

ディビジョン番号	1
ディビジョン名	物理化学

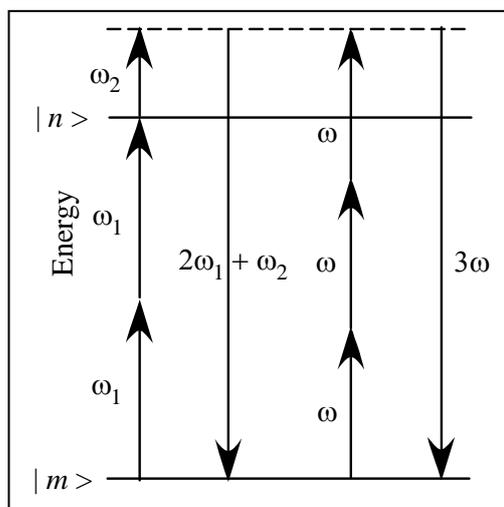
大項目	1. 分子分光学および分子集合体の構造
中項目	1-1. 高分解能分光
小項目	1-1-10. 真空紫外レーザー分光

概要（200字以内）

真空紫外領域における周波数可変コヒーレント光は、主に共鳴二光子四波混合（図左側）および第三高調波発生（図右側）によって得られている。

多重共鳴法等の適用により、基底状態からは一光子禁制な高励起状態を量子準位選択的に励起でき、精密分光を通して分子構造、電子構造、励起状態間相互作用およびダイナミクスを理解することができる。

フェムト秒極端紫外コヒーレント光による超高速緩和現象の追跡が可能となる。



現状と最前線

真空紫外領域における分子分光に用いられる先端光源は、シンクロトロン放射光[1]とレーザー（コヒーレント）光[2]である。前者ではエネルギー分解能は悪いが掃引波長範囲が広い。一方後者では掃引波長範囲が限定される代わりに、エネルギー分解能および光子密度では圧倒的な優位を誇る。したがってこれら二つの光源は相補的に用いられるべきである。

真空紫外レーザー光の発生には、四波混合と呼ばれる非線形光学現象を用いる（上図参照）。現状では実験室レベルで、短波長側 70 nm 付近までの発振、線幅 ≤ 300 MHz、波長 100 nm 近傍でエネルギー絶対値の精度 ~ 0.006 cm^{-1} が達成されている。超高分解能真空紫外レーザー分光によって決定された水素分子の遷移周波数と、宇宙電波分光学によって計測された冷たい水素雲中での吸収周波数の間に有為の誤差が認められ、これより陽子と電子の質量比 $\mu = m_p/m_e$ が過去 120 億年で約 0.002% 減少しているのではないかと、この仮説が提出されている。

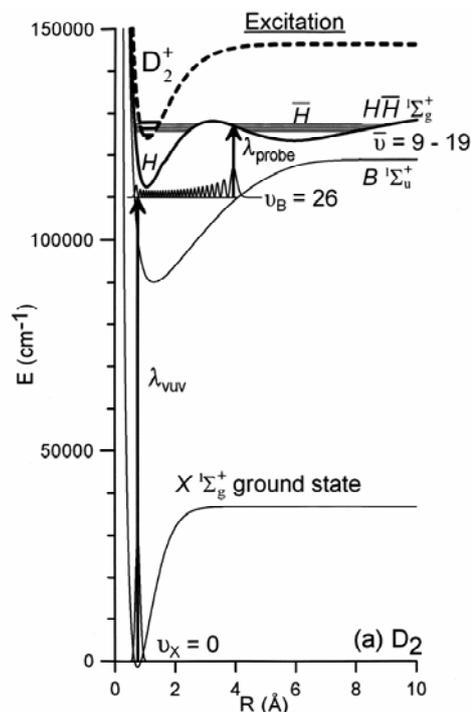
レーザーベースによる真空紫外光発生では、他のレーザーとの同期による多重共鳴分光が可能となる。図は、真空紫外-可視二重共鳴法によって水素分子の \bar{H} 状態を励起するスキームを示している。 \bar{H} 状態はゲラーデ対称性を持ち、約 12500 cm^{-1} (~ 80 nm) 付近に存在する平衡核間距離約 6 Å の準安定状態であり、本励起スキーム以外での量子状態選択的励起は困難である。理論計算との比較から、 \bar{H} 状態についての詳細な緩和ダイナミクスが明らかにされたのはごく最近のことである。

水素分子については、三重共鳴分光の例も報告されており、さらに高い励起状態が計測対象となっている。

さらに短い波長を発生する方法として六波混合過程があり、実際第五高調波発生によって ~ 58 nm を発生しこれを He 共鳴線の精密分光に応用した例が報告されている。

[1] 日本分光学会測定法シリーズ 24. シンクロトロン放射光 -化学への基礎的応用-

[2] 日本分光学会測定法シリーズ 23. 真空紫外域のレーザー分光



将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

物理学の根本に係わる問題でもあり、過去 120 億年における陽子対電子の質量比 ($\mu = m_p/m_e$) 減少の真偽を確認。

連続発振 (cw) 真空紫外レーザー光による超高分解能分子分光。

フェムト秒・アト秒真空紫外コヒーレント光の発生および励起状態ダイナミクスへの応用。

- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

フェムト秒・アト秒真空紫外コヒーレント光と赤外自由電子レーザーのマイクロパルス (1 ~ 3 ps) の同期。

キーワード

四波混合、真空紫外コヒーレント光、高分解能分子分光、多重共鳴分光、電子励起状態

(執筆: 築山 光一)