

# 2色励起 OPO レーザーの開発と 赤外-赤外 2重共鳴分光への適用

(東工大院理工) ○饗場 悠太、 金森 英人

## IR-IR double resonance by using two colors pumped OPO LASER

(Department of Physics, Tokyo Institute of Technology) Yuta Aiba, Hideto Kanamori

In order to control the quantum phase of molecules by phase-locked IR-IR double resonance, we developed a new type of OPO laser system which emits two independent single mode IR emissions. Using this light source, we observed the double resonance spectrum of R (1) -P (1) in  $\nu_3$  band of CH<sub>4</sub>. About the phase-control of the two lasers, we have achieved the center locking.

【序】近年、位相安定化したレーザー光と分子のコヒーレント相互作用を通して、分子の振動回転状態の位相を直接操作する提案がされている[1]。本研究室ではこれまでに Rb 原子の電子遷移の超微細準位を用いた二重共鳴を使って位相制御実験を行ってきたが、分子を対象にこのような実験を行うためには、相対位相を制御した2色の中赤外コヒーレント光源が必要となる。また、振動回転遷移モーメントは電子遷移に比べて1桁小さいので、非線形分光を行うには2桁強い光強度が必要となる。回転準位間を二重共鳴させるためには、回転定数の数倍の差周波を持つレーザー同士を位相安定化させる必要がある。これを実現する有力な手段として、光周波数コムを利用することが考えられるが、現状の光周波数コムは近赤外領域が主な領域であるため、中赤外領域においても使えるようにする必要がある。

以上のことを踏まえ、本研究では2台の波長可変近赤外半導体レーザー光をシーダー光とする赤外 OPO レーザーと光周波数コムを組み合わせることによって、【1】位相同期された中赤外多色光源の開発とそのプロトタイプを用いた【2】分子の振動回転準位を対象とした二重共鳴分光を試みた。

### 【実験と結果1】位相安定化した2色赤外レーザー光源の開発

非線形結晶内での OPO 過程は pump 光: $\omega_p$ 、signal 光: $\omega_s$ 、idle 光: $\omega_i$  ( $\omega_s > \omega_i$ ) とすれば、 $\omega_p = \omega_s + \omega_i$  と表せる。図1に示すように同一結晶内に2色の pump 光: $\omega_{p1}$  と  $\omega_{p2}$  を導入し、signal 光が共通となるようにすれば、2色の idle 光  $\omega_{i1}$ 、 $\omega_{i2}$  を得ることができる。我々は pump 光として高速変調が行えて、チューニングレンジの広い 1  $\mu\text{m}$  帯 DFB レーザー2台を seed 光として、1台のファイバーアンプで増幅したものを pump 光とし、リング共振器内の PPLN

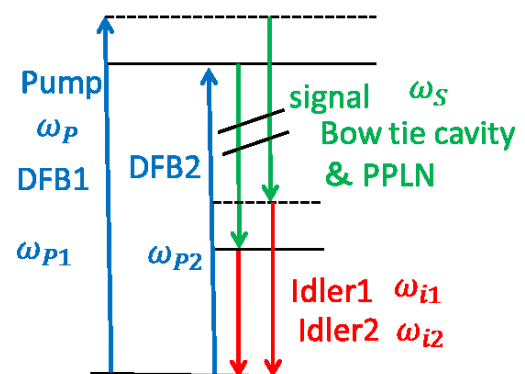


図1 2色中赤外光発生 OPO の原理

を励起した。図2に示すように、単一モード発振した signal 光 (1.5  $\mu\text{m}$  帯) を外部の reference

cavity に安定化し、DFB レーザーを掃引することによって、2 色の idle 光 ( $3 \mu\text{m}$  帯) の同時シングルモード発振を実現した。単色赤外レーザーとしての発振範囲は  $85 - 95 \text{ THz}$  で、この領域で  $1 \text{ THz}$  のモードホップフリー連続周波数掃引を確認した。2 色間の位相安定化に関しては 2 台の DFB レーザーの差周波を RF の標準信号にセンターロックを行うことまで確認した。

