

赤外レーザー分光によるパラ水素結晶中の弾性波歪みの
検出に向けた超音波共振器の開発
(東工大院理^a) ○三枝良輔^a・金森英人^a

Development of acoustic resonator for detection of elastic wave distortions
in the para-H₂ crystal by IR spectroscopy
(Tokyo Tech.^a) Ryosuke Saigusa^a, Hideto Kanamori^a

In order to clarify the origin of the phenomenon caused by the local distortion in the spectroscopy in the para-H₂ crystal, we developed acoustic resonator which artificially produces the distortion using the elastic wave. In this report, we conducted a simulation experiment using water instead of para-H₂ and established a method for measuring the spatial intensity distribution of elastic waves using a laser.

[序論]

分子性結晶であるパラ水素結晶は量子固体の代表であり、結晶格子の隣り合う水素分子はトンネル効果により空間的に交換可能と考えられている[1]。パラ水素結晶の分光では結晶に残留するオルト水素やドーブされた分子による格子欠陥などの局所的な歪みによって特異な情報が得られるが、その起源は十分には解明されていない。そこで本研究は、結晶に弾性波を導入することで、人工的に制御した結晶内の歪みを高分解能分光の手法を用いて検出することで、パラ水素結晶の歪み応答に関する知見を得ることを目標とする研究を進めている。

その第一段階として、パラ水素結晶に弾性波を導入するための高い共振特性を持つ共振器の開発が必要となるが、パラ水素結晶は数Kオーダーの低温で生成されるため開発実験が容易でない。そこでパラ水素結晶の代わりに水を用いた室温でのシミュレーション実験を行った。また、共振器内部の弾性定在波の空間強度分布をモニターすることが必要となるが、そのために行ったレーザーブリルアン散乱の実験結果についても報告する。

[実験]

① 共振器

図1のような直方体の光学セル(1cm×1cm×6cm)の端面に円盤型の piezo素子(共振周波数 9.7MHz)を弾性波の発振器として取り付けることで弾性定在波を水中に発生させた。発振器の向かい側に同じ piezo素子を受信機として取り付けることで弾性波を検出し、発振器の周波数を掃引することで共振器の共振特性を測定した。

② ブリルアン散乱

この共振器で、弾性波の進行方向に対して垂直な方向から He-Ne レーザーを透過させると、ブリルアン散乱によってレーザーの周波数から弾性波の周波数分だけシフトした散乱光成分が発生する。レイリー散乱成分とブリルアン散乱成分のビート信号を検出することで弾性波の空間強度分布を測定した。また、

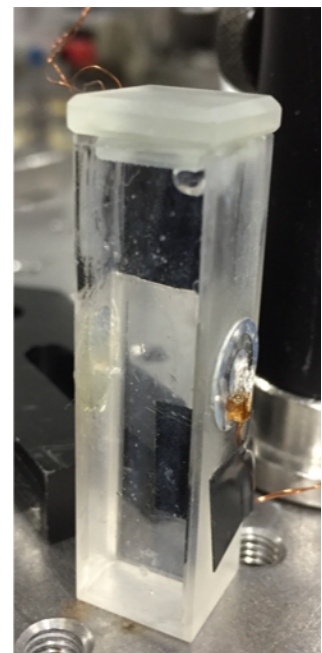


図 1: 作成した弾性波共振器

弾性定在波が導入された水中に粒子径が数 μm のカーボランダムを投入し定在波の節に補足することで、定在波の可視化を試みた。

[結果と考察]

① 共振器

図 2 に弾性波の共振特性を示した。9.6MHzのピークはQ値が500程の高い共振特性をもつことがわかった。FSRは50kHzから90kHzの間を連続的に変化した。FSRの理論値は共振器長1cm、音速1500m/sとすると75kHzであり実験と誤差が生じる。この誤差は測定時間内の温度変化に起因する速度変化で説明できると判断した。

