

## 量子エレクトロニクス教室

## 1 光周波数コムの広帯域化に関する研究

鈴木 悠矢

周波数は最も高精度に測定できる物理量であり、さらに、光周波数コムはその等周波数間隔性から光周波数の精密なものさしと言われる。一般的に、原子の電子遷移は可視波長域に多く、分子の振動遷移は中赤外波長域に多いため、これらを精密に分光するには光コムの波長域を拡大する必要がある。そこで本研究では、非線形光学効果を用いた光コムの波長域の拡大を行った。光コムの発光源としてモード同期 Er ファイバレーザを作成し、さらに Er 添加光ファイバ増幅器 (EDFA) と高非線形ファイバ (HNLF) を用い、光コムの波長域拡大を試みた。その結果、図 1 に示すように、波長 0.9~1.75  $\mu\text{m}$  の広帯域光コムの生成に成功した。

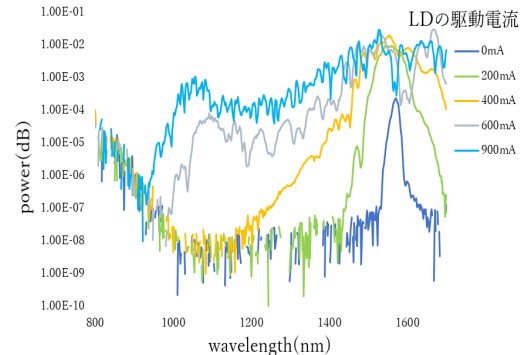


図 1 広帯域化された光コムの光スペクトル

## 2 可飽和吸収体ミラーを用いたモード同期ファイバレーザ光周波数コム光源に関する研究

保科 望

光周波数の精密なものさしである光周波数コムの発光源には、モード同期ファイバレーザが広く用いられている。一般的に、ファイバレーザにおけるモード同期動作の実現には可飽和吸収効果が必要である。そこで本研究では、光ファイバ中の偏波状態に依存しない、半導体型の可飽和吸収体ミラー (SESAM) を用いたモード同期 Er ファイバレーザを開発した (図 1)。数種類の SESAM と Er 添加光ファイバを用いて、レーザ出力の光スペクトルや時間波形の評価を行った結果、変調深さが 34% の SESAM を用い、かつ、波長 1.5  $\mu\text{m}$  において異常分散を有する Er 添加光ファイバを利得媒質として用いることで、図 2 に示すように、モード同期動作特有の半値全幅の広い光スペクトルを安定に得た。

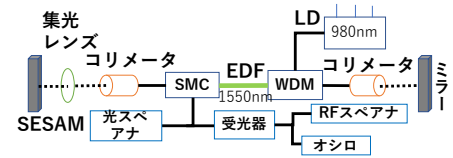


図 1 モード同期ファイバレーザの構成

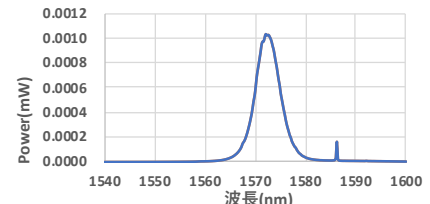


図 2 モード同期動作時の光スペクトル

## 3 モード同期ファイバレーザによる光コムの制御素子評価方法に関する研究

片峰 優

本研究では、小型なモード同期ファイバレーザにより発生される光コムの制御素子を開発し、その評価方法に関する研究を行った。図 1 に示すように、ピエゾ素子の先端に小型なミラーを取り付け小型な制御素子を作成し、周波数応答特性を評価するためにマイケルソン干渉計を構築した。マイケルソン干渉計の片方のアームに制御素子を組み込み、ファンクションジェネレータを用いて正弦波信号を印加したところ、干渉信号の強度が印加信号の周波数で周期的に変化した。さらに、印加信号の周波数を変えながら干渉信号の振幅の変化を測定した結果、図 2 に示すように、印加周波数が大きくなるに従い、干渉信号の振幅が小さくなるのがわかった。

