

News Release

2021.08.17

浜松ホトニクス株式会社
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

世界最小、指先サイズの波長掃引量子カスケードレーザーを開発 —光源に搭載し、持ち運び可能な火山ガスモニタリングシステムの実現を目指す—

浜松ホトニクス(株)はこのたび、NEDOが進める「IoT社会実現のための革新的センシング技術開発」において、独自の微小電気機械システム(MEMS)技術と光学実装技術を活用し、従来製品の約150分の1となる世界最小サイズの波長掃引量子カスケードレーザー(QCL)を開発しました。これを産業技術総合研究所が開発した駆動システムと組み合わせることで、高速動作と周辺回路の簡略化が実現でき、光源として分析装置などに搭載することが可能になります。これにより、分析装置を持ち運びできるサイズまで小型化できるようになります。

本プロジェクトではさらに二酸化硫黄(SO₂)と硫化水素(H₂S)の検出感度やメンテナンス性を高め、火口付近で火山ガスの成分を長期間、安定的にモニタリングする用途への展開を目指します。また、化学プラントや下水道における有毒ガスの漏えい検出や、大気計測などへの応用も期待できます。

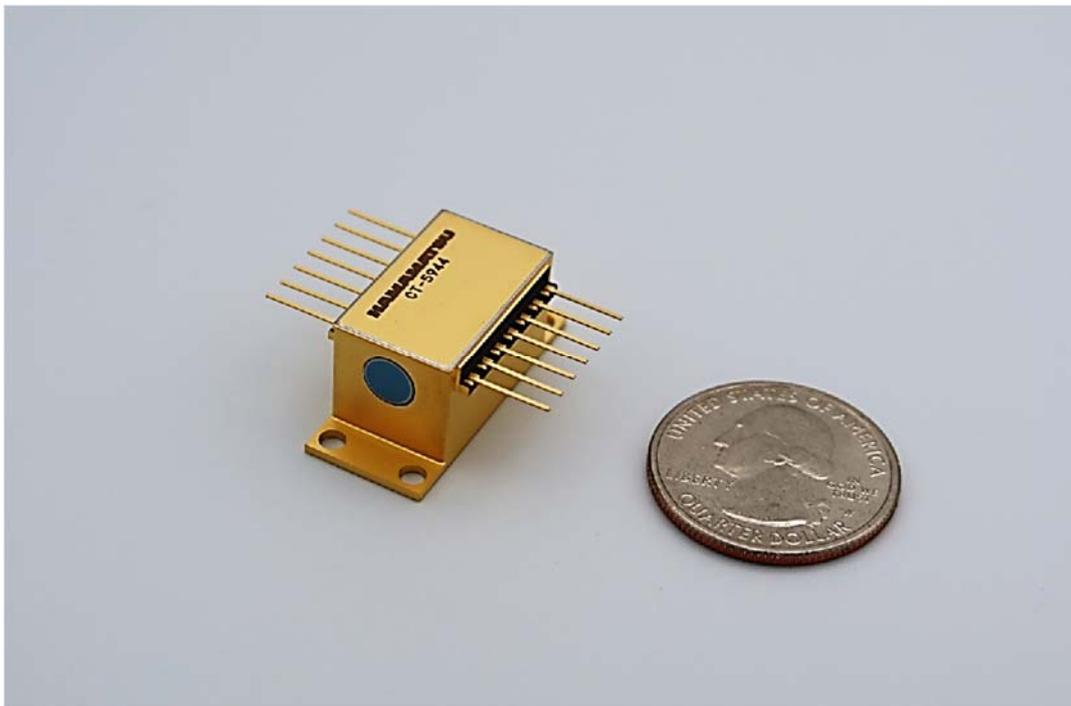


図1 従来比約150分の1となる世界最小サイズの波長掃引QCL

1. 概要

火山の噴火予知では、噴火の数カ月前から濃度が上昇する火山ガス中の二酸化硫黄(SO₂)や硫化水素(H₂S)などをモニタリングする手法が一般的です。このため、現在多くの研究機関では電極でガスを検知する電気化学式センサーによる分析装置を火口付近に設置し、火山ガスの成分をリアルタイムで分析しています。しかしこの電極は火山ガスと接するため寿命が短く性能が劣化しやすいことから、部品交換などのメンテナンスが欠かせないほか、長期間の安定的なモニタリングが難しいという課題がありました。一方、寿命が長い光源や光検出器を用いる全光学式の分析装置はメンテナンスの手間が少なく、また高い感度で長期にわたり安定して成分を分析することができるものの、光源のサイズが大きく装置が大型になってしまうため、火口付近への設置が難しいという問題がありました。

