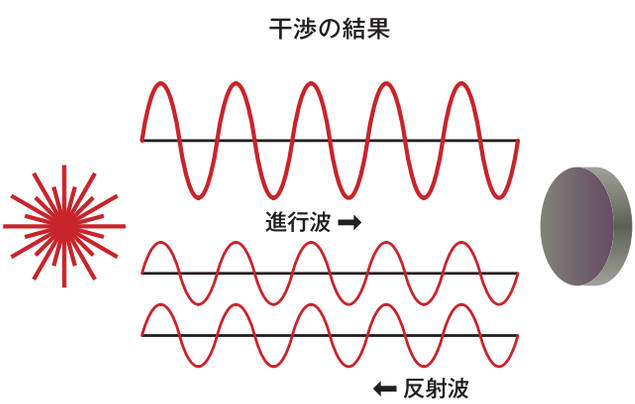
HAMAMATSU
PHOTON IS OUR BUSINESS

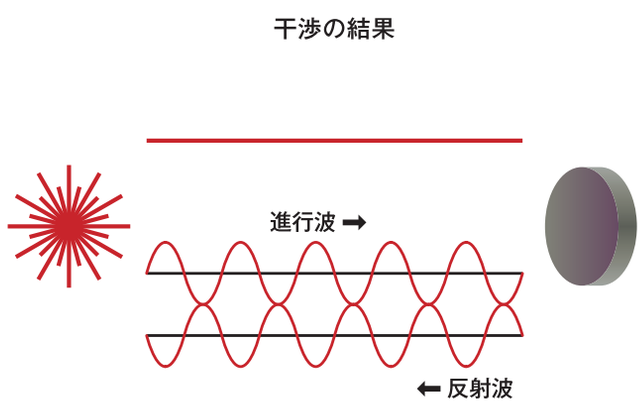
量子カスケードレーザ（QCL） Quantum Cascade Laser

# レンズ内蔵型QCLの光学ノイズ特性

## フリンジノイズ（干渉ノイズ）の計測例

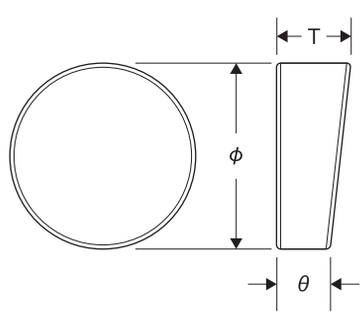
単一波長（シングルモード）レーザの応用では、光学干渉を抑制することがシステムの S/N 改善に大きく寄与します。放射されたレーザ光は、レンズや検出器などのシステムの光学素子から少なからず反射されます。進行波と反射波の位相が同じ位相となる個所では光は強くなり，逆位相となる個所では光は弱くなり干渉が発生します。特に、位相が完全に揃っている波長の単色性が高いシングルモードレーザでは、この干渉はきわめて顕著に発生し、システムの S/N に大きな影響を与えます。



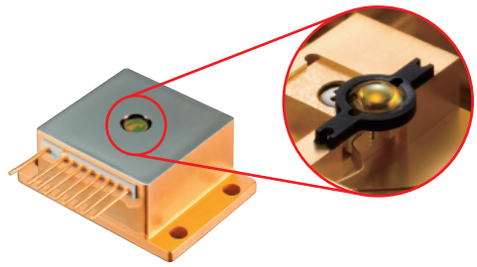

干渉条件が時間的に変化しないのであれば、S/N を改善することは容易ですが、例えばレーザの波長の変化や、振動や温度変化による僅かな光路長の変化により干渉条件は時間的に変動するため、S/N の改善は容易ではありません。特に、レーザ光の波長を故意にスキャンする用途においては、干渉の発生を排除することは非常に困難です。干渉の排除には、干渉が発生している光路中にアイソレータを挿入することが一般的な対策となりますが、中赤外のアイソレータ [1] には入手性やコストに課題があるのが現状です。

干渉により発生する干渉縞をフリンジと呼びます。レンズや窓板などの光学素子の無反射化や、正反射が生じないようにレーザ、検出器、光学素子などを傾けて配置するなどの処置が有効です。また、窓板などの平行平板の表裏面も干渉の原因となります。平行平板の表裏面の干渉は、楔形（ウェッジ）窓板を使用することで抑制することができます。ウェッジ角度は干渉が発生している状況により異なりますが、一般的に 3 度から 10 度程度で効果が得られる場合が多いようです。




フリンジの発生しやすさは、レーザの単色性に依存します。きわめて優れた単色性を持つ CW 駆動のシングルモードレーザでは容易にフリンジが発生します、他方、単色性に劣るパルス駆動のシングルモードレーザでは、フリンジの発生は比較的緩和されます。

弊社製の量子カスケードレーザは、パッケージ内部の構造設計および光学部材の選定に細心の注意を払い、フリンジの抑制が実現されています。以下では、パッケージにコリメーションレンズを内蔵したレンズ内蔵型 CW 量子カスケードレーザのフリンジ評価の実験結果 [2] を示します。



CW 量子カスケードレーザを用いた典型的なガス計測の構成（図1）によりフリンジの評価を行いました。CW 量子カスケードレーザの順電流を一定の速度で増加させ、電流変調により発振波数を連続的に約 1 $cm^{-1}$ スキャンさせました。同時に、検出器からの信号強度は CW 量子カスケードレーザの順電流の増加とともに大きくなっています。