② ブリルアン散乱

図 3 に弾性波の空間強度分布を示した。横軸は弾性波の進行方向を示す。空間強度分布は79 μm の周期を持つ関数でこれは周波数9.7MHzの弾性波の半波長と一致する。この実験から、将来のパラ水素結晶における実験で、ブリルアン散乱現象を用いて弾性波の空間強度分布を測定することが可能になると期待される。

弾性定在波の存在がブリルアン散乱によって確かめられたが、続けて私たちはこの弾性定在波を可視化することを試みた。図 4 に共振器中にカーボランダムを投入し顕微鏡で覗いた様子を示した。赤い光はHe-Neレーザーで、矢印は弾性波の進行方向を示している。カーボランダムが弾性定在波の節に捕捉され、縞状に配列したことで弾性定在波を可視化することができた。パラ水素結晶での実験では、弾性定在波によって残留するオルト水素分子を配列させることが可能になると期待される。

今回の結果から、液体を媒質にした高い共振特性を持つ共振器の作成と媒質中の弾性波強度分布のモニター手法を確立することができた。今後の研究では媒質を液体から固体に代えて同様の実験が行えるかどうか課題になる。

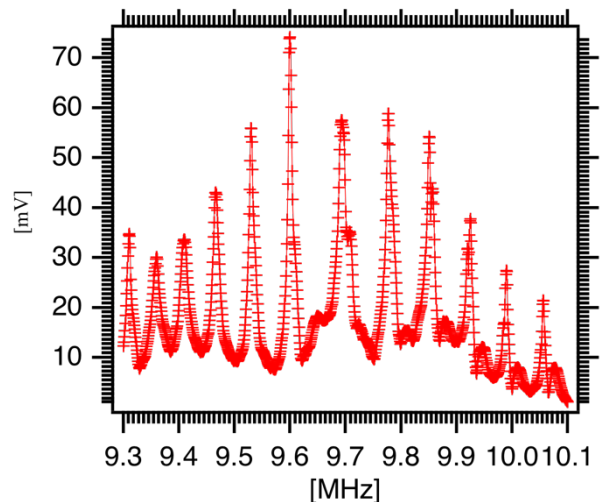


図 2 : 共振器の共振特性

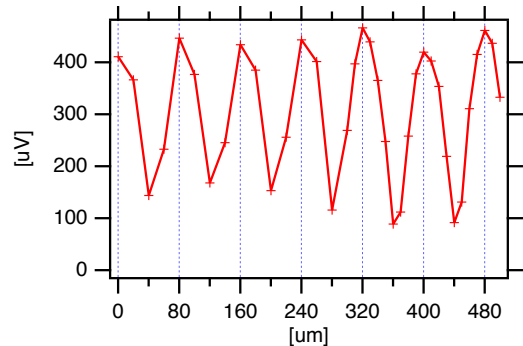


図 3 : 弾性波の空間強度分布

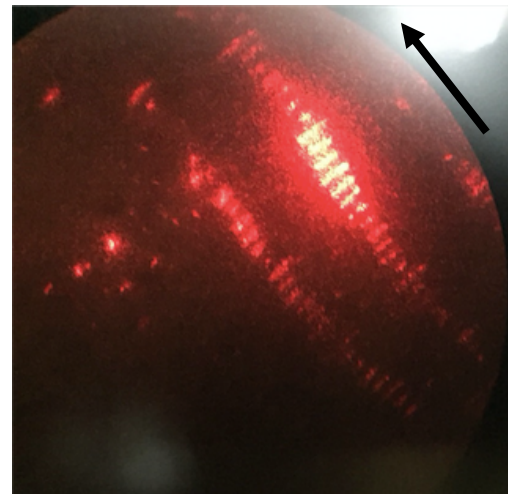


図 4 : カーボランダムを投入した共振器内の様子

参考文献

- [1] C. M. Lindsay, T. Oka and T. Momose, J. Mol. Spectrosc. **218**, 131-133 (2003)