

固体水素のコヒーレントラマン分光

白田研究室 9614001

青木真吾

1. 目的

我々の研究室では固体水素を媒質として用いた非線形光学の研究を行っています。今回の研究では固体水素の基底状態 ($v=0, j=0$) から純振動励起状態 ($v=1, j=0$) への遷移のエネルギーと線幅の測定を高感度・高分解能に行う。そしてラマンシフトとラマン線幅の温度依存に関する情報を得るといふこと目的として行う。

2. 光源

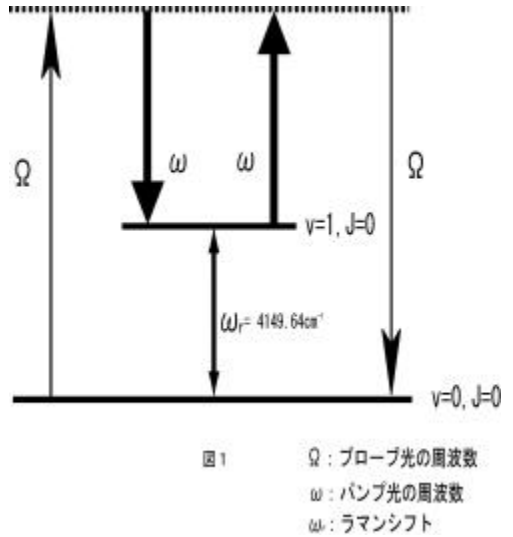
今回我々の実験で用いたレーザーは、パンプ光は一体化型 LD 励起 Nd:YAG レーザーいわゆる MISER を使用する。MISER の特徴は連続発進 (CW) であり、jitter < 200kHz/sec, drift < 50MHz/h という点での高安定、そして高出力というのがあげられる。

そしてプローブ光は外部共振器半導体レーザーを使用する。この半導体レーザーはホログラフィックグレーティングによる 1 次回折光を半導体レーザーにフィードバックさせることによりスペクトル線幅の狭窄化と発振周波数の制御を行っている。共振器長の微調整はピエゾ素子によって行われ、周波数掃引はピエゾ素子にかかる電圧の変化させる方法で行っている。

3. 方法

今回我々が用いた分光法は OHD RIKES と呼ばれるものを用いている。OHD RIKES とはパンプ光とプローブ光とを媒質に同軸に入射させ、パンプ光とプローブ光との周波数差がラマンシフトに一致したときに生じる

光カー効果によるプローブ光の偏光の変化を測定し、さらに高感度に測定するために光ヘテロダイン検出している。図1はRIKES過程でのエネルギースキームである。今回プローブ光に外部共振器半導体レーザーを選んだ理由は過去の実験においてラマンシフトが $4149.64(1/\text{cm})$ 程度になることがわかっていて今回パンプ光に MISER を選んだためこのエネルギースキームから計算して $852(\text{nm})$ の半導体レーザーを選んだ。



4 . システム

図2にシステム図を示す。パンプ光は 1319nm の MISER、プローブ光は 852nm の外部共振器半導体レーザーを用いている。 1319nm は反射し、 852nm は透過する Dichroic Mirror を用いて固体水素に同軸に入射するようになっている。プローブ光に対しては、固体水素の前後に配置された Granlaser Prism によってクロスポーラライザーを組んでおり共鳴したときのプローブ光の偏光の変化をこのクロスポーラライザーからの光のもれによって測定する。さらに結晶後の Granlaser Prism の角度を数度傾けることによりヘテロダイン検出を行っている。漏れ光にはパンプ光とプローブ光の両方が入っているため、測定に必要なプローブ光のみを検出するのに Prism を用いて光を分けている。プローブ光はフォトダイオードにて検出され、さらにロックインアンプを用いた位相敏感検出を行っている。そのためパンプ光の変調は AOM (音響光学変調器) を用いた強度変調 (変調周波数 100kHz) で行う。結晶の直前での偏光は、パンプ光は $1/4$ 板を用いた円偏光、プローブ光は直線偏光で入射している。

