

光コムによる単一モード Ti:Sapphire レーザーの周波数制御

(福岡大理^a, 電通大^b, 神戸大分子フォト^c, 京大院理^d)

○御園雅俊^a・山崎翔^a・西山明子^b・笠原俊二^c・馬場正昭^d

Frequency Control of a Single Mode Ti:Sapphire Laser by an Optical Comb

(Fukuoka Univ.^a, Univ. of Electro-Communications^b, Kobe Univ.^c, Kyoto Univ.^d)

M. Misono^a, S. Yamasaki^a, A. Nishiyama^b, S. Kasahara^c, and M. Baba^d

We have been studied the dynamics of polyatomic molecules by high-resolution spectroscopy with a supersonic molecular beam or by Doppler-free two-photon absorption spectroscopy. In these spectroscopies, the determination of the frequency axis is a crucial issue. In this study, we developed a frequency control system of a CW single mode Ti:Sapphire laser with reference to an Er-doped fiber optical frequency comb.

【はじめに】

我々は超音速分子線分光法やドップラーフリー二光子吸収分光法などを用いて、多原子分子の高分解能分光を行ってきた。これまでに、ベンゼンやナフタレンなどの小さい芳香族化合物の高分解能スペクトルを測定し、これらの解析を行った。現在は、9-メチルアントラセン、1,2-ベンズアントラセン、ペリレンなどの多環芳香族炭化水素の高分解能分光計測を進めている。このような分光計測においては、分子の遷移周波数を精密に決定することが重要である。今回は、Er ドープファイバー光周波数コム (Er コム) を基準として、連続発振の単一モードチタンサファイアレーザー (Ti:S) の周波数を制御するシステムの開発を行ったので報告する。

【動作原理】

光周波数コムは 10^5 から 10^6 本のモードが一定間隔に並んだスペクトルをもつ。モード間隔 f_{rep} とキャリア-エンベロップオフセット周波数 f_{CEO} をもちいると、 n 番目のモードの周波数は $nf_{\text{rep}} + f_{\text{CEO}}$ と表せる。また、周波数 f_{laser} の単一モードレーザー出力光を、駆動周波数 f_{AOM} の音響光学周波数シフター (Acousto-Optic Frequency Shifter, AOFS) に通して周波数をシフトさせる。この際には、光の経路が変化しないようにダブルパス構成とする。光周波数コムの出力光と AOFS の出力光を重ね合わせてフォトダイオードで強度を測定するとビートが観測される。このビートの周波数を f_{beat} とする。これらの周波数の間には次の関係が成り立つ。

$$f_{\text{laser}} + 2f_{\text{AOM}} = (nf_{\text{rep}} + f_{\text{CEO}}) + f_{\text{beat}}$$

f_{rep} と f_{CEO} を Cs 原子時計等の基準周波数にロックすると、光周波数コムのモード周波数 $nf_{\text{rep}} + f_{\text{CEO}}$ は一定となる。さらに、 f_{beat} が一定となるように制御すると、この式の右辺は一定となる。したがって、 f_{AOM} を変化させると、 f_{laser} は f_{AOM} の変化と反対の向きに 2 倍の大きさで変化することになるので、 f_{AOM} によって f_{laser} を制御できることがわかる。

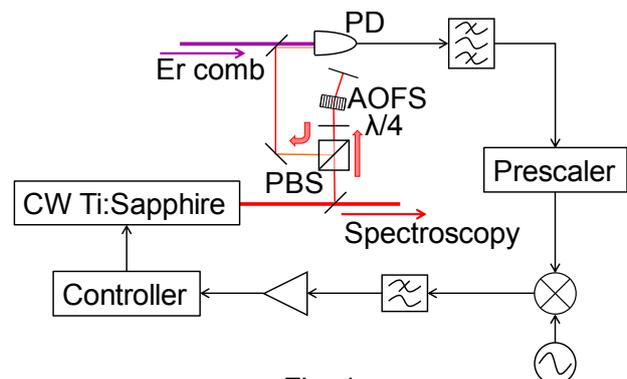


Fig. 1

【実験システム】

今回の実験システムを Fig. 1 に示す。本研究では、Er コムの f_{rep} (~ 68.4 MHz) と f_{CEO} (~ 17.1 MHz) を、GPS 衛星に搭載された Cs 原子時計からの基準信号にロックした。また、Ti:S 出力光の一部を分岐し、ダブルパス構成の AOFS に通して周波数をシフトさせた。この光を Er コムの出力光と重ねて f_{beat} を測定した。測定された f_{beat} をプリスケラーで 129 分周し、信号発生器の出力に位相同期するように Ti:S のコントローラーに帰還した。

【結果】

動作を実証した結果を図 2 に示す。Ti:S 出力光の波数は約 13264.5 cm^{-1} であり、約 1442 s の間に約 2.664 GHz の光周波数範囲の掃引を行った。この図の横軸は上記の方法によって校正したものである。上段に f_{AOM} 、中段に f_{beat} 、下段に共焦点型ファブリー・ペロー光共振器の透過光強度を示す。 f_{AOM} を減少させることにより、 f_{laser} を小さな値から大きな値へと掃引することに成功した。使用した AOFS の出力周波数範囲は 220 MHz から 320 MHz までであるため、今回の測定においては、 f_{AOM} を減少させて 252.9 MHz に達するたびに $f_{\text{rep}}/2 = 34.2$ MHz を加えた。これによって、基準とするコムのモードを、隣のモードへと移動させることができる。

現在我々は、このシステムと分子線分光装置を利用して、多環芳香族炭化水素の高分解能スペクトルの測定を試みている。

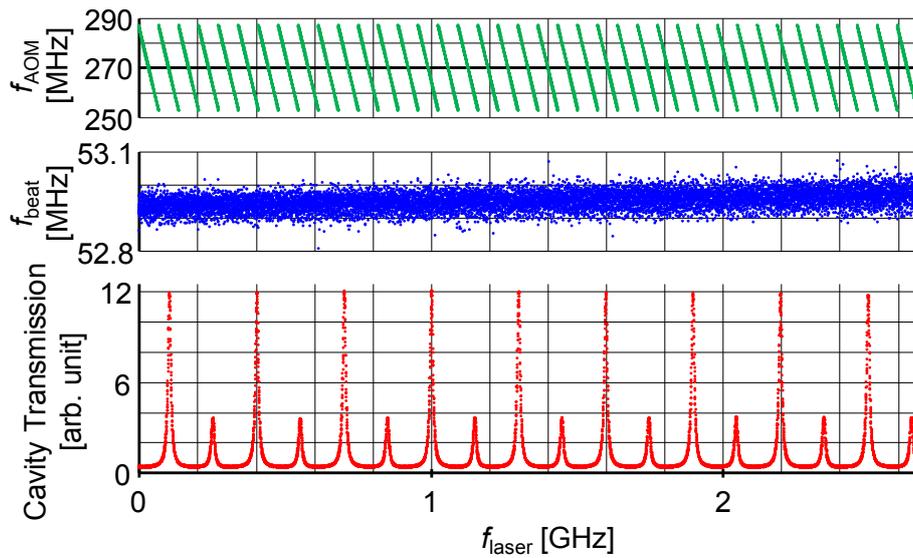


Fig. 2