量子カスケードレーザを用いた ATR 生体測定システム —プリズム表面の光強度分布の均一化—

Biomedical ATR Measurement System Using Quantum Cascade Lasers

-Homogenization of Power Distribution on the Prism Surface-

東北大 医エ¹,株式会社リコー イノベーション本部²

○(D)小山卓耶¹, 木野彩子¹, 佐々木俊英², 和田芳夫², 笠原亮介², 大場義浩², 松浦祐司¹

Tohoku Univ., Graduate School of Biomedical Engineering¹, Ricoh, Co, LTD, Innovation/R&D Division²

^oTakuya Koyama¹, Saiko Kino¹, Toshihide Sasaki², Yoshio Wada², Ryosuke Kasahara²,

Yoshihiro Oba², Yuji Matsuura¹ E-mail: takuya.koyama.r2@dc.tohoku.ac.jp

1. はじめに

中赤外領域の分子振動に由来する吸収を検出することで、 間質液中に含まれる糖質や脂質、タンパク質を、非侵襲で測 定する手法が注目されている.我々のグループでは、従来の 中赤外分光分析で用いられてきたフーリエ赤外分光光度計 (FT-IR)を、小型かつ低コストなシステムに置換するため、 単一波長で発振する量子カスケードレーザ(QCL)を用いた システムを構築し、全反射減衰分光法(ATR法)により、血 糖値を測定できる可能性を見出した[1].本研究では、より高 精度な測定系構築に向けた、ATRプリズムと光入射法の設計 を行うため、プリズムを伝搬する赤外光の様子を調査したの で報告する.

2. 実験方法 · 結果

本研究では, Fig. 1 に示す測定系を構築して ATR 測定を行った. QCL は波長 1186 cm⁻¹, 10 mW で発振し,長さ6 cm, 内径 2 mm の中空光ファイバによってプリズムへ入射される. 本測定では Fig. 1 挿入図に示すように,入出射端面を 45 度 に研磨した,上辺 24.0 mm,幅 2.3 mm,高さ 1.2 mm の台形 型プリズムを用いており,設計上は入射光が上面で 10 回反 射する.このプリズム上に,中赤外光を吸収する幅 1 mm の フッ素樹脂を接触させ,長さ方向に 0.3 mm ずつ走査したと きの出射光強度を測定した.

Fig. 2 に、プリズム上の各点を走査した際の光の伝搬損失 を示す.この損失分布はプリズム上の光強度分布に一致する ものであり、プリズム上面で入射した光線が9回反射してい ることが確認される.反射回数が設計と異なるが、これは入 射光の角度と位置が設計とわずかに異なったためだと考え られる.図中には、FT-IRを用いて同様の測定を行った結果 も示しているが、QCLを用いた測定では分布のコントラス トがより大きいことが分かる.これはコヒーレントなレーザ 光のビーム拡がりの小ささによるものと考えられる.この光 強度分布がある状態で、不均一性をもつ生体組織の測定を行 うと、測定位置のわずかなずれにより測定値に大きなばらつ きを生じさせる可能性がある.一方、FT-IRでもピークは現 れているものの、拡がり角の大きなランプ光源により、強度 分布のコントラストは小さく、QCL使用時のような光強度 がほぼゼロになる点もないことが分かる.

そこで、QCL システムの光強度分布を均一化することを 試みた.まず、プリズムへ光を導く中空光ファイバに、短焦 点レンズ (f=5.95 mm)を用いてレーザ光を入射し、高次モ ードを励振させることで、プリズムへの入射光を拡散した. また、入射端面に対して 10 度傾けて入射することで、反射



Fig. 1 Schematic of measurement system



Fig. 2 Distribution of loss when upper surface is touched by absorber



回数を増加させた. Fig.3 はこれらの条件で測定した損失分布である. 図のようにピークは存在するものの, 強度分布は均一化されていることを確認した.

今後は、ビームホモジナイザなどを利用し、プリズムへの入射ビームのプロファイルを平坦化する ことで、さらに強度分布の改善を行い、生体測定への応用を試みる.

く参考文献>

[1] T. Koyama, S. Kino and Y. Matsuura, Optics and Photonics Journal 9, 155 (2019).