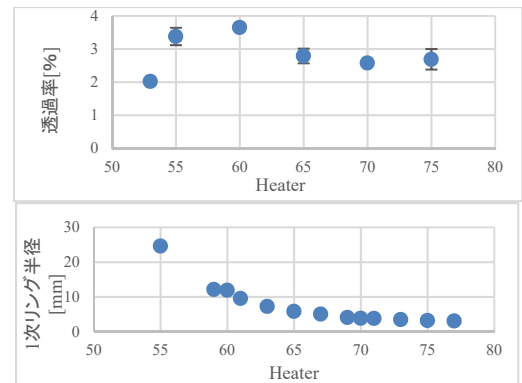


量子エレクトロニクス教室

1 キャピラリーを用いたレーザーマイクロビームの透過特性の形状依存性の研究

大谷 竜聖

レーザー光を細胞用の注射器であるテーパー型ガラスキャピラリーに透過させることでビーム径をマイクロサイズにすることができる。キャピラリーの透過特性の形状依存性を調べるため、ガラスの加熱温度を変えることで形状の異なるキャピラリーを作成し透過率、透過縞を比べた。その結果、加熱温度が高いほどテーパー部分の長さは長くなり、先端部分のテーパー角は小さくなった。テーパー部分が長く先端部分のテーパー角が小さいほど透過率は大きくなり、透過縞のリングは加熱温度が小さいほど小さくなった。

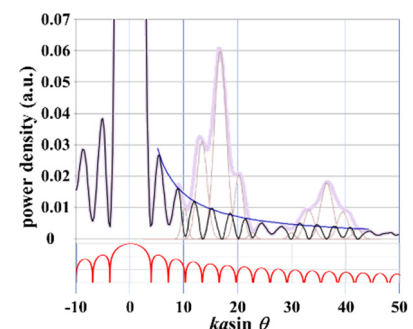


透過率 (上) , 透過縞 1 次リング半径 (下)

2 ガラスキャピラリーを用いたレーザーマイクロビームの透過縞構造の精密測定

栗野 真衣

我々はテーパー型ガラスキャピラリー光学系による MeV イオンと光のマルチ量子マイクロビーム照射法を開発している。本研究では、可視光レーザービーム径の最小化のため、精密測定と解析方法を確立させ、透過縞構造の測定と解析を行った。その結果、キャピラリーの透過縞は 0 次スポット、細かいリング、複数のガウシアンピークを持つ明線リンググループから成り立っていることが明らかになった。さらに、細かいリングはフラウンホーファー回折由来のリングであることが周期の一致から見いだされた。また、明線リンググループ径はキャピラリーの出口径に比例していることや、リング強度比は出口径に依存することが分かった。



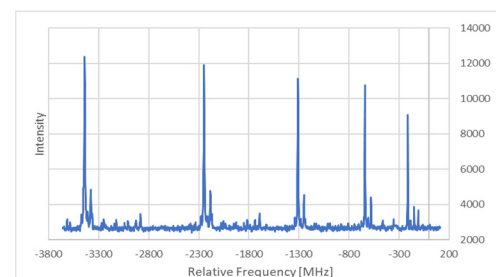
解析によって得られた細かいリング周期とフラウンホーファー回折モデル

3 Ba 原子の $6s5d^1D_2-5d^2^1D_2$ 禁止遷移におけるシュタルク効果の測定

小瀧 椋子

本実験では、パリティ非保存に関する研究を進めるため、外部電場の mixing 効果を利用し、Ba 原子の禁止遷移 ($6s5d^1D_2-5d^2^1D_2$) の観測に成功した。シュタルク効果を用いて、シュタルクシフトとシュタルク分岐を測定し、偶同位体 ^{138}Ba の $5d^2^1D_2$ 状態のテンソル分極率、 $6s5d^1D_2-5d^2^1D_2$ 遷移におけるスカラー分極率をそれぞれ、 $-4.66(8)[\text{MHz}/(\text{kV}/\text{cm})^2]$ 、 $-5.25(8)[\text{MHz}/(\text{kV}/\text{cm})^2]$ と決定した。

