

高スペクトル純度で広帯域に連続波長掃引可能な小型半導体レーザ光源

チームリーダー 野田一房 ((株)雄島試作研究所・代表取締役)

サブリーダー 音 賢一 (千葉大学大学院理学研究科・教授)

Keyword

共鳴ラマン散乱計測、コヒーレント分光、ミキシング用光源、外部共振器型半導体レーザ、ASE-Free

タイプ 実証・実用化タイプ

開発課題名 小型光ファイバー接続型広帯域波長可変レーザ装置の実用化開発

■ 参画機関: 千葉大学、スペクトラクエストラボ(株)

■ 開発期間: 要素技術タイプ:平成21~23年度、実証・実用化タイプ:平成23~25年度

課題概要

キャリアバッグ程度の小型でありながら、チタン・サファイアレーザーを代替する、高出力・広帯域波長可変レーザ計測装置の実用化開発を目指す。光源には、曲り導波路チップを用いたLittman型配置で、ハーフミラーを用いて出力をとりだす新機構の外部共振器型半導体レーザーを用いる。コンピューター制御下に高速スキャンと連続波長チューニングを可能とし、光ファイバー出力とすることで、小型でありながら使いやすい最先端レーザ分光計測装置を提供する。

得られた開発成果の概要

■開発の背景/経緯

共鳴ラマン散乱やPLE測定によるカーボンナノチューブや半導体量子ドットなどの単一量子計測、そのコヒーレント制御には高スペクトル純度で広帯域に連続波長掃引可能なレーザ光源が必要である。こうした光源としてはチタンサファイアレーザと外部共振器型半導体レーザがあるが、前者は大型・高価で使い勝手が悪く、連続波長掃引が苦手である。一方、後者は小型・簡便で連続波長掃引が可能であるが、出力や波長可変域が小さく、出力ビームに強い自然発光(ASE: Amplified Spontaneous Emission)が重畳するため分光計測への応用は制限されている。

本開発では千葉大学の先端分光計測への具体的ニーズに向けて、オプトエナジー(株)の高出力半導体レーザ技術、雄島試作研究所(株)の精密機械加工技術を結集して、高出力(Max.>100mW)で高スペクトル純度(<-80dB@0.01nm)、広帯域(>100nm)に連続波長掃引可能な1 μ m帯波長可変半導体レーザの開発を開発した。

■開発の成果

外部共振器型半導体レーザでは一方の端面に無反射コーティングを施したレーザチップを用いられていたが、端面での残留反射から生じる様々な制約のため、「連続波長同調」と高出力化・広帯域化の間には強いトレードオフの関係があった。本開発では曲がり導波路構造の採用によりレーザチップ端面での残留反射を極限まで低減し、現行製

品を凌駕する、広帯域連続波長同調を実現した。

また、モードホップフリー同調が可能な外部共振器配置としてはLittman型配置があるが、この配置ではレーザチップからの自然放射(ASE)が出力ビームに重畳するため、高感度・高精度な分光測定に障害となっていた。本開発では転置Littman配置の考案によりASE-Freeで高スペクトル純度な連続波長同調半導体レーザを実現した。図1に各発振波長で測定した発振スペクトルを示す。ASEは ± 1 nmの近傍を除いて完全に出力ビームから完全(<-80dB)に除去されている。

更に、精緻な設計と精密機械加工技術、高精度アクチュエータ技術により、100nm(30THz)にも及ぶ、モードホップフリー同調領域を13MHzの分解能でステップモーターにより設定可能な高精度波長制御機構を搭載した。波長可変レーザの制御はLabVIEWベースの専用制御ソフトによりコンピュータで制御され、様々な分光計測にフレキシブルに対応できる様に設計されている。また、LabVIEWをお持ちでないユーザは連続掃引やステップ掃引などの基本機能を搭載したランタイムエンジンを併用して制御できる。

図2に開発した1040nm帯プロトレーザの外観と暫定的な仕様を示す。950nm帯、860nm帯において類似の性能の波長可変レーザの開発を進めており、平成26年度より順次、販売を開始したいと考えている。

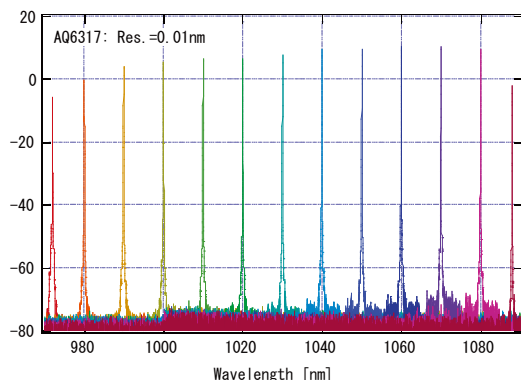


図1 各発振波長でのASE Freeスペクトル



図2 開発したプロトレーザーシステムの外観

波長変可域	980~1080nm
出力	>100mW (max.)
スペクトル純度	ASE-Free
モードホップフリー同調	30THz (100nm)
発振幅線	~100kHz
設定解分能	13MHz/step
PC制御方式	LabVIEW

図3 1040nm帯レーザーの暫定仕様

新しい分光計測のプラットフォームとしての波長可変半導体レーザー

近赤外域において高スペクトル純度で30THzもの周波数域を自由に波長掃引可能なコヒーレント光源の出現はPLEによる単分子吸収スペクトルの観測やCPT (EMIT) 等による量子制御などの先端計測を飛躍的に発展させる。また、本波長可変レーザーとテーパアンプの組み合わせにより得られる1Wレベルの波長可変出力はPPLN等の非線形光学素子による波長変換を

可能にし、可視・中赤外・テラヘルツ波領域における連続波長同調光源を実現できる。特に、分子指紋スペクトル領域である中赤外領域やテラヘルツ領域における連続波長可変コヒーレント光源は微量化学物質の検出や同定において、化学分析や医療・環境計測において大きな社会的インパクトを有している。

上記成果の科学技術的根拠

【特許出願】

1. PCT/JP2010/73841,平成22年12月30日(出願)「ASE-Freeな外部共振器配置」出願人: 千葉大学 発明者: 室 清文、島田泰孝、遠藤智久、福岡大輔
出願番号: 特願2012-208354号 平成24年9月21日(出願)「モードホップフリー波長可変レーザーの群速度分散補正機構」
出願人: 千葉大学、発明者: 室 清文、遠藤智久、若林佑二、北原憲

【発表論文等】

1. "ASE-Free Continuously Tunable Diode Laser with a Novel Configuration", K.Muro, T.Endo, A.Terayama, Y. Wakabayashi, K. Kitahara, Y. Shimada, and D. Fukuoka Proc. of Intern. Conf. of Laser and Electro-Optics, CTu3N3, March 8, 2012 (San Jose, USA)