

技術ノート

光導波路型SPRセンサによるシヨ糖水溶液濃度の測定

Measurement of sugar concentration in aqueous solution with Waveguide SPR sensors

上野武司* 加沢エリト* 佐々木智恵*

1. はじめに

SPR (表面プラズモン共鳴) センサは、表面プラズモン共鳴現象を用いたものであり、液体の屈折率に依存した出力結果が得られるセンサである¹⁾。そのため、屈折率の異なる液体を識別したり、液体の濃度を測定することが可能である。

我々は、SPRセンサとして樹脂系材料による光導波路構造のセンサを試作してきた²⁾。その概略を図1に示す。

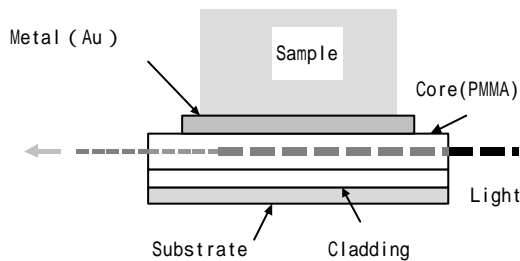


図1 光導波路型SPRセンサ

本研究では、コア材料としてPMMA (ポリメチルメタクリレート) を使用した光導波路構造のSPRセンサヘッドを試作した。PMMAをコアにした場合、アセトン等の溶媒において使用できない等の制限があるが、透明性が高く、加工性が容易でかつ安価である点に着目し選択した。また、光導波路の構造は、従来の埋め込み型光導波路に代え、クラッドの上にコアを積層した装荷型構造とした。この構造は、樹脂材料で形成が可能である。

試作したセンサヘッドに白色光を導入し、水、シヨ糖水溶液の波長特性を測定した。その結果、試作したセンサは、液体の識別、濃度識別等が行えた。

さらに、単波長の特性に着目し、その特性を利用したLED光源によるSPRセンサユニットを試作した。光導波路型SPRセンサの光源としてハロゲンランプやレーザの代わりにLEDを使用することにより、液体の識別機能を有する廉価なセンサが実現できた。

*電子技術グループ

2. 実験方法

PMMAコアによる光導波路型SPRセンサを試作し、水、シヨ糖水溶液の波長特性を測定した。

光導波路は、装荷型構造を持つ。コアの断面は幅2mm×高さ2mmの正方形であり、長さは30mmである。金属薄膜は金を使用し、膜厚50nm、長さ10mmに作成した。

センサヘッドの作製手順は、以下の通りである。まずシリコン基板の上にスピコート法によりクラッドとなる樹脂を成膜した。その上にコアを積層した。金はコア3面(上面1面及び側面2面)に対して斜め方向から真空蒸着により成膜した。その際、ステンシル・マスクを使用して、成膜領域を決めている。

試作したセンサヘッドに、2mmのプラスチック光ファイバを介してハロゲンランプや光スペクトラムアナライザを接続した。このセンサシステムを用いて、水、シヨ糖水溶液の波長特性を求めた。

3. 実験結果

試作したセンサヘッドを使って、空気、水及びシヨ糖水溶液における光強度を測定したのが、図2である。

この光強度の値には、センサのコアの透過損失、光ファイバとの接続損失の影響がある。そこで、この影響を取除くために、空気の値で、水及びシヨ糖水溶液の結果を正規化する。正規化した結果を図3に示す。

