光ヘテロダイン検波を用いた非侵襲血糖センサーの開発

Developments of noninvasive glucose sensor using optical heterodyne detection

阪府大院・工　°岡井雅晃，阪野翔太，和田健司，堀中博道
Osaka Pref. Univ. °M. Okai, S. Sakano, K. Wada, H. Horinaka
E-mail:okai0615@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに

現在, 採決を必要としない光非侵襲血糖センサーの開発が世界中で行われている. グルコースによる光の吸収や屈折率変化を利用した血糖計が提案されているが, これらの手法は光の強度測定を行っており, 散乱の大きい生体組織では高精度な測定が難しい. 本研究ではグルコース濃度変化による媒質の屈折率変化を透過光の位相シフトとして測定するための光学系を考案し，基礎実験を行った．また信号処理に特殊な装置を必要としない簡易型についての検討を行った.

実験装置

位相シフトを測定するため光ヘテロダイン光学系を図 1 に示す．試料を AO シフターで周波数変調を行った信号光が試料を透過し, 参照光と干渉する. 二つの光の周波数の違いにより次式で表されるビート信号が発生する.

$$A\,cos(\omega_a t + \emptyset + \Delta\emptyset)$$

ここで A は振幅，ω_aは AO シフターの周波数 110 MHz，$\Delta\emptyset$はグルコース濃度変化による位相シフトであり，次式で与えられる.

$$\Delta\emptyset = \frac{2\pi}{\lambda} d \cdot \Delta n = \frac{2\pi}{\lambda} d \cdot a \cdot \Delta C$$

dは試料幅，ΔCはグルコース濃度変化，aはグルコースによる屈折率変化の係数である. グルコース濃度変化による屈折率変化が起きると, 参照光に対して透過光のヘテロダイン信号の位相シフトを観測できる. また簡易型では掛算器を用いることで,

$$Bcos(\emptyset + \Delta\emptyset)$$

で示される出力を得ることができる. 従来の手法では高周波信号を取得するため，RF ロックインアンプのような特殊な装置が必要であったが, 簡易型により直流信号を得ることができ, 計測がより容易になった.

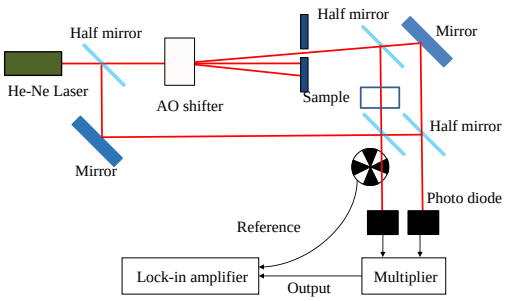

図 1.実験に用いたヘテロダイン光学系

実験結果

試料に散乱媒質としてイントラリピッド 10%水溶液を用いてグルコース濃度変化による透過光の位相シフトを測定した. 簡易型を用いた場合の結果を図 2 に示す. グルコース濃度変化に対し信号強度がcos関数で変化していることわかる.

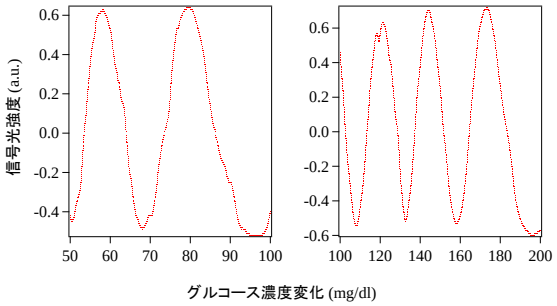

図 2.屈折率変化による位相シフトの検出

まとめ

グルコース濃度を屈折率の変化で測定するためヘテロダイン光学系をより簡易に信号処理ができるように改良した. この光学系を用いることで, 特殊な装置を必要とせずに散乱媒質中でグルコース濃度変化による透過光の位相シフトを検出することができた.

© 2017年 応用物理学会