1-4-5

極低温における固体水素の性質

京都大学大学院理学研究科　百瀬孝昌、香月浩之、伏谷瑞穂、保科宏道

Properties of solid hydrogen at very low temperatures.

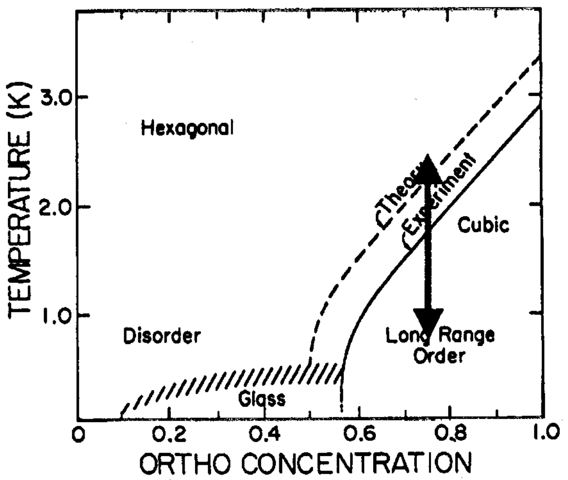
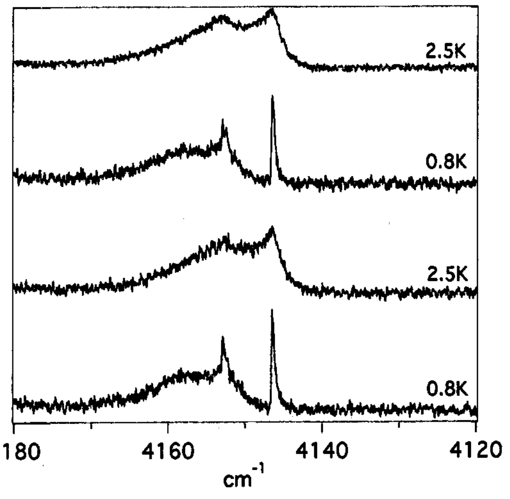
Takamasa Momose, Katsuki Hiroyuki, Mizuho Fushitani, Hiromichi Hoshina
Division of Chemistry, Graduate School of Science, Kyoto University, Kyoto 606-8502 Japan

固体水素内の水素分子あるいは微量に存在する不純物分子の振動回転の光学遷移は、凝縮相としては希な、非常に鋭い線幅を示すことが知られている。この鋭い光学線幅の特徴を生かした、非線形光学素子としての固体水素の応用が注目を集めている。ヘリウム温度付近では、振動遷移の線幅は位相緩和が支配的である。その位相緩和幅は、例えばメタンの場合にはほぼT^4の温度依存性を示すことが明らかになっている[1]。非線形光学効果は線幅の逆数の関数であるので、温度をさらに下げることで、非線形効果をさらに効率よく利用することが可能になると期待される。そこで今回、1K 以下の温度に結晶を冷やすことのできる光学クライオスタットを設計製作した。1K 以下の極低温を実現するため、クライオスタットの冷媒には ^{3}He を用いたものを設計した。光学窓としては、紫外(200nm)から赤外(13μm)の幅広い領域の光を透過するよう、BaF_2（開口径10mmφ）を取り付けている。クライオスタットのサンプル部分の最低到達温度は、１５分程度の短時間では0.4K、１日以上の長時間では0.8Kであった。

このクライオスタット内で作成した結晶の評価をするために、水素分子の純振動励起である $Q_1(0)$ 遷移領域の赤外吸収を測定した。固体水素の結晶は高速吹きつけ方によって成長させた。右下にスペクトルの温度変化を示す。固体水素はもっとも単純な分子からなる分子性結晶であるが、条件によって様々な構造変化を示すことが知られている。特に、オルト水素濃度が大きい結晶では、温度を下げることによって、オルト水素の回転の量子化軸が配向した配向相に結晶構造がかわることが知られている。実際、ノーマル水素の結晶で1.5K前後で相転移に伴う赤外スペクトルの変化を観測した。相転移と同時に赤外スペクトルの線幅が急に鋭くなり、転移後の状態が、オルト水素が規則正しく並んだ配向相であるという以前のx線回折の結果を支持する結果が得られた。この相転移は約0.3Kほどのヒステレシスを示し、何度か相転移を繰り返すうちに、低温で安定である面心立方構造が高温でも部分的に安定になるというスペクトル変化が得られた。詳細は当日報告する。

1) H. Katsuki and T. Momose, Phys. Rev. Lett. 86, 4795 (2001).

固体水素の相図：オルト濃度依存性



赤外スペクトルの温度変化