図2に横軸を発振波数に変換したグラフを示します。また、図2の下段には CW 量子カスケードレーザの順電流の増加による検出器信号のリニアな増加分を除去し、縦軸を拡大させたグラフを示します。発振波数のスキャンにともない周期的なフリンジが観察されていることが分かります。フリンジの振幅が大きいほど、装置としての S/N が損なわれることになります。比較のため、同一の実験条件における他社製のレンズ内蔵型 CW 量子カスケードレーザを用いた実験結果も示します。弊社製のレンズ内蔵型 CW 量子カスケードレーザの方がフリンジ振幅が小さく、低ノイズであることが分かります。

図1

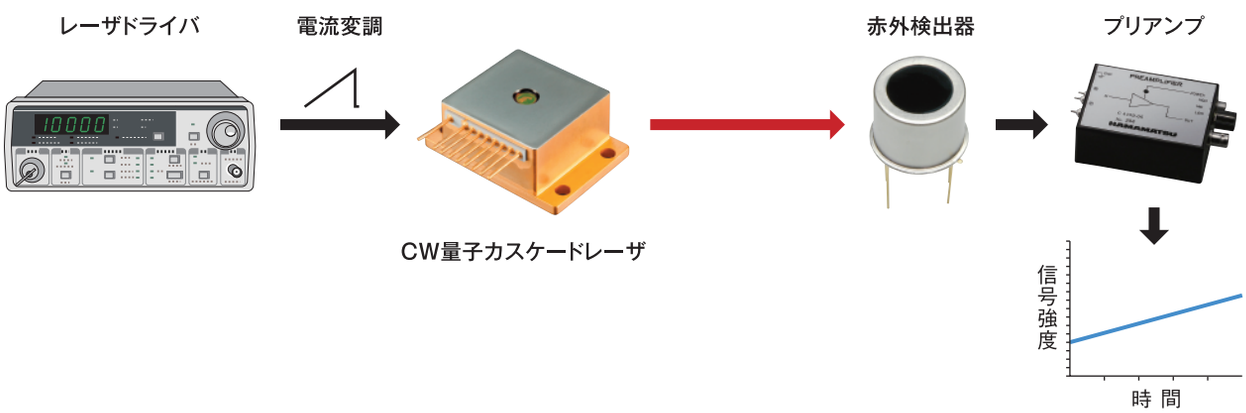
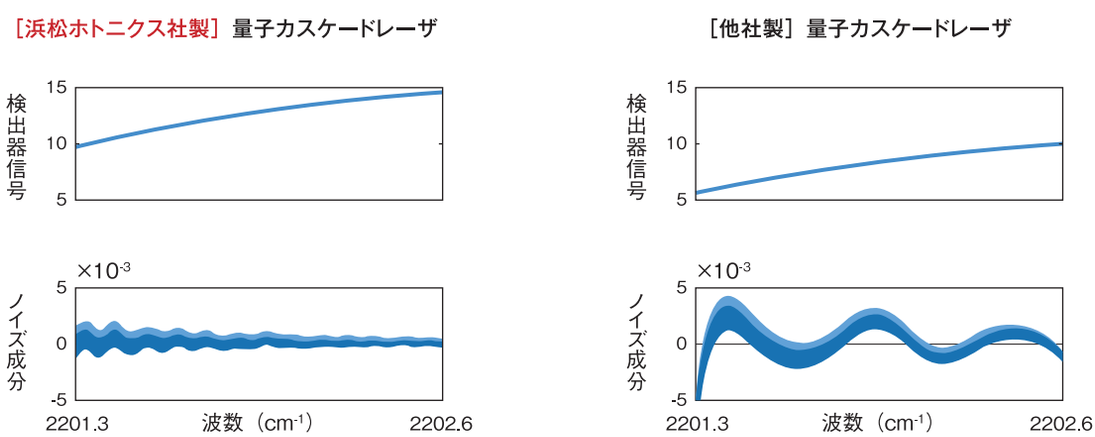



図2



フリンジ抑制には、光学素子の無反射化や、正反射が生じないようにレーザ、検出器、光学素子などを傾けて配置するなどの処置が有効ですが、具体的な対策はシステムや光学系に依存します。また、システムの光学系には多数の反射界面が存在するため、最終的には周期や振幅の異なる複合したフリンジとして観察されます。フリンジの原因を注意深く特定し対策を検討することが重要です。

**参考文献**


[1] Electro-Optics Technology, Inc.

[2] Xuehui Guo, et. al., Development and evaluation of a QCL-based Open-path N2O sensor, MIRTHE+ Symposium, 10/3-4/2016, City College of New York (not published).



●本資料の記載内容は2023年10月現在のものです。製品の仕様は、改良等のため予告なく変更することがあります。



**浜松ホトニクス株式会社** www.hamamatsu.com

□仙台営業所 〒980-0021 仙台市青葉区中央3-2-1(青葉通プラザ11階) TEL (022)267-0121 FAX (022)267-0135
□東京営業所 〒100-0004 東京都千代田区大手町2-6-4（常盤橋タワー11階） TEL (03)6757-4994 FAX (03)6757-4997
□中部営業所 〒430-8587 浜松市中区砂山町325-6（日本生命浜松駅前ビル） TEL (053)459-1112 FAX (053)459-1114
□大阪営業所 〒541-0052 大阪市中央区安土町2-3-13（大阪国際ビル10階） TEL (06)6271-0441 FAX (06)6271-0450
□西日本営業所 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東1-13-6（いちご博多イーストビル5階） TEL (092)482-0390 FAX (092)482-0550
□固体営業推進部 〒435-8558 浜松市東区市野町1126-1 TEL(053)434-3311 FAX(053)434-5184



Cat. No. LQCL2024J02
OCT. 2023 CRD