

# CH<sub>3</sub>F分子のシュタルクスイッチング法によるPhoton echoの観測

(岡山大自然<sup>a</sup>、岡山大理<sup>b</sup>、岡山大極限量子研<sup>c</sup>、東工大理<sup>d</sup>) ○岡林裕介<sup>a</sup>、唐健<sup>a</sup>、川口建太郎<sup>a</sup>、久間晋<sup>c</sup>、笹尾登<sup>c</sup>、谷口敬<sup>c</sup>、中嶋享<sup>b</sup>、中野逸夫<sup>b</sup>、福見敦<sup>b</sup>、宮本祐樹<sup>a</sup>、吉村太彦<sup>b</sup>、金森英人<sup>d</sup>

## Observation of Photon echo in CH<sub>3</sub>F by Stark switching method

(Okayama Univ.<sup>a</sup>, Research Core for Extreme Quantum World<sup>b</sup>, Tokyo Institute of Technology<sup>c</sup>)

Yusuke Okabayashi<sup>a</sup>, Jian Tang<sup>a</sup>, Kentaro Kawaguchi<sup>a</sup>, Susumu Kuma<sup>b</sup>, Noboru Sasao<sup>b</sup>, Takasi Taniguchi<sup>b</sup>, Kyo Nakajima<sup>a</sup>, Itsuo Nakano<sup>a</sup>, Atsusi Fukumi<sup>a</sup>, Yuki Miyamoto<sup>a</sup>, Motohiko Yoshimura<sup>a</sup>, Hideto Kanamori<sup>c</sup>

### Abstract

Photon echo is one of the coherent transient phenomena and has the relation to the transverse relaxation of molecules, thus we can obtain a molecular transverse relaxation time by observing photon echo.

In this study, Photon echo has been observed in the  $\nu_4$  vibration-rotation transition  $\nu_4 R_0(0)$  of CH<sub>3</sub>F by applying Stark pulses which shift the molecular levels into resonance with a cw laser, we report the simulation of photon echo to obtain the homogeneous transverse relaxation time  $1/T_2^{\text{hom}} + 1/T_1$ . The Stark electric field dependence and pressure dependence of the observed signal are qualitatively consistent with the property of photon echo. We have simulated the photon echo signal by using a phenomenological formula, and have obtained the homogeneous relaxation time by fitting the decayed amplitude of photon echo.

### 1、 緒言

本研究の背景には、マクロコヒーレントニュートリノ対超放射によるニュートリノ質量測定という提案がある[1]。超放射現象はコヒーレントな現象であるため、超放射を起こしやすい条件を探すためにはコヒーレンシーを壊す緩和過程の理解と緩和時間測定を行う必要がある。本研究ではシュタルク効果によるCH<sub>3</sub>F分子のエネルギー準位のシフトを利用し、2つのシュタルクパルスを生じ、シュタルク効果によってレーザーと共鳴したある速度成分を持った分子集団がフォトンエコーを放出するという実験手法によって、シュタルクスイッチング法[2]によるフォトンエコーを利用して分子の均一横緩和時間を測定した。

### 2、 実験

実験セットアップはFig.1 のようになっている。cw-OPOレーザーは出力 $\sim 200\text{mW}$ で、周波数はCH<sub>3</sub>F分子の $\nu_4$ バンド $\nu_4 R_0(0)$ 遷移  $3010.751\text{cm}^{-1}$ で固定した。焦点距離  $100\text{cm}$ のレンズを使いシュタルクセルの中心で焦点を結ぶようにレーザー強度を高めた。シュタルクセルの内部には2枚のアルミ板 ( $20\text{cm} \times 3\text{cm}$ )が平行に間隔  $0.5\text{cm}$ で置かれており、パルス発生器によってシュタルク電場を印加する。得られた信号はresponse time  $15\text{ns}$ の検出器で検出され、AC ampで100倍に増幅し、オシロスコープでデータ収録をした。

