

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 3 月 31 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2012

課題番号：21560445

研究課題名（和文） 複合型擬似生体膜を用いた光ファイバ味覚センサに関する研究

研究課題名（英文） The optical fiber taste sensor using the artificial biological film

研究代表者

森澤 正之（MORISAWA MASAYUKI）

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・教授

研究者番号：30220049

研究成果の概要（和文）：本研究は、軽量でフレキシビリティが高く、電磁障害に強く、軽量で化学的機能性を付与しやすいという特長を有するプラスチック光ファイバ(POF)に注目し、味物質の光学的な検出を目指している。その結果、膨潤性ポリマを用いたリーキー・導波変換型 POF を用いることで、味覚に関連する化学物質の検出が可能であることを示した。さらに本研究では、クラッドの透明度などの光学特性を調整することによって POF センサの感度向上を行った。

研究成果の概要（英文）：We have developed POF taste sensors because they have many advantages such as low-cost, easiness in handling, immunity to electromagnetic interference and easiness in adding new chemical functions. The proposed sensor is based on the POF structure changing from a leaky-POF to a guided-POF because of the changes in the refractive index caused by swelling of the cladding polymer for taste substances. In this study, to investigate the effect of the clad transparency condition, we fabricated POF humidity sensors, which have different transparent cladding. The results indicate that the sensitivity of the sensor was improved by using the dye-doped swelling polymer clad.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010 年度	800,000	240,000	1,040,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
2012 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：プラスチック光ファイバ・味覚センサ・膨潤性ポリマ・LB膜

1. 研究開始当初の背景

近年、コンピュータを中心とした情報処理技術の発達に伴い、人間の五感に対応するセンサへの要求が高まってきた。現在、視覚、聴覚、触覚に対応する光、音、圧力のセンサは広く利用されており、残りの感覚である味

覚、臭覚に関するセンサの研究も活発に行われている。

味覚は多くの種類の化学物質が作用して生じるために、それを検出するセンサは複数種類のセンサを組み合わせたマルチチャンネル型のセンサにする必要がある。現在広く研

究されている味覚センサは、脂質を混入させたポリマ膜の膜電位を測定するものや、金属電極や有機薄膜のボルタンメトリを用いるものなどの電気化学的センサがほとんどであるが、このような電極タイプのセンサヘッドでは、複数個束ねたときにセンサヘッドが大型化し、携帯可能にするなどの小型は困難である。

2. 研究の目的

マルチチャンネル型センサの小型化の一方法は光ファイバセンサの活用である。光ファイバセンサ特にプラスチック光ファイバ(POF)センサは、電磁障害に強く、軽量でフレキシビリティが高く、化学的機能性を付与しやすいなどの特長を有している。

POF味覚センサを実現するうえで有望な一つの方法は、ファイバ端やクラッドに電位感受性色素を含む配向性を持った脂質膜を用いてセンシング層として用いるものである。特に配向させた単分子膜を一層ずつ累積するLB膜は生体膜に類似しているために、高い味覚感受性が期待できる。また他の方法として、クラッドに膨潤性ポリマなどの機能性を持ったクラッドを用いることで味物質を検出することも有望である。

そこで本研究は、味物質の光学的な検出をおこなうために、膨潤性ポリマクラッド型POFセンサシステムおよびLB膜を用いた小型軽量のPOFセンサシステムの開発を試みるものである。

3. 研究の方法

本研究はPOF味覚センサの作成するために、センシング層として蛍光色素であるローダミンB-C18を含むLB膜をクラッド層に持つものと、膨潤性ポリマをセンシングクラッド層に持つものの2種について行った。

(1) LB膜型センサ

センサをファイバ型にする前の基本特性を調べるために、ガラス基板(1cm×2cm×1mm)上に電位感受性色素であるヘキサデシル基を付加したローダミンB色素(Rh B-C18)とアラキンの混合LB膜を累積したものをセンサ素子とした。これまで、このLB膜上に各種脂質膜を上層修飾層として数分子層累積することによって感度の向上が得られている。そこで本研究では、その最適化を目指した。さらに、Rh B-C18の配向方向をそろえることによる高感度化の可能性を探るため、Rh B-C18とアラキンの混合単分子膜とアラキン単分子膜を交互に積層するヘテロ構造のLB膜を作成し、その苦み物質に対する応答を調べた。

