

Fabry-Perot 共振器吸収セルを用いたメタン分子および ヨウ化メチル分子倍音振動遷移の高分解能分光

石橋 爾子

論文の内容の要旨

分光学は早くから物理学、化学、天文学など科学の多岐にわたる分野に貢献してきた。特にレーザーの登場以降、光と物質の強い相互作用を利用した分光法により周波数分解能は飛躍的に向上した。しかし、この高分解能レーザー分光を分子の倍音振動バンドで行うことは難しかった。これは、その遷移双極子モーメントが小さく、また、倍音振動バンドがある近赤外域で実用化されているレーザーは出力の小さい半導体レーザーしかないためである。

本論文では光と分子の相互作用を強くするためにFabry-Perot共振器を吸収セルとして用いるレーザー分光法について述べた。共振器内では光が定在波となり、その腹では光電場が共鳴的に強められる。このため、分子の倍音振動バンドで高分解能分光が可能となった。

第1章では高分解能レーザー分光を概説し、本研究の目的と意義を述べた。

第2章では本研究の実験原理に関する基本的な理論を記した。

第3章では分解能を高めるために感度を改善した実験について述べた。試料気体圧力とレーザー強度は大きいほど信号強度は上がる反面、スペクトル幅は広がる。そこで、周波数変調法(NICE-OHMS法)を用いて検出感度を10倍以上改善し、試料気体圧力とレーザー強度を減らして1.6 μm 帯メタン分子 $2\nu_3$ 振動バンドで線幅 320kHz(周波数分解能 5.6×10^8)の飽和スペクトルを観測した。

第4章では、メタン分子 $2\nu_3$ 振動バンドの遷移周波数の絶対測定について述べた。飽和分光で観測したスペクトル幅の狭い吸収線にレーザー周波数を安定化し、基準となる1.5 μm 帯アセチレン分子の振動回転遷移との差周波数を精密測定した。この結果から、R(0)およびQ(1)遷移の絶対周波数を 180.34506508(37)THz、180.021 253 10(61)THzと決定し、従来に比べ精度を2桁改善した。

第5章では、ヨウ化メチル分子 $2\nu_4$ 振動バンドの飽和分光について述べた。Doppler幅の中で重なり合う超微細構造を分解して観測し、分裂パターンから遷移を帰属した。また、振動励起状態の超微細構造定数を -1.943GHzと決定した。これらは、本分光装置の高分解能と広い同調領域によって可能となった。

第6章では、ヨウ化メチル分子の近赤外ラジオ波二重共鳴分光について述べた。超微細準位間に共鳴するラジオ波を照射して分子と電磁波が強く結合した系(ドレスト状態)を作り、これを近赤外吸収の高分解能分光によって観測した。量子干渉効果をはじめとする実験結果はドレスト状態の理論による計算と良く一致し、本分光装置がドレスト状態の観測にも適していることが示された。

第7章を結論とし、本論文の総括および将来への展望を述べた。

以上