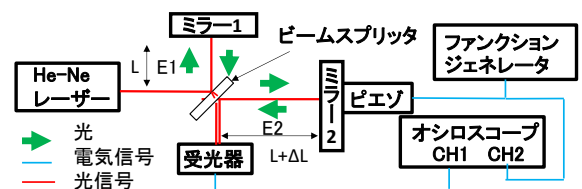


図 1 マイケルソン干渉計による制御素子評価系

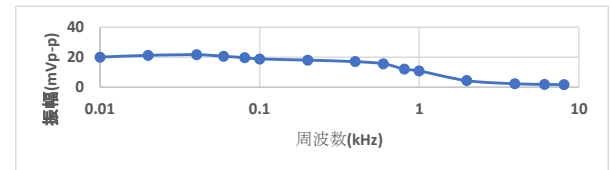


図 2 印加信号周波数の変化に対する干渉信号の振幅の変化

#### 4 全偏波保持型光ファイバを用いた光周波数コム光源の開発

小笠原礼人

光周波数コムは精密な光周波数のものさしとして 2000 年頃に誕生した。光コムの発生光源にはモード同期ファイバレーザーが広く用いられているが、環境変化により光ファイバ内の光の偏光状態が変動するため、モード同期動作に不安定性が生じる。そこで本研究では、あらゆる環境下において安定なモード同期動作が期待できる偏波保持ファイバを用いたモード同期ファイバレーザーを開発した。図 1 に示すように、モード同期動作を実現するために、非線形増幅ファイバループミラーを可飽和吸収体として用いた。その結果、図 2 の光スペクトルに示すように、中心波長 1563.2 nm、スペクトル半値全幅 6.9 nm、平均出力パワー 0.166 mW、繰り返し周波数 26.8 MHz での光周波数コムの発生に成功した。

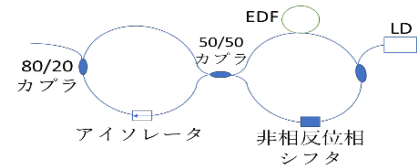


図 1 全偏波保持型ファイバレーザー

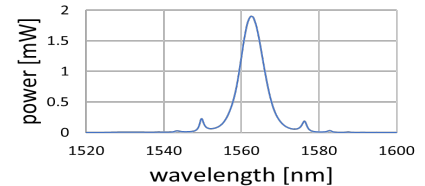
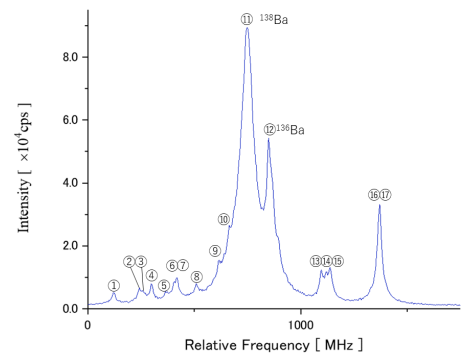


図 2 モード同期動作時の光スペクトル

#### 5 高分解能レーザー分光による Ba 原子 $6s5d\ ^1D_2-5d6p\ ^1D_2$ 遷移の超微細構造の測定

和田 涼太郎

本研究では高分解能レーザー分光法を用いて、Ba 原子の  $6s5d\ ^1D_2-5d6p\ ^1D_2$  遷移(856nm)の超微細構造の研究を行った。Ba 原子を基底状態  $6s^2\ ^1S_0$  から準安定状態  $6s5d\ ^1D_2$  に占有させた。その後、 $6s5d\ ^1D_2-5d6p\ ^1D_2$  遷移(856nm)の高励起状態に遷移させ超微細構造スペクトルを観測した。スペクトルの解析から同位体シフト及び超微細構造の磁気双極子結合定数と電気四重極結合定数を求めた。

図 :  $6s5d\ ^1D_2-5d6p\ ^1D_2$  遷移における Ba の超微細構造スペクトル

#### 6 Ba 原子の高励起状態 $5d6p\ ^1D_2$ における g 因子の測定

太田 貴栄

高分解能レーザー分光を用いて、高励起状態における Ba 原子のゼーマン効果の実験を行った。電気放電により、Ba 原子を基底状態  $6s^2\ ^1S_0$  から準安定状態  $6s5d\ ^1D_2$  に占有させ  $6s5d\ ^1D_2 \rightarrow 5d6p\ ^1D_2$  (856 nm) 遷移のスペクトルを観測した。外部から磁場をかけ、ゼーマンスペクトルの観測を行い、上準位  $5d6p\ ^1D_2$  の  $g_J$  因子を 0.864(15) と求めた。

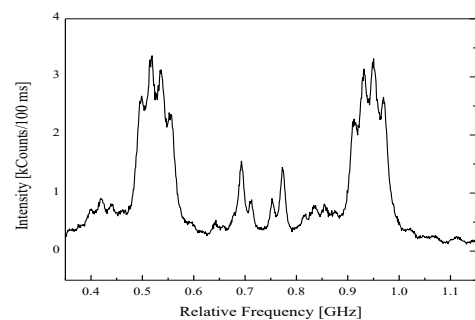
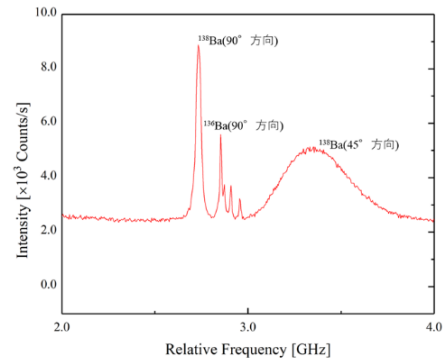