また、本遷移における半値全幅と電場の関係を観測し、mixing ratio に関する情報を得た。



シュタルクシフト測定時の観測スペクトル

4 Baの禁止遷移 $5s6d\ ^1D_2-5d^2\ ^1D_2$ のシュタルク効果の測定

廣田 大空

本研究では、Ba 原子の禁止遷移 $6s5d\ ^1D_2-5d^2\ ^1D_2$ (遷移波長 $\lambda = 857.1\text{nm}$) を、高分解能レーザー分光装置を用いて調べた。レーザーと原子線の相互作用領域に一樣な外部電場を印加させることによって、シュタルク効果によるスペクトルシフト・分岐の観測を行った。測定した偶同位体 ^{136}Ba 、 ^{138}Ba のスペクトルのシフト・分岐から、上準位 1D_2 のテンソル分極率を、 $\alpha_t = -4.656 \pm 0.078\text{ MHz}/(\text{kV}/\text{cm})^2$ 、同遷移のスカラー分極率を $\alpha_s(6s5d\ ^1D_2) - \alpha_s(5d^2\ ^1D_2) = -5.251 \pm 0.084\text{ MHz}/(\text{kV}/\text{cm})^2$ と決定した。

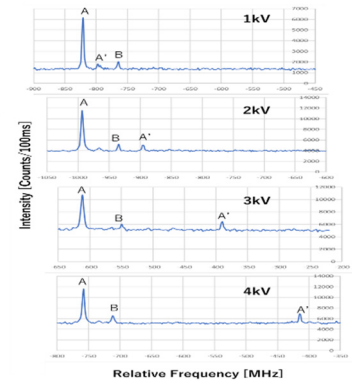


Fig.1 観測されたシュタルクスペクトル

5 位相同期による光周波数コムの周波数安定化

真島 史弥

モード同期レーザーの出力は、時間軸上では周期的な超短光パルス列であり、周波数軸上におけるスペクトルは、周波数成分が等しい周波数間隔 f_{rep} で櫛 (comb) のように分布している。 n 番目の光コムの周波数 f_n は、光コムの間隔である繰り返し周波数とオフセット周波数 f_{ceo} から $f_n = nf_{\text{rep}} + f_{\text{ceo}}$ と記述できる。ここで、 f_{ceo} と f_{rep} をマイクロ波周波数基準に対し位相同期することにより、光周波数コムの絶対周波数を高精度に安定化できる。本研究では、モード同期ファイバレーザーを基にした光周波数コムを2台開発し、マイクロ波周波数基準である Rb 周波数基準に対して f_{ceo} と f_{rep} を同時に位相同期し、光周波数コムの絶対周波数を安定化した。

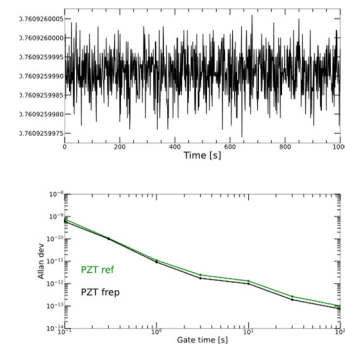


図1 (上)繰り返し周波数の位相同期時の時間変化、(下)アラン偏差

6 高精度に位相同期したデュアルコム分光システムの開発

内山 竜成

本研究では、高感度な分光計測が可能なデュアルコム分光^{1), 2)}を実現するために、2台の光コム光源と周波数安定化制御を用いたデュアルコム分光システムを開発した。2台の光コムの繰り返し周波数とキャリア・エンベロープ・オフセット周波数は高精度に位相同期されるため、インターフェログラムの位相を揃えたコヒーレント積算が可能となる。さらに、レーザー共振器内に設置したディレイラインにより、任意の測定帯域、測定時間に設定することが出来る。分光性能の評価として、HCNガスの波長1550nm域におけるP Branch, R Branchの全吸収線の同時計測を行った。HCNの個別吸収線をNISTデータベース³⁾と比較し、圧力ゼロの純粋HCNガスとの中心周波数差が1pm程度、線幅が5~10pm程度で一致した。

