分光便利帳

レインボースターズ ——二色誘導ラマン効果——

レーザーは現在分光測定になくてはならない存在であるが、その性能についてはまだ不十分な点が少なくない。たとえば非線形光学効果の研究に必要な高出力あるいは極短パルスレーザー、また実用性の点では広域波長可変レーザーなど今後の開発に期待するところが少なくない。

我々は色素レーザーの波長を誘導ラマン効果を用いて変換しているとき、偶然写真に示すような虹色に輝く多数のスポットからなるレーザー光を見出した¹⁾。レインボースターズと呼んでいるこの現象は、色素レーザーの欠陥により生じていた比較的単色な誘導放出増幅光(ASE)と発振光の四波混合により生じていることが後日判明した。図1はその機構を示したものである。発振

光2光子による仮想準位への2段階励起後、波長の異なる第3のシード光(ASE)導入によって、第4の誘導放出光が発生する。さらにカスケード過程あるいは高次混合過程により多数の波長でレーザー発振が起こる。この際2波長発振光のエネルギー差がラマン媒質である水素の回転準位($J=1$ と $J=3$)差に一致したとき、多数の振動、回転ラマン光が共鳴的に発生する。

レーザーは本質的に単色であり、従来多色レーザー発生の試みは極めて限られていた。現在でもむしろ特定の発振線への変換効率を上げるため、他の発振線の発生を極力抑制する方向へ研究が進んでいる。このレインボースターズはレーザーの応用に新しい領域をひらいたと考えている。すなわちこの方式によれば紫外・可視域において1000色以上の同時レーザー発振も可能である。したがって今後種々の分野への応用が期待される。

図2は2波長発振光の波長間隔を回転遷移エネルギーの 587 cm^{-1} に合わせて変化させ、多色レーザーの波長を走引したときの強度である²⁾。この方式によれば247 nm から 771 nm まで、単一光学系によりレーザー発振させることができる。したがって現在注目されている光

写真 レインボースターズのスペクトル写真

2波長発振レーザー光を加圧水素に通し、プリズムを通過させてスクリーンに投影したもの撮影

* Rainbow Stars; Two-Color Stimulated Raman Effect.

図1 レインボースターズの発生機構

図2 レインボースターズの可変波長域

パラメトリック発振やチタンサファイアレーザーよりはるかに広い周波数領域でレーザー光を得ることが可能である。この方式では2波長発振光の周波数間隔を厳密に一定にして走査する必要がある。しかし現在では単一レーザー光から円偏光を作って回転ラマン光を発生させ、さらに直線偏光に直してレインボースターズを発生させることもできる。特定の発振線のみを効率よく取り出すことも原理的には可能である。

レインボースターズは本来多色レーザーであり、単一の発振線を取り出さず、多色レーザーとして利用する方が効果的である。たとえばレーザーショーなどのディスプレイや多重データ通信などへの応用が考えられる。レーザー分光分析においては、しばしば測定時間を短縮す

ることが要求される。たとえばクロマトグラフのように試料検出時間が限られる場合には、この多重励起方式がとくに有効と考えられる。

レインボースターズは振動及び回転ラマン光が同時に発生したものであるが、エネルギー間隔と強度が不規則になる。このため応用において不便を感じる 때가少なくない。しかしながらラマン媒体である水素の圧力及び集光条件を選ぶことにより、回転ラマン光のみを選択的に発生することもできる³⁾。この場合には 587 cm^{-1} (p-水素の場合には 354 cm^{-1}) の間隔で多数の発振線が得られる。発振スペクトルの形は通常のレーザーの縦モードと類似しているが、周波数帯域に制限がない点異なる。したがって位相同期させると、原理的には色素レーザーが発生できる任意の波長領域において、1 fs の光パルスが発生することが可能である。従来の極短パルス発生法においては、発生できる周波数帯域に制限があること、またチタンサファイアのように帯域が広い場合も光が結晶を通過する際に生じる群速度分散の高次補正が困難なこと（現在報告されている最小光パルス幅の6 fsは3次まで補正して実現されている）などが指摘されている。したがってレインボースターズは極短パルス光発生並びに高速現象のダイナミクスの研究にブレークスルーをもたらすと期待している。

適当なラマン媒質を選べばナノ秒の光パルスを一挙に単一のフェムト秒光パルスへ変換（圧縮）することもできる。したがって高尖頭出力光が不可欠な非線形光学効果の研究さらには核融合等に利用できる可能性もある。したがってこのレインボースターズの応用分野は極めて広いと考えている。

文 献

- 1) T. Imasaka, S. Kawasaki, and N. Ishibashi: Appl. Phys. **B49**, 389 (1989).
- 2) T. Imasaka, T. Higashijima, S. Kawasaki, and N. Ishibashi: Appl. Opt. **29**, 1727 (1990).
- 3) S. Yoshikawa, S. Kawasaki, T. Imasaka, and N. Ishibashi: Jpn. J. Appl. Phys. Lett. **30**, L283 (1991).

(九大・工 今坂藤太郎)

* Totaro Imasaka, Faculty of Engineering, Kyushu University.