図 : Ba の 856.2 nm 遷移のゼーマンスペクトル

## 7 Ba 原子の高励起準位 $5d6p\ ^3F_4$ の寿命測定

鴻池 さくら

外部共振器型半導体レーザーを用いて高分解能レーザー分光により Ba 原子の高励起状態  $5d6p\ ^3F_4$  の寿命の測定を行った。まず Ba 原子の  $6s5d\ ^3D_3-5d6p\ ^3F_4$  (705.944nm) 遷移の超微細構造スペクトルを測定し、次に寿命の測定を行った。なお寿命測定の際、ドップラー効果により、原子線の速さを測定し、スペクトルの残留ドップラー広がりを計算した。4 種類の同位体  $^{135}\text{Ba}$ ,  $^{136}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Ba}$ ,  $^{138}\text{Ba}$  を用いて、 $5d6p\ ^3F_4$  準位の寿命を  $97.0\pm 4.4\text{ns}$  と求めた。

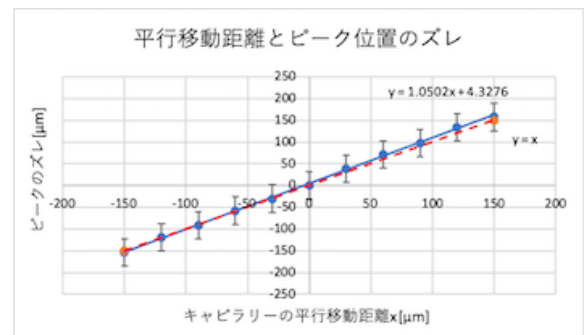


図：90°, 45°方向レーザー入射のスペクトル

## 8 ガラスキャピラリーにおけるレーザーマイクロビーム形状の平行移動依存性

田山優雅

ガラスキャピラリーと呼ばれるガラス製の注射針の中に半導体レーザー（波長 375nm）を通し、紫外線レーザーマイクロビームの形状を、ガラスキャピラリーをビーム軸に対して平行移動させるという条件のもとで調べた。結果として、ビームのピーク位置は平行移動させた分だけ移動すること、最大パワーは左右対称な減り方をすること、ビームの透過縞は変化しないという結論を得た。また、出口径が小さく約  $30\mu\text{m}$  以下のキャピラリーでは、透過縞ができにくく、ピーク位置のずれも平行移動距離と一致しないということも確認できた。



図：平行移動距離とピーク位置のずれ（出口径  $60\mu\text{m}$ ）

## 9 ガラスキャピラリーにおけるレーザー光の透過特性のシミュレーション

山口航平

ガラスキャピラリーを通過したレーザー光の透過特性を、python 言語によるシミュレーションで調べた。最初に傾きが一定のキャピラリーの透過特性を求め、動作確認を行った。また傾きが一定ではない、実際のキャピラリーの透過率をシミュレーションした。その結果、透過率の計算値は実験値の傾向を再現でき実験値と完全に一致しなかった。さらに、透過率の屈折率やキャピラリーのテーパ角、入射レーザー光の強度分布への依存性もシミュレーションし、その特性を確認することができた。

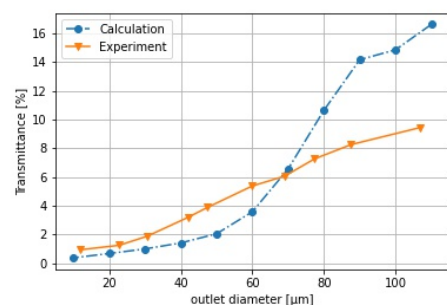
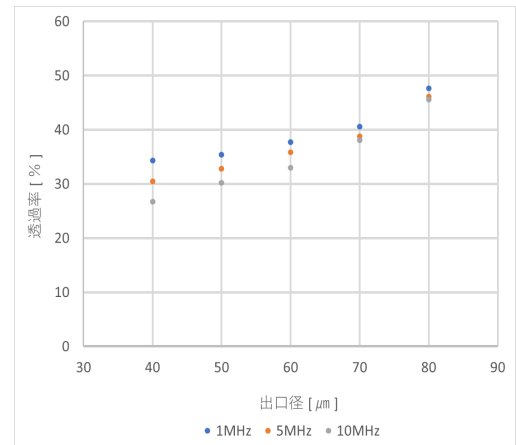


図:透過率の実験値とシミュレーションの比較

## 10 波形測定によるパルスレーザーのガラスキャピラリーにおける透過特性の研究

福田 彩実

テーパー型ガラスキャピラリー光学系（出口径 40～80  $\mu\text{m}$ ）に波長 405 nm、パルス幅 36 ns のレーザービームをレンズを使い透過させ、高速フォトダイオードを用いて出射されたマイクロビームのパルス波形を測定した。パルス波形の面積を求め透過率を求めた。また、入射レーザーの波長と出口径ごとの出射パルス波形の違いについて調べた。結果、各出口径で繰り返し周波数が 1 MHz、5 MHz、10 MHz と高くなると、透過率は若干低くなることがわかった。



図：各繰り返し周波数における出口径ごとの透過率