

## 大きなコヒーレンスを用いた非線形光学

電気通信大学 量子・物質工学科、CREST JST  
桂川眞幸、梁佳旗、白田耕蔵

### Nonlinear Optics with Large Coherence

University of Electro-Communications, Department of Applied Physics and Chemistry,  
and CREST, JST

M. Katsuragawa, J. Q. Liang, and K. Hakuta

図1に示す非線形光学過程（パラメトリック周波数上方、または下方変換）を考える。 $\rho_{12}$ は誘導ラマン散乱過程を通して媒質中に準備されたラマンコヒーレンスである。通常、議論されている状況では $\rho_{12}$ は極めて小さく、大きな周波数変換効率を得るには、コヒーレント長よりもずっと長い相互作用長が必要になる。結果として、その周波数変換過程は物質固有の屈折率で与えられる位相整合条件によって厳しく制限されることになる。一方、充分大きな $\rho_{12}$ を準備すると、非線形項が分散を与える線形項よりもずっと大きくなる状況をつくりだすことも可能である。この場合には、主要な周波数変換過程はコヒーレント長内で達成され、その結果、周波数変換過程は位相整合条件の制約を受けないという大きな自由度を得る。

現実にはそのような大きなコヒーレンス $\rho_{12}$ を媒質中にいかに準備するかということがキーポイントになる。ここでは媒質に固体水素を、状態 $|1\rangle$ 、 $|2\rangle$ にその基底状態( $v=0, J=0$ )と純振動励起状態( $v=1, J=0$ )をそれぞれ適用した。また、 $\rho_{12}$ を形成するためのレーザーとして、単一周波数パルス Ti:Sapphire レーザー(738 nm)と単一周波数パルス Q:YAG レーザー(1064 nm)を用いた。固体水素は、大きな $\rho_{12}$ を形成する対象として理想的な系の一つである。振動励起状態( $v=1, J=0$ )の位相緩和係数が極めて小さい( $< 6$  MHz)ため、中間準位に対して $80000\text{cm}^{-1}$ の大きな非共鳴が存在するラマン過程にもかかわらず現実的なパルス強度(数百  $\text{MW}/\text{cm}^2$ )で充分大きな $\rho_{12}$ ( $>0.01$ )を形成することが可能である。ひとたび位相整合条件の制約がはずれると、これまでの限界を超えた様々な応用が可能になる[1]。図2はその一例で、固体水素中に準備した大きなラマンコヒーレンスが、インコヒーレント光(色素の蛍光)とビートして、その $4000\text{cm}^{-1}$ 高周波、及び低周波側にインコヒーレント光のサイドバンドを発生させた結果を示している。図2から入射インコヒーレント光のブロード( $1800\text{cm}^{-1}$ )なスペクトルがそのままサイドバンドにコピーされている様子が見てとれる。量子変換効率は極めて高く、最大で高周波側へ22%、低周波側へ24%にも達した。この変換過程の効率はビートさせる入射光の強度に依存しない。実際、入射インコヒーレント光の強度を1波束あたり1光子をきるレベルまで弱くしても $\sim 20\%$ の高変換効率が維持されることを確認することができた。

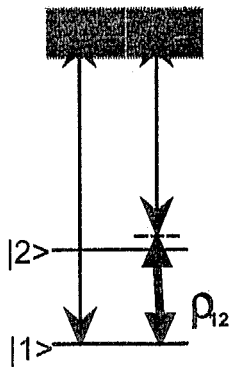


図1

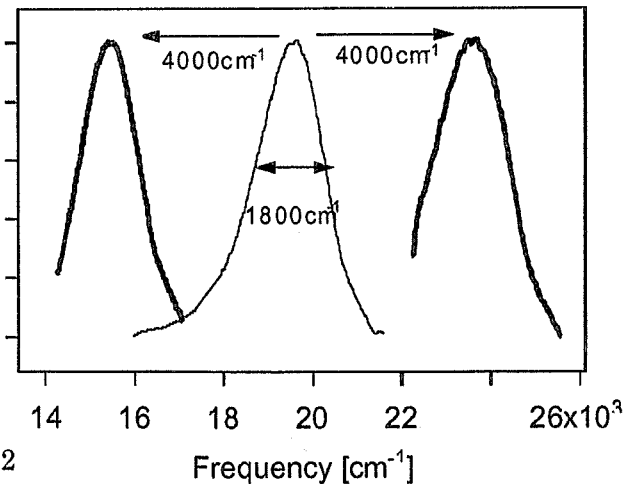


図2

[1] J. Q. Liang, M. Katsuragawa, Fam Le Kien, and K. Hakuta, Phys. Rev. Lett. **85**, 2474 (2000).