

量子カスケードレーザーを用いた CH₃F 分子 v₃ バンドのラムディップ分光 (東工大院理工) ○栗林康太・金森英人

Lamb dip spectroscopy of the v₃ bands of CH₃F using Quantum Cascade laser
(Tokyo Institute of Technology) Kota Kuribayashi, Hideto Kanamori

A Quantum Cascade laser has been focused as a new mid-infrared light source. We observed Lamb dip spectrum of the v₃ bands of CH₃F using Quantum Cascade laser, without optical cavity cell. The narrowest width was found to be 7 MHz. From measurement of the dip of pressure dependence and power dependence, the width was limited by the laser in free running.

【序】近年、さまざまな中赤外光源が高分解能光源として使用可能になってきた。Sasada らは共振器を用いることで 300μW の出力を持つ 3μm 帯の中赤外の光源を使い、ラムディップ分光を行った¹。量子カスケードレーザー(以下、QC レーザー)は、中赤外での新たな光源として注目されている。本研究室でもこの QC レーザーを光源としたパラ水素結晶中の CH₃F 分子の v₃ バンドの分光を行っている²。QC レーザーは従来の半導体レーザーよりも出力が大きく、共振器を用いなくても中赤外でのラムディップ分光を行える可能性を持っている。本研究で用いた 9μm の QC レーザーの出力は 30mW であり、遷移双極子が 0.12 Debye と大きい CH₃F 分子の v₃ バンドを用いることで、QC レーザーを使った中赤外でのラムディップ分光の可能性を調べることを目的とした。

【実験】図 1 に実験装置の模式図を示す。本実験では温度コントローラーと電流コントローラーで制御した 9μm の QC レーザー (Hamamatsu L10195) を光源とした。光源から出た光は、始めにビームスプリッター (BS) を用いて片方を 300MHz のエタロンを通すことで周波数軸の決定を行った。残りの光はグリッドポーラライザー (GP) を用いることで Pump 光と Probe 光の

二つに分け、CH₃F を詰めた 15cm のセルに入射させラムディップ分光を行った。ディップの測定は v₃ バンドのうち、1040cm⁻¹ 近辺にある P(5) と P(6) で行った。ディップ信号を高感度で検出するために Pump 光をチョッパーで変調しロックイン検出を行った。ディップ信号からレーザー線幅を決定するため、圧力依存度 (10mTorr ~ 60mTorr) およびパワー依存度の測定を行った。

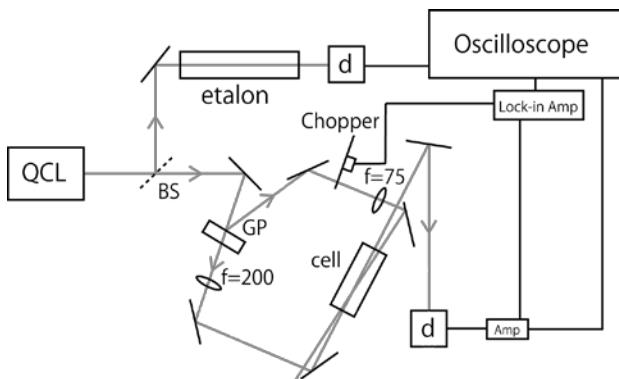


図 1. 実験装置

【結果】 図 2 は 15mTorr の圧力下においてロックイン検出を用いず測定を行ったときに、Pump 光を入れたときと入れないときでの、スペクトルの差から得られたディップ信号である。得られたディップ信号の強度は吸収による信号に対して 0.6% であった。図 3 は同条件下でロックイン検出をしたときに得られた P(5) のスペクトルである。図中の a はエタロンからの信号であり、これをもとに周波数軸の決定を行った。b はロックイン検出により得たディップの信号である。c は Pump 光を用いずに Probe 光の信号を直接観測した際のスペクトルであり、そのドップラー幅は 70MHz である。今回のラムディップ実験により P(5) と P(6)において、ドップラー幅に埋もれていた K=0 と K=1 の分裂を分解し、7MHz の線幅で観測することができた。また圧力依存度およびパワー依存度の測定結果から線幅を決めた 7MHz がレーザー線幅であると見積もった。

【考察】 QC レーザーを用いることで中赤外でのラムディップ分光が可能であることがわかった。今回の実験ではディップの信号強度が 0.6% と弱いが、これはセルの長さに対して飽和効果を起こせている範囲が狭いことが原因だと考えられる。これは、セルの長さを最適化することでさらなる改善が期待できる。また、観測を行った今回 CH₃F に対して飽和効果が観測されたことにより、QC レーザーを二重共鳴分光の Pump 光として用いることが可能であるとわかった。今後は QC レーザーを用いたラムディップ分光や二重共鳴法を行うことで、これまで飽和分光によって観測できなかった分子に対しても高分解能な分光が行えることとなる。今後はそのような分子に対して飽和分光の手法を使った高分解能分光を行う予定である。

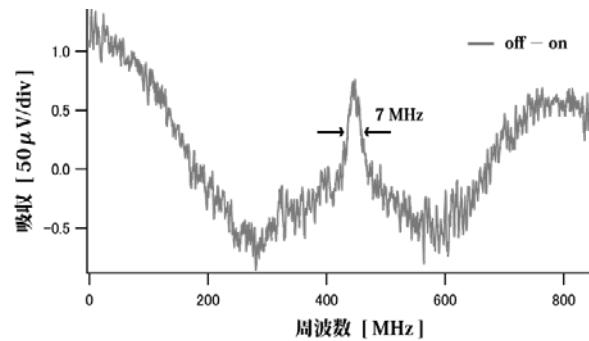


図 2. ロックイン検出なしでの
ディップの信号 (P(5), K=3)

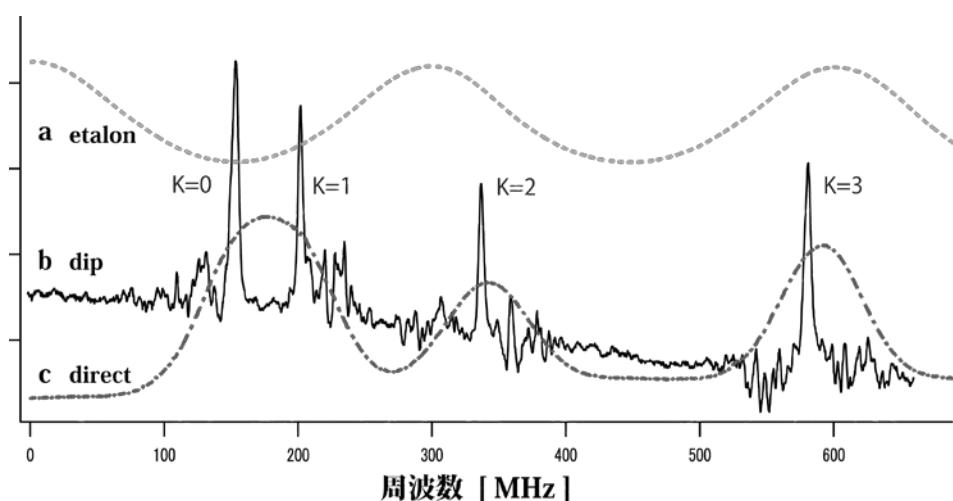


図 3. P(5) のロックイン検出スペクトル

1 M. Abe, K. Takahata, H. Sasada Optics Letters 34, 1744-1746 (2009)

2 A. R. W. McKellar, A. Mizoguchi, H. Kanamori PCCP in printing Q2011)