名	中尾　基（なかお　もとい）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学位記番号	第　11866　号
学位授与年月日	平成7年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻
学位論文名	**レーザ走査型半導体pHイメージセンサの開発**
論文審査委員	（主査） 教授　岩崎　裕 教授　樹下　行三　教授　増原　宏　教授　志水　隆一 教授　河田　聡　教授　一岡　芳樹　教授　中島　信一 教授　興地　斐男　教授　後藤　誠一　教授　豊田　順一 教授　八木　厚志　教授　石井　博昭

論文内容の要旨

本論文は，微生物や細胞などの代謝活動によるpH分布のミクロスコピックな観察を目的として，センサ面に接している溶液などの二次元的なpH分布を観察できるレーザ走査型半導体pHイメージセンサの開発，応用，及び特性向上について行われた研究結果をまとめたもので，6章から構成されている。

第1章は序論で，半導体を用いたバイオセンサについてまとめ，Light-Addressable Potentiometric Sensor (LAPS) が光照射領域のみのpH値を読み取れることに着目して，集光レーザ光を二次元的に走査することによりpHの二次元分布測定の可能性を明らかにし，本研究の意義と目的を明らかにしている。

第2章では，pHの二次元分布を測定する装置を開発するための設計思想と装置構成について述べている。

第3章では，pHイメージセンサの動作原理及び特性を理論的に考察し，実験と比較している。等価回路により，外部バイアス電圧に対して，容量－電圧曲線よりも光電流－電圧曲線の方が急峻に変化することを導き，本測定方法が高感度にpH測定できることを示している。また，光電流－電圧曲線の溶液のpHによる電圧軸方向のシフトは，センサ面／溶液に発生する界面電位によることを示している。この界面電位とpHとの関係は，溶液のpHに応じてH^+が，Si－OH基および$Si-NH_2$基に結合する表面吸着席モデルで説明でき，本センサのpH応答における広い範囲での直線性を明らかにしている。

第4章では，開発したpHイメージセンサの応用例として，微生物コロニーによる寒天培地上のpH二次元分布の検出について述べている。酵母菌，大腸菌，及び超純水中に存在する*P. diminuta*コロニーを検出できることを確認し，特に大腸菌に関して，目視で計数できないような8時間の短時間培養で検出できることを示している。

第5章では，pHイメージセンサの性能のうち，特に重要な空間分解能の向上について述べている。光生成した少数キャリアの拡散に基づいて，検出信号強度および空間分解能の，シリコン基板厚さ，少数キャリアの拡散長，及び照射光の波長依存性を明らかにするモデルを与え，このモデル計算を基に最適化を行い，実験的に最大10μmの空間分解能を得ている。得られた10μm程度の空間分解能は，微生物のミクロスコピックな代謝活動の観察に道を開くものである。

第6章では本研究についてまとめ，今後の展望について述べている。

論文審査の結果の要旨

微生物や細胞などの代謝挙動のミクロスコピックな観察を可能にする半導体バイオセンサの実現は，バイオ科学及びバイオエレクトロニクスにとって大きな意義がある。本論文は，センサ面に接している溶液などの二次元的なpH分布を画像化できるレーザ走査型半導体pHイメージセンサの開発，応用，及び特性向上を行った結果をまとめたもので，その主な成果を要約すると次の通りである。

(1) シリコン基板表面に形成されたシリコン窒化膜表面のSi−OH基および$Si-NH_2$基の，表面に接する溶液のpHに対する広い範囲での直線的な表面ポテンシャル応答性を明らかにし，このpH応答性と集光レーザ光の二次元的走査を組み合わせることにより，pHの二次元分布を測定する装置の開発に初めて成功している。

(2) 開発したpHイメージセンサの動作原理及び特性を理論的に解析し，実験とも比較して，光信号電流−外部バイアス電圧曲線が急峻に変化することを明らかにし，本測定方法により高感度にpHの測定が可能なことを示している。

(3) 開発したpHイメージセンサを用いて，酵母菌，大腸菌，及び超純水中に存在する*P. diminuta*の寒天培地上のコロニー周辺のpH二次元分布を実際に画像化し，特に大腸菌に関して，目視できないような8時間の短時間培養でもコロニーの検出ができることを示している。

(4) pHイメージセンサの特性について，光生成少数キャリアの拡散に基づいて，検出信号強度および空間分解能の，シリコン基板厚さ，少数キャリアの拡散長，及び照射光の波長依存性を明らかにするモデルを与え，このモデル計算を基に最適化を行い，実験的に最高10μmの空間分解能を得ている。

以上のように，本論文はミクロスコピックなpHの二次元分布の観察を可能にする半導体バイオセンサの開発に成功し，その動作原理を解析し空間分解能などの特性向上を行い，実際微生物コロニーの周辺のpH分布の画像を得ており，応用物理学，特に半導体バイオセンサ工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。