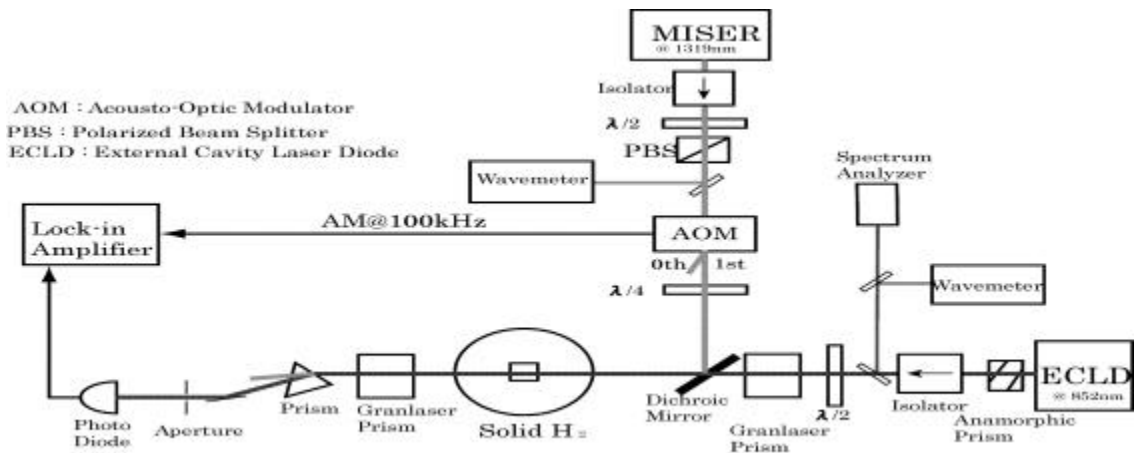


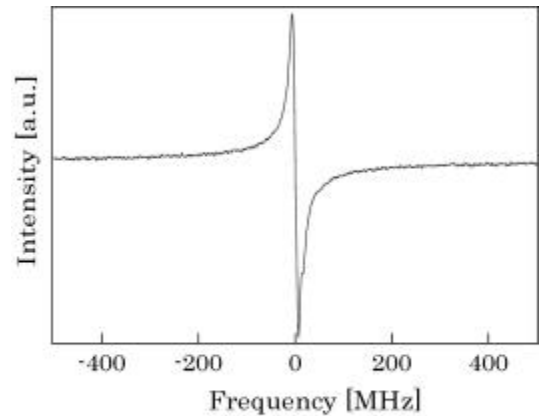
図 2

5 . スペクトル

右が得られたスペクトルである。

これが得られたときの結晶前のパワーは、ポンプ光 35mW, プローブ光 11mW となっている。

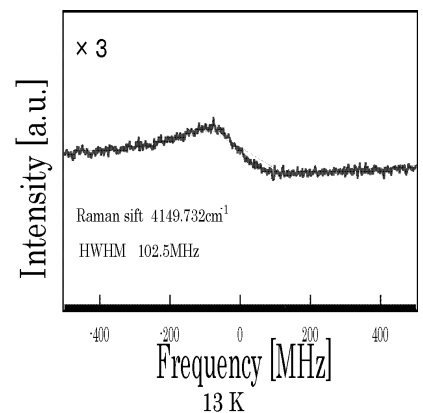
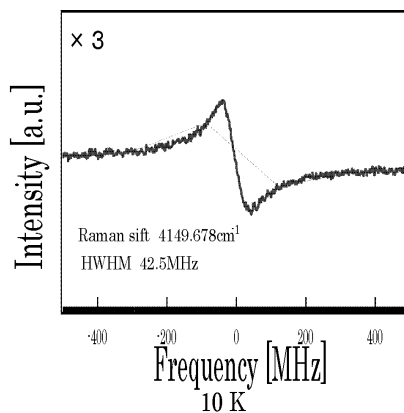
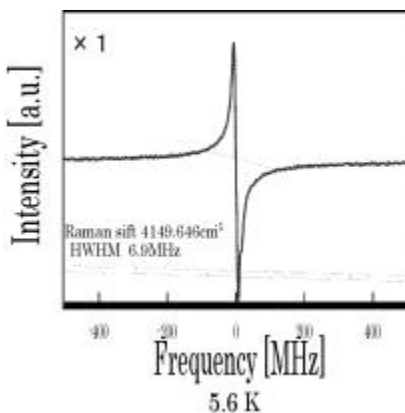
半値半幅は約 7MHz, そして極めて高い S/N 比をもっている。一部波形の崩れる部分があり再現性が見られる。この構造は結晶の位置を変えていくと離れたり、逆にくっついたりする。この構造が何なのかはわかっていないが、おそらく状態の異なる結晶が複数存在しているためではないかと考えている。



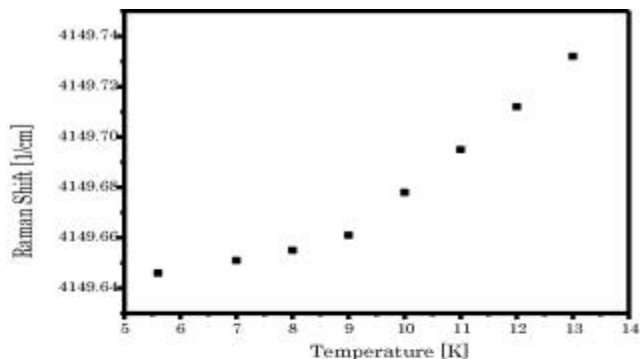
RIKES Spectrum of Solid-H₂ at 5.6 K
 HWHM 6.9 MHz

