

高分解能分光を用いた固体水素の物性研究

京都大学大学院理学研究科 香月浩之、保科宏道、百瀬孝昌

Study on the Properties of Solid Hydrogen by High-resolution Spectroscopy

H. Katsuki, H. Hoshina, and T. Momose

Graduate School of Science, Kyoto University

【序】固体パラ水素はもっとも単純な分子性結晶であり、量子固体に類する。励起状態の緩和が遅いこと、固体が均質で不均一な線幅広がりがないこと、等の特徴のため固体パラ水素では非常に線幅の鋭い光学遷移が観測されることがよく知られている。固体パラ水素の高次純粋振動遷移である $Q_2(0)$ 及び $Q_3(0)$ 遷移の高分解能レーザー分光を行ったところ、線幅 30MHz 程度の吸収が数多く観測された。これらの遷移は固体中に微量存在するオルト水素とその周囲に存在するパラ水素の同時遷移の結果であり、そのスペクトルを解析することで固体水素中でのミクロな相互作用に関する知見を得ることができる。

【実験】 $Q_2(0)$ 遷移の遷移周波数は 8070cm^{-1} である。この領域で波長可変な cw レーザーを KTP 結晶中で Dye レーザーと Ti/Sapphire レーザーの差周波発振をとることによって開発した。 $Q_3(0)$ 遷移については、単独の Ti/Sapphire レーザーを用いて観測した。パラ水素結晶は Liq-He クライオスタット内に取り付けた直径 2cm、長さ 10cm の銅製のセル中に作成した。測定温度は 5.0K である。この結晶はマクロなサイズで単結晶であるため、偏光依存性も観測することができた。

【結果と考察】観測されたスペクトルの例を図1に示す。スペクトルはまず大きく2本に分裂し、それらがさらに細かく分裂した構造を持つ。さらに $Q_2(0)$ の場合ではより複雑な分裂が観測された。この $Q_2(0)$ と $Q_3(0)$ の違いについては振動励起状態間の vibron hopping interaction を考えることで説明することができる。結晶場ポテンシャルのパラメータと vibron hopping のパラメータ η を用いて、各遷移の周波数及び遷移強度を計算した。

非線形二乗フィットを行い各パラメータを決定したところ、 $v=2$ 状態において $\eta \sim 0.003\text{cm}^{-1}$ 、一方 $v=3$ 状態では $\eta \sim 0.0\text{cm}^{-1}$ であることが見いだされた。このことから、 $v=2$ の励起状態では vibron がオルト水素の周囲で局所的に非局在化しており、一方 $v=3$ の状態では vibron はオルト水素の隣にある1つのパラ水素に局在していると見なせることがわかった。さらに励起振動状態での結晶構造の変化についても議論する。

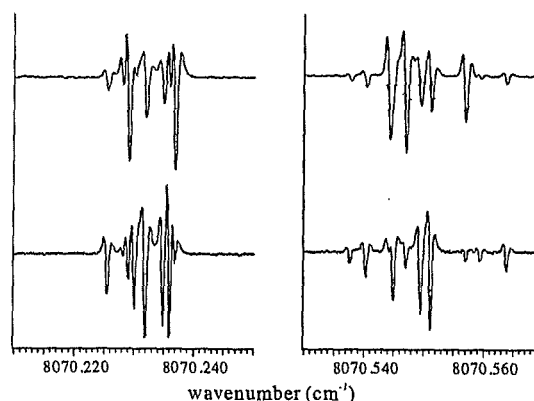


図1 $Q_2(0)$ 遷移の吸収スペクトル (2次微分形)

上:parallel偏光 下:perpendicular偏光 (結晶c軸に対して)