【実験と結果 2】 $\text{CH}_4$  の振動遷移を用いた 2 重共鳴分光

この赤外光源の有用性を示すために  $\text{CH}_4$  振動遷移を用いた二重共鳴分光実験を行った。図 3 に示すように  $\text{CH}_4$  の  $\nu_3$  バンドにおいて  $R(1)$  をパンプし、 $P(1)$  をプローブした際の 2 重共鳴信号を直接吸収にて記録したものを図 4 に示

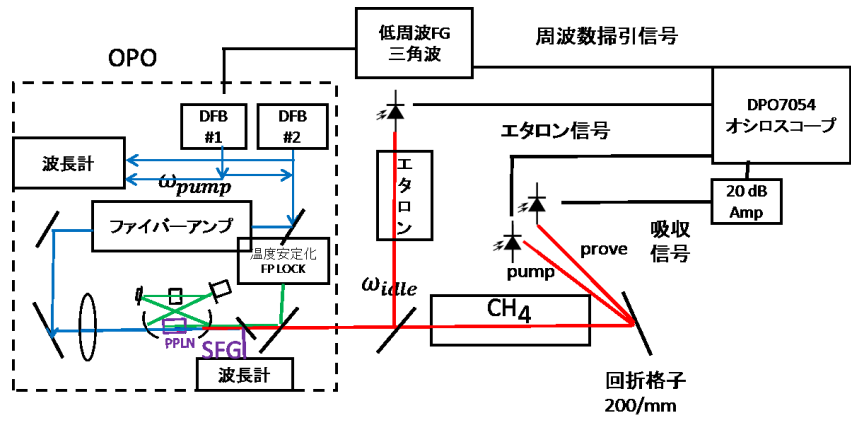


図 2 2 重共鳴分光 装置模式図

す。このときのパンプ光の条件は  $170 \text{ mW}$  を  $0.22 \text{ mm}$  に集光し長さ  $20 \text{ cm}$  の試料セル中に導入した、 $\text{CH}_4$  の圧力は  $100 \text{ mTorr}$  である。プローブ光はセルを透過させた後、回折格子にて光を分離して計測した。ドップラー広がりの中の共鳴のディップの線幅は光源の線幅と飽和広がりによって制限される  $4.7 \text{ MHz}$  まで細くすることができた。

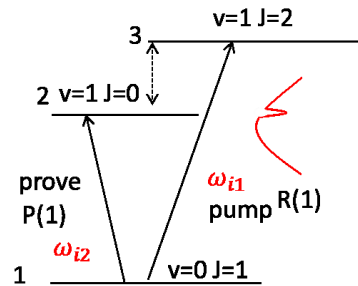


図 3 2 重共鳴分光 準位図

【まとめ】今回の実験で新しい赤外光源の有用性が示された。現状では赤外波長の精度は波長計で決まる  $100 \text{ MHz}$  程度、差周波はモードホップフリーの  $1 \text{ THz}$  以内ならばエタロンが決める  $10 \text{ MHz}$  程度である。今後、光周波数コムに周波数ロックを行えば、高精度なサブドップラー分光が可能になる。また、最終目的である光コムとの位相同期を目指していく。

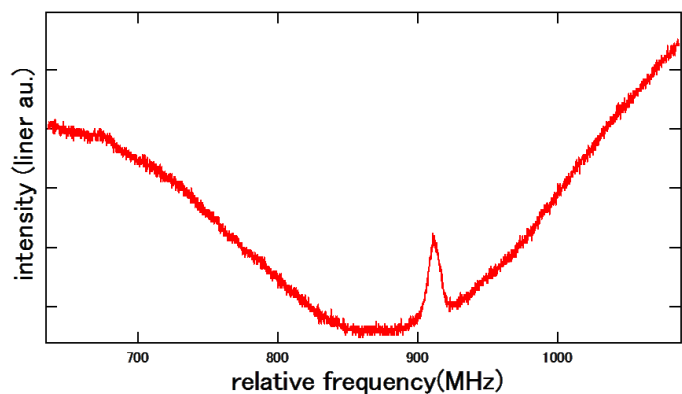


図 4 100 mtorr 時の 2 重共鳴信号