非侵襲生体測定に向けた共鳴音場を用いた連続波２波長差分光音響法の応答特性解析

Sensitivity analysis of dual-wavelength differential CW photoacoustic spectroscopy using acoustic resonant mode for non-invasive measurement

日本電信電話株式会社 NTT 先端集積デバイス研究所
○田中　雄次郎，田島　卓郎，瀬山　倫子
NTT Device Technology Labs, NTT Corporation
°Yujiro Tanaka, Takuro Tajima, Michiko Seyama

【序論】

糖尿病患者は，日常生活の中で自己血糖値測定及び管理が求められる．現状の血糖値測定は身体的苦痛のため，患者の負担となっている．そのために，測定法の非侵襲化が望まれているが，実用レベルに達しているものは未だない．その一因は，生体の大部分を占める水分子や皮膚組織による光散乱・減衰の影響が大きいためである．そこで，我々は２波長差分光音響法を提案している[1]．光音響法には照射光の時間波形に応じてパルス波法，連続波(CW)法がある．パルス法は装置の大型化を招き，ジッタノイズや音響雑音による影響を受けやすい．一方，CW法はシステムの小型化が可能で、さらに高精度なロックイン検出によるSN比向上が期待できる．ただし，測定試料内の共鳴による定在波が生じるため，定量解析に向けた技術課題が存在する．そこで、今回は、著者らが提案するCW法[1-3]における分光感度特性を解析的及び実験的に明らかにしたので報告する．

【実験】

被測定物には，27 ℃の純水を用いた．1-5 次の軸方向共鳴モードにおける光吸収係数変化に対する感度特性を比較するため，音響センサを光軸上に配置し光出射部との距離を変えることで軸方向共鳴モードの次数を変化させた[3]．照射する光の波長を 1600 nm，1610 nm と切り替えることで 5 $\times 10^{-3}$ mm^{-1} 相当(グルコース濃度換算で 2.7g/dL 相当)の吸収係数を変化させた．光強度を一定制御した DFB レーザ光源(波長 1382 nm)，光強度変調する光源として波長可変光源を用いた．光の変調周波数は 300 kHz とした．

【結果・考察】

図 1 に吸収係数変化に対する感度特性を示す．解析値は，著者らが以前提案した光音響法の解析モデルを用いて求めた[2, 3]．実験・解析値ともに感度特性が軸方向共鳴モードの次数に依存し，1 次，奇次，偶次ともに良い一致が確認された．この傾向は，被測定物による光吸収分布によって形成された音源に波長相当の空間的な分布が生じることに加え，定在波による干渉があるためと考えられる．感度は，偶次で最大，1 次で最小となり，それらに約 2 倍の感度差が認められた．また，1 次では実験と解析で差が大きいが，光出射部と音響センサ間の距離が 2.1 mm と短く，一部の光が音響センサに到達して吸収されたためと考えられる．

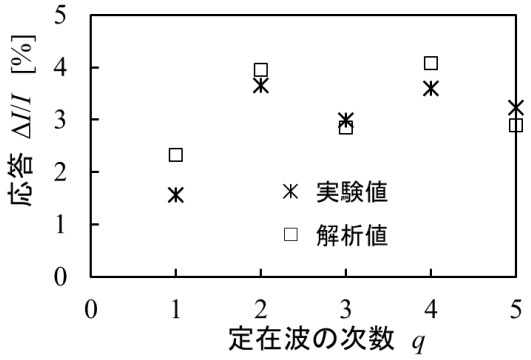

図 1　共鳴モードの次数と応答特性

【結論】

解析・実験的に定在波存在下で吸収係数変化に対する感度特性の評価を行い，感度特性の共鳴モード次数依存性を明らかにした．今後は、解析モデルの妥当性を確認しながら、測定システムの最適化を進める．

参考文献

[1] T. Tajima 他，第 55 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集　29p-ZB-12
[2] Y. Tanaka 他，第 74 回応用物理学会学術講演会講演予稿集　21p-S422-13
[3]Y. Tanaka 他，Proceedings of IEEE SENSORS 2015, pp 838-840, 2016

© 2017年 応用物理学会