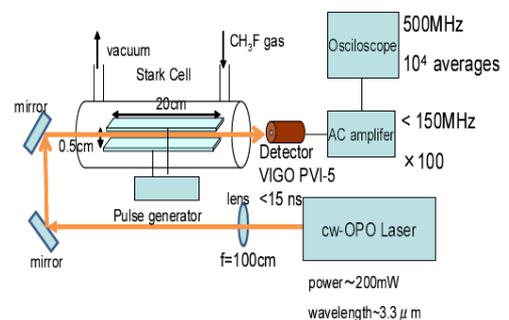


Figure 1: Experimental setup

Fig.2 が実験結果である。丸で囲った部分が photon echo 信号である。シュタルク効果でエネルギー準位がシフトだけレーザー周波数と photon echo 周波数がずれるので beat として観測される。上から 1 番目の線がシュタルク電場で  $\tau_s$  はパルス間時間を表している。3 番目がシュタルク電場 50V/cm の時の信号で、4 番目が 100V/cm の時である。シュタルク電場が変わると beat 周波数が変わることが確認できる。2 番目は second pulse only の時で信号は現れない。そのほか、圧力依存性、シュタルクパルス間時間依存性を確認し、photon echo の性質に合う結果が得られた。

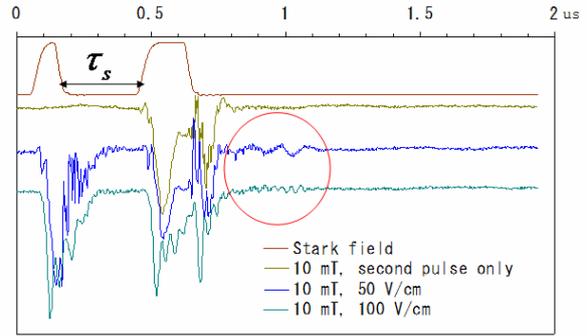


Figure 2

### 3、解析

Fig.3 に示しているように、 $\tau_s = 0.36, 0.41, 0.52, 0.61 \mu \text{ sec}$  の実験結果に対してシミュレーションした。4 つのうち  $\tau_s = 0.41 \mu \text{ sec}$  の時は 2 つの波束があり、 $\tau_s = 0.36 \mu \text{ sec}$  の時には 2 つの波束が重なっている様子が見える。そして、 $\tau_s = 0.41, 0.52, 0.61 \mu \text{ sec}$  と時間が延びるに従って分離しているように見える。そこで、シミュレーションでは現象論的に 2 つの波束の式

$$p_1 \cos(2\pi \times 31.25t + p_2) \exp\left(-\frac{(t - p_3)^2}{p_4^2}\right) + p_5 \cos(2\pi \times 31.25t + p_6) \exp\left(-\frac{(t - p_7)^2}{p_8^2}\right)$$

を用いた。ここで、 $p_1 \sim p_8$  はパラメーターであり、31.25MHz は beat をフーリエ変換したときに得られた beat 周波数である。そして、シミュレーションによって得られた photon echo の発生時刻と振幅を decay curve ( $\propto \exp(-t/\tau)$ ) で fitting することで均一横

緩和時間  $1/(1/T_2^{\text{hom}} + 1/T_1) = 0.22 \mu \text{ sec}$  を得た。

[引用]

- [1] M. Yoshimura, C. Ohae, A. Fukumi, K. Nakajima, I. Nakano, H. Nanjo, and N. Sasao arXiv:0805.1970 (2008)
- [2] Richard G. Brewer and R. L. Shoemaker Phys. Rev. Lett 27 631 (1971)

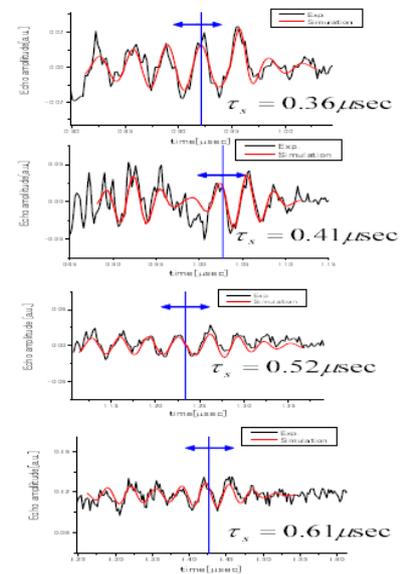


Figure 3: Experimental result and simulation when  $\tau_s = 0.36, 0.41, 0.52, 0.61 \mu \text{ sec}$

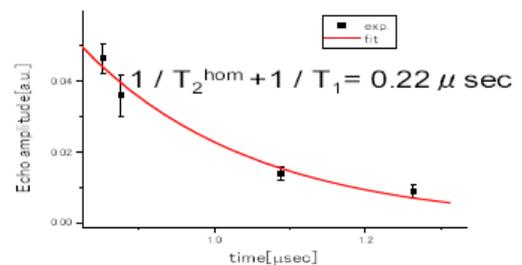


Figure 4: Fitting of the decay amplitude of echo