(2) 膨潤性ポリマ型POFセンサ

味物質に関連して、アルコール飲料に含まれるエタノールを検出するために、アルコールにより膨潤を示すノボラック樹脂をクラッドとしたPOFセンサを作成した。低屈折率ポリマであるPVDFをドープしてクラッドの屈折率をコアのそれに近づけて感度の向上を図り、アルコール飲料の測定を行った。

また、本タイプのPOFセンサの感度と応答速度の向上を目指すため、クラッドポリマの透明度に注目した。透明度を変えるために、色素をドープする方法と白濁化することにより光散乱を増加させる方法の2種を行い、センサと感度との関係を調べた。

4. 研究成果

(1) アラキンの酸と電位感受性を持つRh B-C18を混合したLB膜をセンシング層としたセンサを作成し、その苦味に対する応答特性を測定した。これまで、色素ドープ層を5層以上累積したものについては研究してきたが、本研究では、3層以下のものに、ステアリン酸メチルを数層程度上部修飾層として累積したLB膜を作成して、薄膜化の効果を検討した。結果を図1に示す。累積総数の違いによりセンサ応答が異なり、特に色素層1層、修飾層2層のセンサが最も感度が高かった。以前の研究結果と比較して、累積層数と感度には依存性があることを明らかにしたが、定量的な解析は今後の研究で明らかにする必要がある。

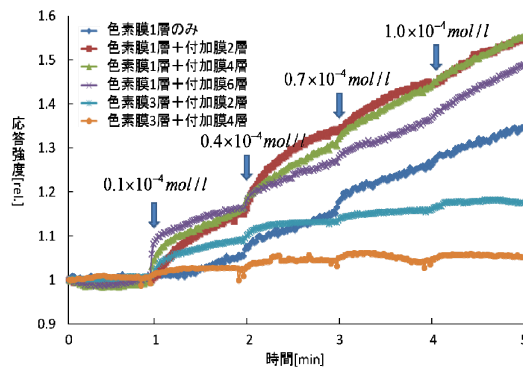


図1 修飾層を持つLB膜味覚センサの応答特性

(2) センシングクラッド層として、電位感受性色素を含んだ単分子膜と含まない単分子膜を交互に積層したヘテロLB膜を作成し、その味物質に対する蛍光強度特性を測定した。これは、色素分子の配向方向を一方向にすることにより、感度の向上を目指すためである。

ヘテロLB膜の作成は、Rh B-C18とアラキンの混合単分子膜と、アラキン単分子膜とを交互に累積することによって行

った。このヘテロ LB 膜をガラス基板の上に 5 層~9 層累積し、POF によって蛍光を採光し光電子増倍管で測定を行ったところ、苦味物質である、キニーネに対して、その蛍光強度に変化が見られた。これまで用いていたホモ型のローダミンB色素とアラキンの混合LB膜と比べると、やや感度が高くなることが確認された。しかしながら、ヘテロ LB 膜製膜装置が自作のため、ヘテロ構造の LB 膜の製膜性が良くないため、測定結果の再現性等が悪く、データの信頼性が乏しい。改良を試みたが、十分な結果が得られず、今後の製膜装置を改良が必要とされる。

(3) 味物質に関連して酒類の検出のためエタノールに反応するリーキー・導波変換型 POF センサを作成し、その応答を測定した。

リーキー・導波変換型 POF センサとは、検出対象に対して膨潤を生じるポリマをクラッドに持つ POF である。クラッドポリマは膨潤することによりその屈折率が変化する。コアクラッド間の屈折率差を調整して、クラッドの屈折率変化がコアの屈折率をまたがるようにすると、POF の動作は検出対象の有無によりリーキーモードから、導波モードへ変わることになり、その透過光強度を大きく変化させる。本研究では膨潤性ポリマとしてノボラック樹脂を用いた。図2に水中アルコール濃度に対する POF センサ応答を示す。図より明らかなように、アルコール濃度が5%以下まで測定が可能である。そこで、実際のアルコール飲料の識別を行った。測定結果を図3に示す。酒類の違いにより POF センサの応答は大きく異なり、その識別が可能であることが明らかになった。