これを踏まえ、浜松ホトニクス株式会社と国立研究開発法人産業技術総合研究所(産総研)は2020年から、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「IoT社会実現のための革新的センシング技術開発」^{※1}で、全光学式で小型・高感度、かつ高いメンテナンス性を備えた次世代火山ガスモニタリングシステムの実現に向けた研究開発に取り組んでいます。

浜松ホトニクス(株)は本プロジェクトで分析装置向け光源の小型化を進めており、このたび中赤外光^{※2}の波長を7~8マイクロメートル(以下 μm 、 μ は100万分の1)の範囲で高速に変化させ出力する世界最小サイズの波長掃引QCL(Quantum Cascade Laser)^{※3}の開発に成功しました(図1、図2、表)。本開発品は、これを産総研が開発した駆動システムと組み合わせることで、高速動作と周辺回路の簡略化が実現でき、光源として分析装置などに搭載することが可能になります。これにより、分析装置を持ち運びできるサイズまで小型化できるようになります。さらに本プロジェクトでは感度やメンテナンス性を高める研究を行い、火口付近の火山ガスを長期間、安定的にリアルタイムでモニタリングすることを目指しています。これは、化学プラントや下水道での有毒ガスの漏えい検出や大気計測などへの応用も期待できます。

2. 今回の成果

【1】従来製品と比較し、約150分の1のサイズとなる世界最小の波長掃引QCLを開発

浜松ホトニクス(株)は独自のMEMS技術により、QCLの体積の大部分を占めるMEMS回折格子^{※4}の設計を抜本的に見直すことで、従来と比べ約10分の1のサイズとなるMEMS回折格子を開発しました。また、小型の磁石を採用し配置を工夫することで不要なスペースを削減するとともに、独自の光学実装技術により構成部品を0.1 μm 単位で高精度に組み立て、従来製品と比較し約150分の1のサイズとなる世界最小の波長掃引QCLを実現しました。

【2】中赤外光を波長7~8 μm の範囲で周期的に変化させて出力可能

浜松ホトニクス(株)が長年培ってきた量子構造設計技術^{※5}による新開発のQCL素子を搭載することで、中赤外光をSO₂やH₂Sに吸収されやすい波長7~8 μm の範囲で掃引し出力することを可能としています。同時に、7~8 μm の範囲から特定の波長を選択して出力できる波長可変型QCLも開発しました。

【3】中赤外光の連続スペクトル取得を高速化

産総研のセンシングシステム研究センターが開発した駆動システムと組み合わせることにより、波長掃引QCLの高速な波長掃引を実現できます。20ミリ秒以下で中赤外光の連続スペクトルを取得することができます。これにより、時間的に高速に変化する現象を分析することが可能となります。

