

薄膜光導波路型グルコースセンサー

南谷 晴之*・松本 邦裕*・山 本 剛***,***

多食、運動不足、ストレスなど近年のライフスタイルの変化により、糖尿病に代表される成人病患者数は増加している。簡便かつ正確・迅速な生体化学量の計測は、個人の健康管理および医療分野における大きな課題のひとつである。すでに数多くの生体用光センサーが提案、試作されているが、筆者らは光集積回路の作製技術の向上に着目した光導波路型生体化学量センサーを試作し、センシング特性を検討している¹⁾。本報ではグルコースをセンシング対象とした基礎動作特性を報告する。

1. 光導波路型センサーの構成と動作原理

試作したセンサーの基本構造を図1に示す。3層構造の光導波路であり、被センシング層はトップ層である。導波層の膜厚はミクロンオーダー以下であり、単一モー

ド型光導波路である。コア層からのエバネセント光がトップ層上の滴下したグルコース溶液に吸収される。グルコースの吸収波長帯と水の吸収波長帯はともに赤外域に存在し、互いに近接している。酵素反応の一環であるグルコースオキシダーゼ・ペルオキシダーゼ(GOD-POD)法を用いてグルコース溶液を赤色呈色させると波長500 nm付近に吸収極大がみられる(図2)。そこでArレーザー($\lambda=488 \text{ nm}$)を光源として用いることが可能である。

2. センシング特性

図3に導波路上に溶液を滴下した際(左側矢印)に得られる出力応答の一例を示す。図4に感度の導波距離(吸収媒質長)依存性を示している。導波層の膜厚は600 nmである。縦軸のRIはグルコース濃度に対する相対光強度であり、図3の出力応答の定常値(右側矢印)を初期値(左側矢印)で規格化した値である。本センサーはグルコースの吸光特性を用いているため、吸収媒質長の増加やグルコース濃度の上昇に対してRIが減

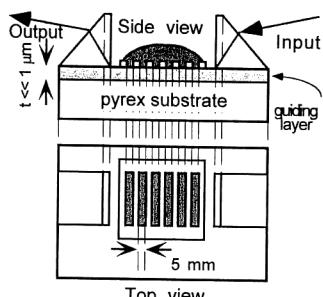


図1 グルコースセンサーの構造。

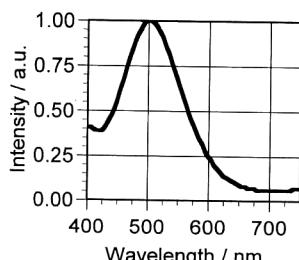


図2 GOD-POD法により呈色させたグルコース溶液の吸収スペクトル。

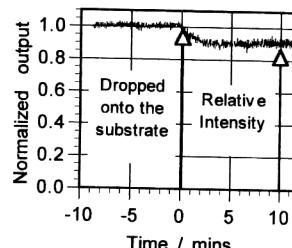


図3 グルコースセンサーの出力強度の時間依存性。

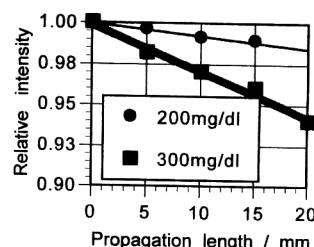


図4 グルコースセンサーの感度特性(吸収媒質長依存性)。

慶應義塾大学大学院理工学研究科*生体医工学専攻、**物質科学専攻(〒223 横浜市港北区日吉 3-14-1)

***現(株)日立製作所中央研究所メディカルシステム研究部(〒185 国分寺市東恋ヶ窪 1-280)

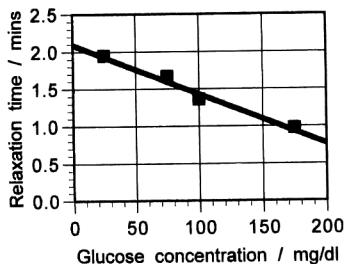


図5 出力波形緩和時間のグルコース濃度依存性。

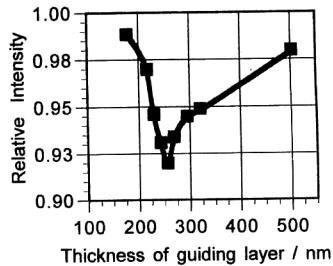


図6 グルコースセンサー感度の導波路厚依存性。

少する。

図3に示した出力応答によれば、溶液滴下後の出力強度が定常値に達するには数分を要している。出力強度が減衰が指数関数的であると仮定し、カーブフィッティングから求めた緩和時間の濃度依存性を図5に示す。グルコース濃度が増加すると、緩和時間は短くなることが明らかになった。この結果より、波形解析を行うことにより濃度推定が可能であり、センシングに要する時間の短縮が可能である。

図3～5に示した各RIは最小でも0.9程度であり、比較的大きい。センサーの高感度化すなわちRIをさらに小さくするためには、エバネセント光強度を増加させ光吸収量を増加させればよい。素子パラメーターの中から導波層の膜厚に注目し、感度の膜厚依存性を検討した(図6)。最高感度を与える膜厚は250 nmであり、センシング層の吸収特性を考慮した光波の複素伝搬特性を用いた理論解析結果と一致していた²⁾。この結果は、膜厚

を制御することでエバネセント光強度を制御でき、結果として吸光度が小さいセンシング対象の高感度計測も可能になることを示している。

本論文で示したグルコース以外にも、酸化ヘモグロビン、還元ヘモグロビン、Ca, Naイオンなどの生体パラメーターの濃度計測が可能である。各生体物質の有する物理化学的情報と光センシングの基礎原理(光の直進性、反射、屈折、吸収、偏光、回折等)を有機的に利用したセンサーを実現していく。

文 献

- 1) 山本 剛, 金 敬昊, 衣川匡司, 松本邦裕, 佐々木敬介, 南谷晴之:“薄膜光導波路型グルコースセンサー”, 電子情報通信学会誌 D-II, J80-D-II, No. 1 (1997) 383-385.
- 2) 姜 信元, 南谷晴之, 佐々木敬介:“薄膜光導波路を用いた生体化学量センサーへモグロビン濃度の定量分析”, 計測自動制御学会論文集, 29, No. 8 (1993) 906-915.

(1997年4月9日受理)