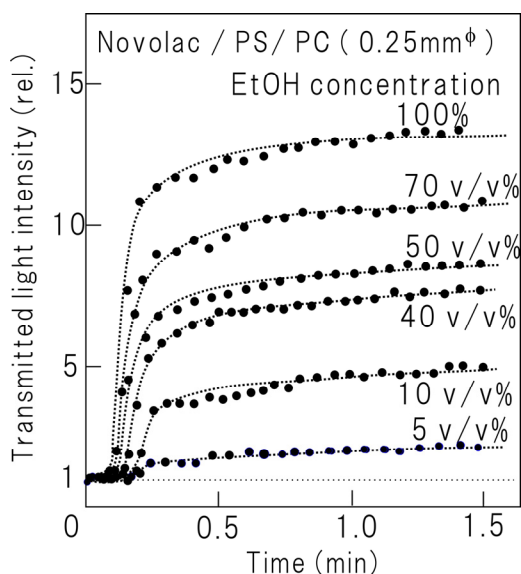


図2 膨潤性ポリマ型 POF アルコールセンサの水中アルコールに対する応答

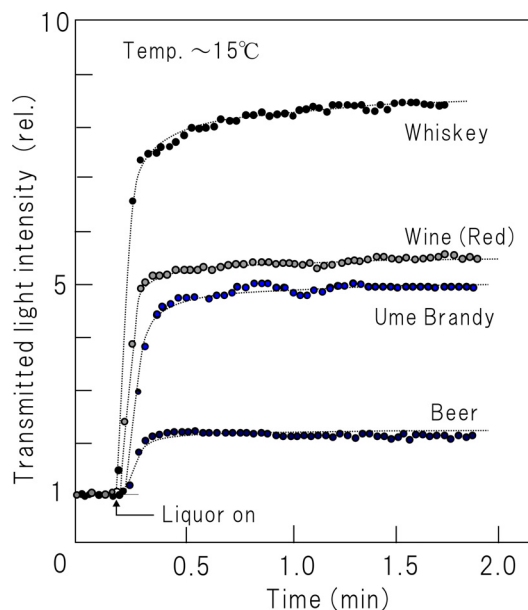


図3 POF アルコールセンサによる酒類の識別

(4) 味物質とは直接の関連はないが、メタンガス、プロパンガス、湿度に対して検出が可能な膨潤性ポリマクラッドを利用した POF 型センサの改良を試みた。いずれも POF センサの有用性を示すことができ、味覚センサへの応用が期待できる。特に、リーキーモード時にクラッドに漏れた光をコアに戻さないようにするために、クラッドを白濁化させることと、クラッドに青色色素をドーピングすることは、クラッドに漏れた光を吸収させることができ、感度の大幅な向上を得ることができた。図4および図5にその結果を示す。