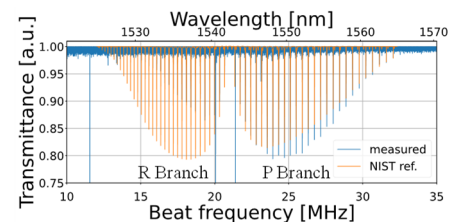


Fig. 1 Normalized (blue) and NIST data (red) transmittance spectra of HCN.

- 1) I. Coddington, et al., *Optica* **3**, 414 (2016)
- 2) Y. Nakajima, et al., *Optics Express* **18**, 1667 (2010)
- 3) W. C Swann, et al., *Opt. Soc. Am. B* **22**, 1749 (2005)

7 全異常分散共振器による機構共有型デュアルコムファイバレーザーの開発

西宮 友大

デュアルコム分光法では、2台の光周波数コムを用いることで、高速・高分解能・広帯域な分光測定が可能である。これまでに我々は実用的なデュアルコム分光計を実現するために、環境外乱に対して堅牢な全偏波保持ファイバを基にした機構共有型デュアルコムファイバレーザーを開発した。その際、モード同期動作の不安定性のために、光コムの繰り返し周波数は47 MHzで制限されていた。本研究では、高い繰り返し周波数でのモード同期動作を安定化するために、波長1.55 μm 域において異常分散を有する偏波保持型のEr添加光ファイバを利得媒質として用いた。レーザー共振器の構成を最適化した結果、繰り返し周波数72 MHzでの安定なモード同期動作を実現した。

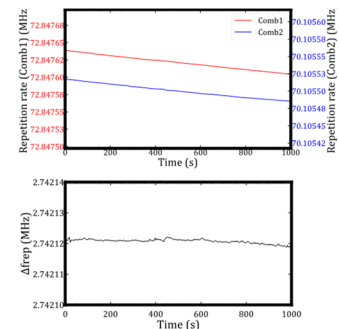


図1 (上) 繰り返し周波数 f_{rep} と (下) 繰り返し周波数の差 Δf_{rep} の時間変化

8 双方向動作型デュアルコムファイバレーザーの開発

窪田 光佑

近年、繰り返し周波数が異なる2台の光コムを用いるデュアルコム分光法が注目されている。一方で、システム構成が大型となっていた。この課題解決のために、我々は1台のレーザーから2台の光コムの同時発生が可能な双方向動作型デュアルコムファイバレーザーを開発した。本研究では、デュアルコムレーザーの出力に対し、エルビウム添加ファイバ増幅器(EDFA)を作成し、高非線形ファイバ(HNLF)を用いて光コムの広帯域化を行った。次に1f-2f干渉計を用いてS/N比30 dB程度の f_{ceo} ビート信号が得られた。次にHCNガスセルを用いたガス分光を行い、吸収スペクトルを得られた。最後に、デュアルコムレーザーの出力に対して双方向励起のEDFAを作成し、出力平均パワー119 mW、パルス幅38 fs (sech²近似)の超短パルス光の発生に成功した。

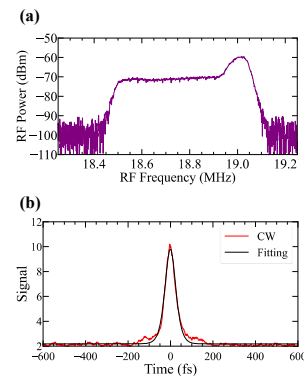


図1 (a)取得した吸収スペクトルと(b)超短パルス光の自己相関波形

9 非線形光学効果を高度に利用した広帯域光コム光源の開発

宮本 丈之祐

未公開