

審査結果の要旨

論文題目「レーザー共振器内分光を利用した微量物質分光分析に関する研究」

学位申請者 染谷 竜太

本論文では、通信帯の半導体レーザーを光源に、精密な共振器長制御することなしに共振器内に高い光強度を蓄積する外部共振器を付加して微量物質分光分析する独創的な装置の提案を行い、その動作特性について広範な実験的研究と微量物質濃度定量の理論的な検討を論じたものである。大気分析や環境の化学分析に加え、特定ガスを検出して電気機器の劣化を予知する診断や医療分野での呼気成分や同位体の検出など微量な物質を連続的かつ選択的に高精度・短時間で定量するレーザー分光分析技術は重要である。特に、申請者が研究開発を行った技術は、最近、CBRNE(Cheical, Biological, Radiological, Nuclear, Explosive)といった対テロ対策で都市セキュリティに関連して ppt (part per trillion) レベルの濃度の毒物や爆発物検知には、欠かせない応用技術と評価される。従来数々のレーザー分光分析技術が研究されてきているが、本研究で提案され実現された半導体レーザーによるレーザー吸収分光技術は従来のものより一層装置も小型可搬にでき実用性も高いといえる。吸収分光で数 km の等価光学長を得るといった観点から、共振器内吸収分光 (CEAS, Cavity Enhanced Absorption Spectroscopy) が、実用的な分光分析として格段に優れる点が多く、且つ低出力なレーザーで実現ができることを論文の第 3 章までの前半で結論付けておりその論旨は明確である。本論文の後半では、実験的研究とその結果の検討が十分に行われ、レーザー吸収分光測定で実際に使用する長光路光学セルを外部共振器で実現し、どの程度の微量物質測定ができるか詳細な解析を行ったもので独創的な成果が数多くあると評価できる。非常に高いフィネス (>10000) の共振器を利用することで、数 km の実効的な光路長を得ることができることを提案し、先行して行われた赤色の半導体レーザーによる研究から、波長帯を大幅に変更して多成分分析を目指した。通信波長帯の無反射コート付 (AR) の半導体レーザーの外部共振器を利用して CEAS セルを動作させることができたのは大きな成果である。実験的研究の結果、波長可変性と狭線幅化を達成して、外部共振器内に等価光路長で 3km を超える光路長を実現したうえ分解能は 20GHz より向上、検出能も $5 \times 10^{-8} \text{cm}^{-1}$ より高い値が得られ、100ppb 程度の濃度の CH_4 を 10 秒程度で検知できることを確認したことは実用上意義深い。本論文で提案し検証した新たな技術を用いれば、呼気を診断、酸性雨や火山活動に関連した微量気体の評価・推定のための環境分析、毒物・爆発物の検知といった分野でも利用できるものと大いに期待されるであろう。

2015 年 10 月から 2016 年 5 月までに複数回行われた予備審査および 2016 年 7 月 16 日に行われた公聴会において、物質の分光分析手法、レーザー光源と外部共振器の特性や理論計算と実験結果 C_2H_2 , CH_4 , CO_2 , H_2O , とその吸収遷移等の質問に関して申請者 染谷 竜太は研究

資料,文献等を用いて的確に回答し,本研究に関して十分かつ広範な知識を有していることを示した.

以上の結果,本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定された. したがって,申請者 染谷 竜太は東海大学博士(理学)の学位を授与されるに値すると判断した.

論文審査委員

主査	博士(工学)	鄭 和翊	理学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	理学博士	大場 武	理学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	遊部 雅生	工学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	堀澤 秀之	工学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	山口 滋	理学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)