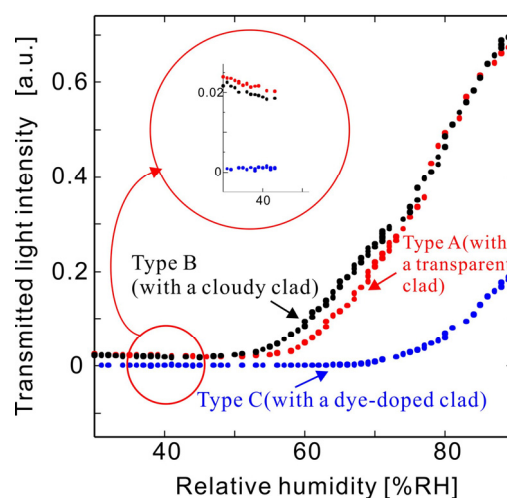


図4 白濁化クラッドを持つ POF 湿度センサの感度特性

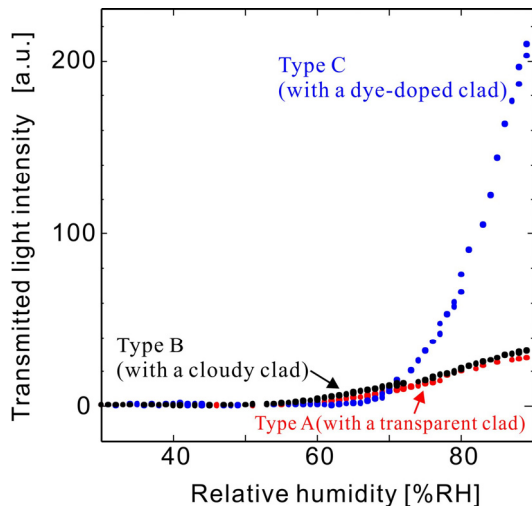


図5 色素ドープ POF 湿度センサの感度特性

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

1. Shigeaki Kato and Masayuki Morisawa, “Effect of the clad transparency condition in POF humidity sensors with the swelling polymer clad”, The 22nd International Conference on Optical Fiber Sensors Proceedings (Proc. of SPIE Vol. 8421), 査読有, 84215Z-1 -- 84215Z-4, (2012)
2. Masayuki Morisawa and Shinzo Muto, “Plastic Optical Fiber Sensing of Alcohol Concentration in Liquors”, 査読有, Journal of Sensors Volume 2012, Article ID 709849, 5 pages, (2012)
3. M. Morisawa, N. Tanaike, S. Honma, “DEVELOPMENT OF POF ALKANE SENSOR WITH CLADDING LAYER CONSISTING OF A PHOTOPOLYMER AND A SWELLING POLYMER”, Proc. of the 20th International Conference on Plastic Optical Fibers, 査読有, pp. 551-555, (2011)
4. Masayuki Morisawa, Yoichi Natori, Tomohito Taki, Shinzo Muto, “Recognition of Devoiced Vowels Using Optical Microphone Made of Multiple POF Moisture Sensors”, Electronics and Communications in Japan, 査読有, Vol. 93, No. 9, pp. 12-18, (2010)

5. Masayuki Morisawa and Haruyuki Yokomori, “Improvement in The Sensitivity of Dye-Doped POF Type Moisture Sensor”, Proc. of IEEE Sensors 2010 Conference, 査読有, pp. 508-511, (2010)

6. Haruyuki Yokomori, Satoshi Honma, Masayuki Morisawa, “The Response Improvement of The Phthalocyanine Dye Doped Swelling Clad Type POF Moisture Sensor”, Proc. of The 19th International Conference on Plastic Optical Fibers, 査読有, Paper No. SE1-5, (2010)

〔学会発表〕(計4件)

1. 加藤 繁明, 森澤 正之, “クラッドの吸光度に着目した膨潤性ポリマクラッド型 POF 湿度センサの改善”, 第 59 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 東京都早稲田大学, 17a-F3-6 (pp05-138), 2012. 3. 15-18
2. 加藤 繁明, 横森 治幸, 本間 聡, 森澤 正之, “フォトポリマ添加膨潤性クラッドを用いた POF 湿度センサの作製”, 第 58 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 神奈川県神奈川工科大学, 24a-KU-10 (pp02-010), 2011. 3. 24
3. 棚池直輝, 本間聡, 森澤正之, “フォトポリマと膨潤性ポリマを混合したクラッドを用いた POF アルカンガスセンサ”, 日本光学会年次学術講演会, 10pG1, 東京都中央大学, 2010. 11. 8
4. 横森 治幸, 森澤 正之, “ディップコーティング引き上げ速度制御による膨潤性クラッド型 POF 呼気センサの応答改善”, 光ファイバセンサ国際会議(OFS)日本委員会 光応用計測の最前線(第61回 東工大 精密工学研究所シンポジウム), 東京都東京工業大学, P-20 (pp. 103-104), 2010. 07. 22

〔その他〕

関連ホームページ:

1. www.ccn.yamanashi.ac.jp/~morisawa/
2. <http://erdb.yamanashi.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森澤 正之 (MORISAWA MASAYUKI)
山梨大学・大学院医学工学総合研究部・教授
研究者番号: 30220049

(2)研究分担者
なし

(3)連携研究者
武藤 真三
研究者番号：30220049

本間 聡 (HONMA SATOSHI)
山梨大学・大学院医学工学総合研究部・准教授
研究者番号：70362085