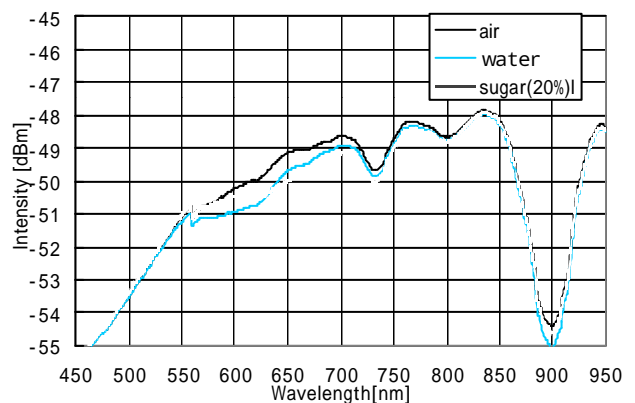


図2 空気、水、シヨ糖水溶液(20%)における光強度

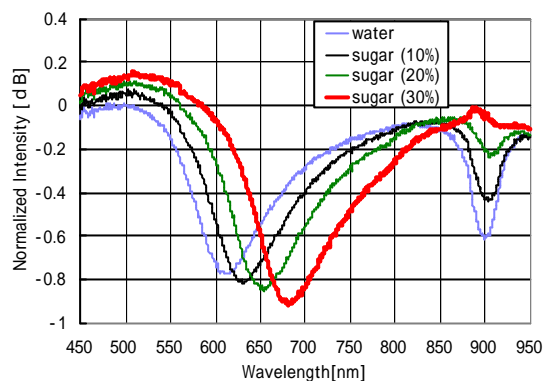


図3 水及びシヨ糖水溶液の波長特性

シヨ糖水溶液の濃度を上げると、屈折率は上昇する³⁾。そのため、共鳴が強く現れた最大損失を示す波長は、長波長側へとシフトする。この最大損失を示す波長を測定することにより、液体濃度の識別が可能である。

図3の波長特性で、波長550~700nmの範囲について着目したのが図4である。

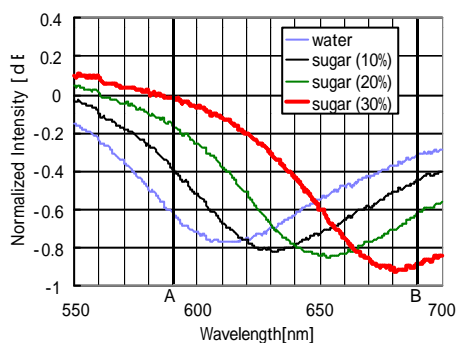


図4 シヨ糖水溶液の波長特性 (=550~700nm)

図4において、位置Aの波長590nmでの光強度を見ると、シヨ糖水溶液の濃度が増加すると、規格化強度が増加している。また位置Bの波長690nmでは、逆に濃度の増加に対して、強度は減少している。この濃度と規格化強度の関係を表したのが図5である。

図5に示すように、単波長に着目した場合、規格化強

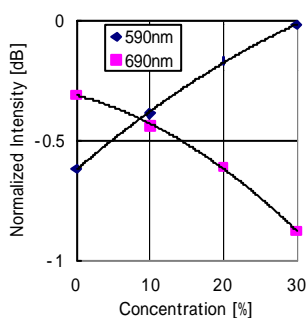


図5 シヨ糖水溶液濃度と規格化強度の関係

そのため、単波長のSPRの特性を利用しLEDに光源によるSPRセンサユニットを試作した。回路を図6に示す。

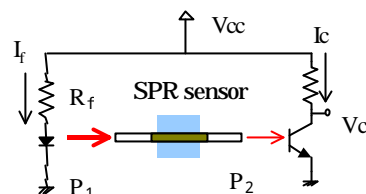


図6 LED光源によるSPRセンサの回路図

発光源には高輝度LED (発光波長 =590nm, 輝度1000mcd), 受光部にはフォトトランジスタを用いた。その結果、試作したセンサユニットによって、シヨ糖水溶液の濃度の測定を行うことができた。

このセンサユニットは、1個のLEDのみならず発光波長の異なるLEDを複数用いることにより、いくつかの波長のSPR特性を測定することができ、液体識別の機能を向上させることが可能と思われる。

5. まとめ

PMMAをコアにもつ樹脂系光導波路型SPRセンサヘッドを用いて、白色光を導入させたときの水、シヨ糖水溶液の波長特性を測定した。その結果、最大損失を示す波長がシヨ糖水溶液の濃度によりシフトすることから、液体濃度識別が可能であることが分かった。また一つの波長に着目したとき、規格化強度が濃度に依存している。

これらの結果から、光源にLEDを用いた小型で廉価なSPRセンサユニットを試作した。試作したセンサユニットはシヨ糖水溶液濃度の識別ができた。

なお本研究は、中小企業事業団「ものづくり試作開発支援センター整備事業」の一環として実施したものであり、現在中小企業と共同で研究を進めている。

参考文献

- 1) 永田和宏, 半田宏編: 生体物質相互作用のリアルタイム解析実験法 - BIACOERを中心に, シュプリンガ・フェアラーク東京(1998).
- 2) 上野武司, 加沢エリト, 佐々木智恵, 篠田勉, 古澤寛子: 東京都立産業技術研究所研究報告, 2,143 - 144 (1999).
- 3) (株)アタゴ: 屈折計データブック(1999).

(原稿受付 平成12年8月1日)