6 . 温度依存

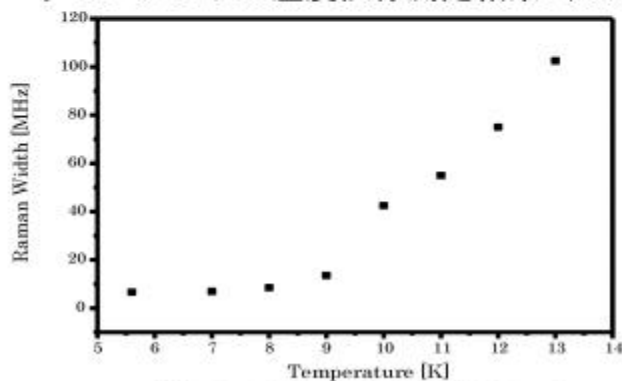
温度依存を行った結果、上のスペクトルを得られた。温度が上がっていくと線幅とラマンシフトは大きくなっていき、信号強度は小さくなっていく。



右のグラフはラマンシフトと線幅の温度依存の結果である。ラマンシフトは温度が高くなるとどんどん大きくなり、低温に近づくほど一定値に近づいていくように見える。線幅も温度が高くなるとどんどん大きくなり、低温に近づくほど一定値に近づいていくように見える。10K のところで大きく点がずれているのは点を荒く取ったことによるエラーかもしれないが、



ラマンシフトの温度依存測定結果 (RIKES)



ラマン線幅の温度依存測定結果 (RIKES)

ここで結晶の構造が変わっているのかもしれない。

7. まとめ

- ・ OHD-RIKES の測定を行うことにより固体水素の純振動励起状態のエネルギーと線幅の測定を高感度・高分解能に行うことができた
- ・ ラマンシフトとラマン線幅の温度依存に関する情報を得ることができた

8. 今後の課題

- ・ 質の良い結晶の製作
- ・ スペクトルの構造の特定などがあげられる。