

パラ水素結晶中に捕捉した CO 分子の振動回転遷移の線幅測定

○戸田 直也, 溝口 麻雄*, 渡邊史徳, 金森 英人* (東工大院理工,CREST*)

Linewidth Measurements of Rovibrational Transitions of the CO Molecule Embedded in *para*-Hydrogen Crystal

TODA Naoya, MIZOGUCHI Asao, WATANABE Fuminori, and KANAMORI Hideto
Graduate School of Science and Technology, Tokyo Institute of Technology

Rovibrational transitions of the CO molecule captured in *p*-H₂ crystals were observed by diode laser spectroscopy and its temperature dependence of the linewidth was investigated. At the low concentration of the CO molecule in the crystal, the linewidths of the *R*(0) and *P*(1) transitions is almost same at the temperature between 1.8K and 5K. On the other hand, at the higher concentration, the linewidth of the *R*(0) transition is broader than that of the *P*(1) transition. This results suggest that a rotational excitation in the $v = 1$ state is more sensitive to the conditions of the crystal than that of the $v = 0$ state.

【目的】量子固体であるパラ水素結晶中に捕捉された分子の振動回転スペクトルは、気相中と同様に高分解能分光が可能な細いスペクトル線幅を持つことが知られている。このことは結晶内での分子の励起状態の寿命が気相分子に匹敵する程度に安定であると期待される。我々は量子固体中に空間固定された分子を量子情報デバイス (qubit) として用いることを目指している。qubit には T_1 のみならず、 T_2 についても十分考慮する必要がある。本研究では、パラ水素結晶中に捕捉された一酸化炭素分子の振動回転遷移について、中赤外半導体レーザーを用いたスペクトル線幅の温度依存性を測定し、スペクトル線幅の回転量子数および偏光依存性を遷移の比較することで、振動・回転励起状態の緩和ダイナミクスを解明することを目的とした。

【実験】クライオスタットの 1 K pot 中に溜められた液体ヘリウムをロータリーポンプで減圧し、BaF₂ 基板を約 2 K に冷却した。その基板に対して 2 つの流量を制御可能な吹き付けノズルからそれぞれ *p*-H₂ (70 CCM) および *p*-H₂ で希釈した CO (0.2 CCM) を 20 分程度吹き付けることで CO を内包したパラ水素結晶を作成した。

結晶の成長をフーリエ変換赤外分光器 (分解能: 0.1 cm⁻¹) で確認した。吹き付け後、結晶全体が最も安定な六方最密充填構造

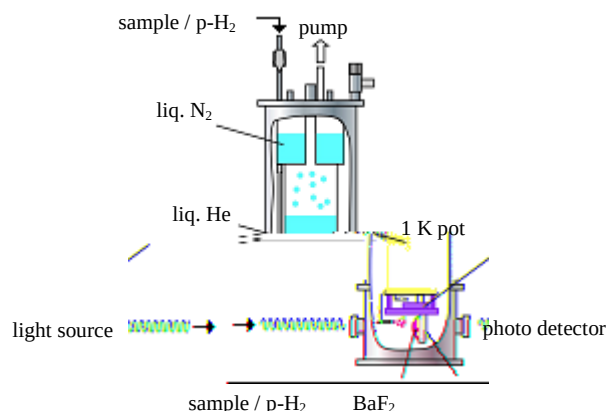


図 1 実験装置の概要

を得るために、基板を 4.6 K で 10 分程度アニーリングした。中赤外半導体レーザー(分解能 < 20 MHz)で、 2140 cm^{-1} 付近に観測される CO の振動回転遷移のうち、 $R(0)$ および $P(1)$ に対してスペクトル線幅の温度依存性を測定した。

【結果】FTIR による CO の振動回転スペクトルを図 2 に示す。2 つのスペクトル

はクラスターのものとされる 2140.5 cm^{-1} のピークの存在からも分かるように、(b)の方が CO 濃度が高い。プローブする赤外半導体レーザーの偏光方向を結晶の c 軸に対して 45 度として、垂直遷移と平行遷移を同じ条件で測定したが $R(0)$ のみ両者が観測され、 $P(1)$ では垂直遷移しか観測できなかった。 $R(0)$ および $P(1)$ の垂直遷移に対する線幅測定の結果を図 3 に示す。試料(a)においては $R(0)$ 、 $P(1)$ 遷移は同じ温度依存性を示し、温度と共に線幅は増大する。一方、試料(b)については、 $1.8 \sim 4.0\text{ K}$ のいずれの温度においても、 $R(0)$ の線幅の方が $P(1)$ よりも 0.5 GHz 程度大きな線幅を持つ。これまでの測定の結果、結晶の生成条件に伴う線幅の違いは、 $P(1)$ よりも $R(0)$ に対して顕著に見られることが判った。このことから、振動励起状態 ($v=1$) において回転励起状態 ($J=1$) の方が、回基底状態の時よりも結晶場の影響を受けやすいと解釈できる。一方、 $R(0)$ に対する垂直・平行遷移の線幅の依存性については、未だ S/N が悪く、十分なラインプロファイル解析が行なえていない。今後、変調法を利用した測定の高感度化を行ない、結晶場の方位性についても調べる予定である。