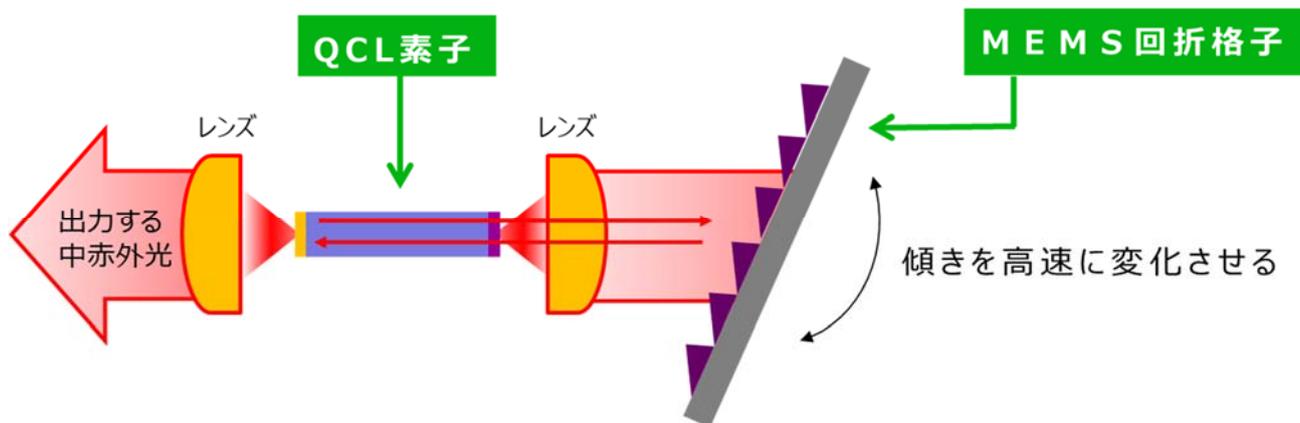


図2 波長掃引QCLの仕組み

表 今回開発した波長掃引QCLの主な仕様

項目	本開発品	単位
レーザー	パルス駆動	-
掃引波長	7~8	μm
波長分解能	約 15	nm
最大ピーク出力	約 150	mW
外形寸法(W×D×H)	13×30×13	mm

3. 今後の予定

浜松ホトニクス(株)とNEDO、産総研は、今回開発した波長掃引QCLを搭載した小型で高感度、かつ高いメンテナンス性を備えた次世代火山ガスモニタリングシステムを構築するとともに、多点観測などの実証実験を進めていきます。また、浜松ホトニクス(株)は本開発品と駆動回路や同社の光検出器を組み合わせたモジュール製品を2022年度内に発売し、中赤外光の応用拡大を図ります。

【注釈】

※1 IoT社会実現のための革新的センシング技術開発

研究開発項目:IoT社会実現のための革新的センシング技術開発／革新的センシング技術開発／波長掃引中赤外レーザーによる次世代火山ガス防災技術の研究開発

事業・プロジェクト概要 https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100151.html

※2 中赤外光

目に見える可視光よりも波長が長い赤外光の一種で、一般的に波長4~10 μm の赤外光を中赤外光といいます。

※3 波長掃引QCL(Quantum Cascade Laser)

量子カスケードレーザー(QCL)は、発光層に量子構造を用いることで中赤外から遠赤外の波長領域において高い出力を得ることができる半導体レーザー光源です。波長掃引量子カスケードレーザーは、量子カスケードレーザーからの中赤外光を分光し反射するMEMS回折格子を電氣的に制御し傾きを高速に変化させることで、中赤外光の波長を高速に変化させ出力することができます。

※4 MEMS回折格子

電流を流すことで作動する小型の回折格子です。回折格子は、波長ごとに光が回折する角度が異なることを利用して波長の

異なる光を分別する光学素子です。

※5 量子構造設計技術

ナノレベルの超薄膜半導体を積層させることで生じる量子効果を利用したデバイス設計技術です。本開発では、浜松ホトニクス(株)独自の結合二重上位準位構造(AnticrossDAU™)をQCL素子の発光層に採用しています。

4. 問い合わせ先

(本ニュースリリースの内容についての問い合わせ先)

浜松ホトニクス(株)

報道関係の方 広報室 野末

TEL:053-452-2141 E-mail:nozue-m@hq.hpj.co.jp

一般の方 レーザ事業推進部製造部 秋草

TEL:053-586-7111 E-mail:aki@ldp.hpj.co.jp

NEDO 材料・ナノテクノロジー部 担当:大石、中島 TEL:044-520-5220

E-mail:sensing@ml.nedo.go.jp

(その他NEDO事業についての一般的な問い合わせ先)

NEDO 広報部 担当:橋本、坂本 TEL:044-520-5151 E-mail:nedo_press@ml.nedo.go.jp