

2023 年度年次報告書

リアル空間を強靱にするハードウェアの未来

2023 年度採択研究代表者

徐 自聡

東京大学 大学院工学系研究科

大学院生

誘導ハイパーラマン散乱顕微分光法の開発

研究成果の概要

本研究は、高感度な誘導ハイパーラマン散乱顕微分光法の開発に取り組み、高分解能な赤外振動分光イメージングの実現と高速な生体イメージングの達成を目指す。

2023 年度には、誘導ハイパーラマン散乱顕微分光法に用いるポンプレーザーの開発を行った。1550nm 波長帯のパルスレーザー光源が必要であるため、様々なモードロック原理に基づいたフェムト秒パルスレーザー光源の開発に着手し、それぞれのパルスレーザー光源の特徴を捉え、どれが今後の誘導ハイパーラマン散乱顕微分光実験に最適であるかを探索した。

まず、可飽和吸収体に基づいたパルスレーザーの開発に取り組んだ。可飽和吸収体は、非線形吸収の特性を持つため、レーザーキャビティに挟むだけで簡単にパルス出力が得られ、パルスレーザーの作製によく使われる。本研究では、カーボンナノチューブ (CNT) と半導体可飽和吸収ミラー (SESAM) の二種類の可飽和吸収体を使って二台のパルスレーザーを開発し、それぞれの特徴を比較した。CNT に基づいたパルスファイバーレーザーでは、パルス出力の時間波形を観察できたが、キャビティに挟んだ CNT 膜が非常に薄いため、パワーが強いレーザーパルスのダメージを受けやすい。SESAM に基づいたパルスファイバーレーザーでは、きれいなモードロックスペクトルが観測できたが、SESAM と SESAM に集光するためのオブティクスには空間系オブティクスを使用しなければならず、安定性がオールファイバーレーザーより低い。

1550nm 波長帯のパルスレーザーは将来的に長期的な誘導ハイパーラマン散乱顕微分光実験に使うのを考慮すると、長期的な安定性が高い方が望ましい。そのため、CNT と SESAM に基づいたパルスレーザー以外に、非線形増幅ループミラー (NALM) に基づいたパルスレーザーを開発した。具体的に、NALM の原理に基づいてレーザーキャビティの構造が少し異なる Figure-9 と Figure-8 の二台のパルスレーザーを作製し、それぞれの特徴を比較した。Figure-9 ファイバーレーザーは繰り返し調整が行いやすいが、ファイバーブラッググレーティング (FBG) が必要である。Figure-8 ファイバーレーザーは FBG なしで容易にパルス出力に成功して、且つオールファイバーの構造から安定性がかなり優れているため、Figure-8 レーザーを今後の誘導ハイパーラマン散乱顕微分光実験のポンプレーザーとして採用したいと考えている。

来年度は、2023 年度で開発した Figure-8 ファイバーレーザーを用いて、誘導ハイパーラマン散乱顕微分光法の実証を目指す。