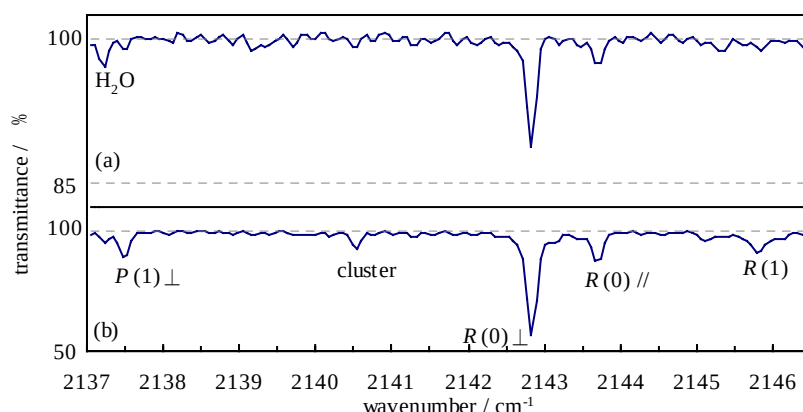


図 2 FTIR のスペクトル

$p\text{-H}_2$ 希釈の CO ガスの濃度は (a) 0.1 %, (b) 0.5 %

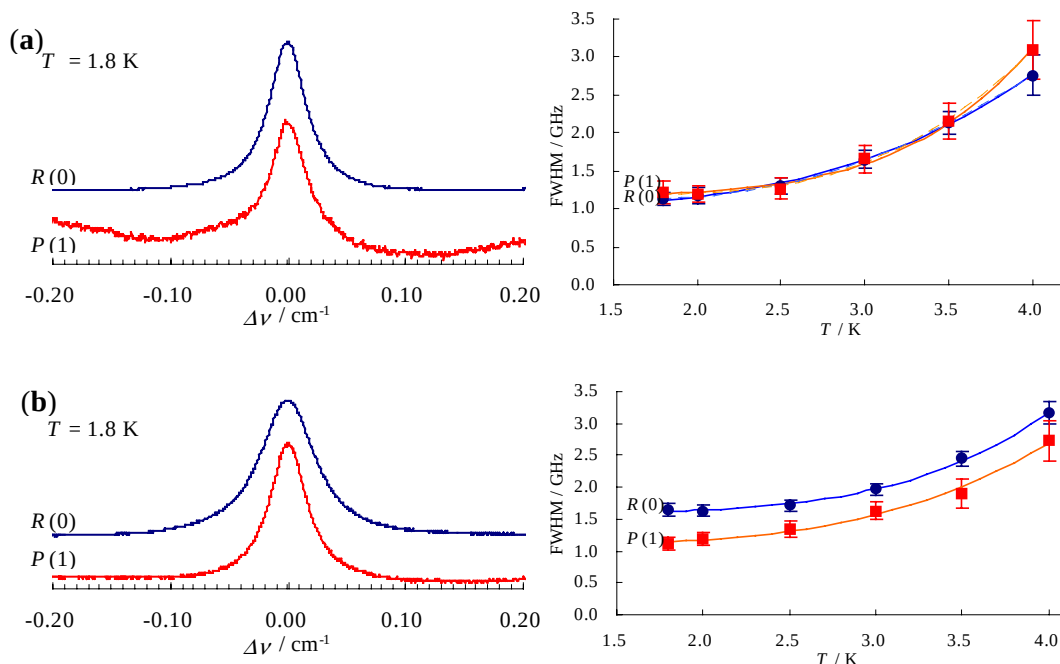


図 3 半導体レーザーによる $R(0)$ および $P(1)$ 遷移の線幅測定

$$\nu_0(R(0)) = 2142.96\text{ cm}^{-1}, \nu_0(P(1)) = 2137.62\text{ cm}^{-1}$$