

波長掃引型パルス量子カスケードレーザを用いた 血糖測定システムの精度改善に関する検討

Accuracy improvement of non-invasive blood glucose measurement
using swept-wavelength quantum cascade laser

東北大学 医工¹ 浜松ホトニクス (株)²

○柴田 尚登¹, 木野 彩子¹, 杉山 厚志², 秋草 直大², 松浦 祐司¹

Tohoku Univ., Graduate School of Biomedical Engineering¹, Hamamatsu Photonics²

○Naoto Shibata¹, Saiko Kino¹, Atsushi Sugiyama², Naota Akikusa², Yuji Matsuura¹

E-mail: naoto.shibata.q3@dc.tohoku.ac.jp

1. はじめに

中赤外で発振する量子カスケードレーザ(QCL)を用いれば小型かつ低コストな血糖値測定システムの実現が可能となる。我々は、MEMS でグレーティングを駆動することにより、波長の高速掃引が可能な QCL を用いて、口唇粘膜の ATR 測定が可能なシステムを提案した[1]。本報告では、同システムの測定精度を向上するための検討結果について述べる。

2. 測定方法・結果

提案した ATR 測定系は、波長可変 QCL、中空光ファイバ、ATR プリズム、および検出器からなり、プリズム上に配置したサンプルの吸収スペクトルを測定する。QCL はパルス駆動されており、図 1(a)のように、グレーティングの高速移動により、波長スキャンが行われる。そこで、レーザパルスとグレーティング駆動の位相をシフトさせることにより、図 1(b)のように波長間隔を狭め、これを積算することにより、図 1(c)のような連続スペクトルを得る。従来使用していた HgCdTe 検出器の増幅器の帯域は 150 kHz 程度であり、パルス幅が 6 μ s 程度となり、位相シフト回数は 36 回としていた。しかし、得られる連続スペクトルは、パルス尖頭値の変動による大きなノイズを含んでいた。

そこで今回、検出器を帯域 1 MHz 程度の増幅器と InAsSb 検出素子の組み合わせとすることにより、パルス幅を 1 μ s とし、さらに位相シフト回数を増大させることを試みた。図 2 は、3 つの異なるシフト回数で測定したパワースペクトルであり、図 3 には、スペクトルの標準偏差と位相シフト回数の関係を示す。この結果から、位相シフト回数を 180 回とすることにより、ノイズによる影響の小さなスペクトルが得られることが期待できる。

図 4 は改良した測定系で測定した濃度の異なるグルコース水溶液の吸収スペクトルである。従来の測定系で測定した濃度 1 %の溶液スペクトルと比較して、SNR が大きく向上していることが確認でき、従来は測定不可能だった、一般的な健常者ヒト血中グルコース濃度である 0.1 %程度の濃度の水溶液の測定も可能となった。

<参考文献>

- [1] 柴田ほか, 第 79 回応用物理学会秋季予稿集, 21a-234A-4 (2018).

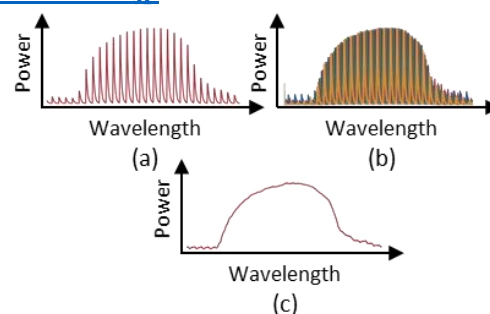


図 1, スペクトル算出方法

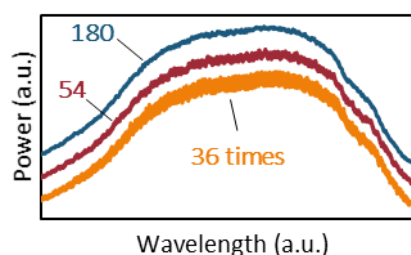


図 2, 位相シフト回数による
スペクトルの違い

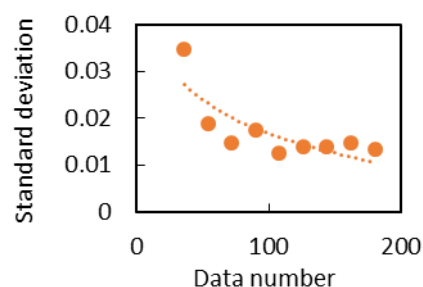


図 3, 位相シフト回数とスペクトルの
標準偏差の関係

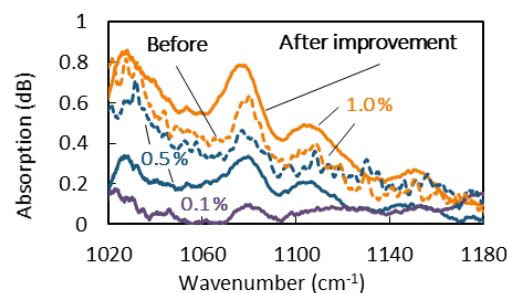


図 4, グルコース水溶液の
吸収スペクトル