4P054

位相変調技術を用いた量子干渉イメージの観測

（奈良先端科技大物質）○大森 健三，堀江 徹，柳久 雄，香月 浩之

Image Retrieval of Quantum Interferometric Patterns Generated with Spatial Phase Modulation

(NAIST)　○Kenzo Ohmori, Toru Horie, Hisao Yanagi, Hiroyuki Katsuki

【はじめに】光を用いて物質の波動関数を制御する手法はコヒーレント制御と呼ばれ、化学反応の生成物比の制御や量子情報処理などへの応用が期待されており、様々な研究が進められている。分子間の相互作用が非常に弱い気相中において、ダブルパルス間の相対遅延時間をアト秒の精度で制御することにより、波束中に含まれる各固有準位のポピュレーションを制御可能であることが示されている[1,2]。この手法を巨視的な多体相互作用系に適応することで、その振動励起状態のダイナミクスを制御、観測することが可能となる。固体パラ水素は固体凝縮系でありながら、振動コヒーレンスの寿命が非常に長い事が知られており、これまでの研究で固体パラ水素中の集光したパルスを用いて、0 次元における精度の高い波束干渉実験が可能である事を報告した[3]。本研究では、二次元光位相変調を用いてパルスの空間パターンを整形し、ダブルパルスを用いた波束干渉法と組み合わせる事により、固体中の二次元的な波束の分布を時空間制御することが可能であることを示す。

【実験方法】固体パラ水素結晶は固体凝縮系でありながら、気相中の分子と同様な量子的特徴を色濃く残した系であると捉えられ、量子干渉による量子状態の制御を固体凝縮系に適応する対象として理想的であると言える。光源として、フェムト秒 Ti:sapphire オシレータの出力光(830 nm；Stokes)と同レーザーで励起した OPO の出力光(617 nm；Pump, Probe)を使用した。Pump-Stokes の波長は、両者のエネルギーの差が水素分子の v=1←v=0 の振動遷移に共鳴となるように設定した。各パルスが図 1 に示す入射タイミングになるように光学系の

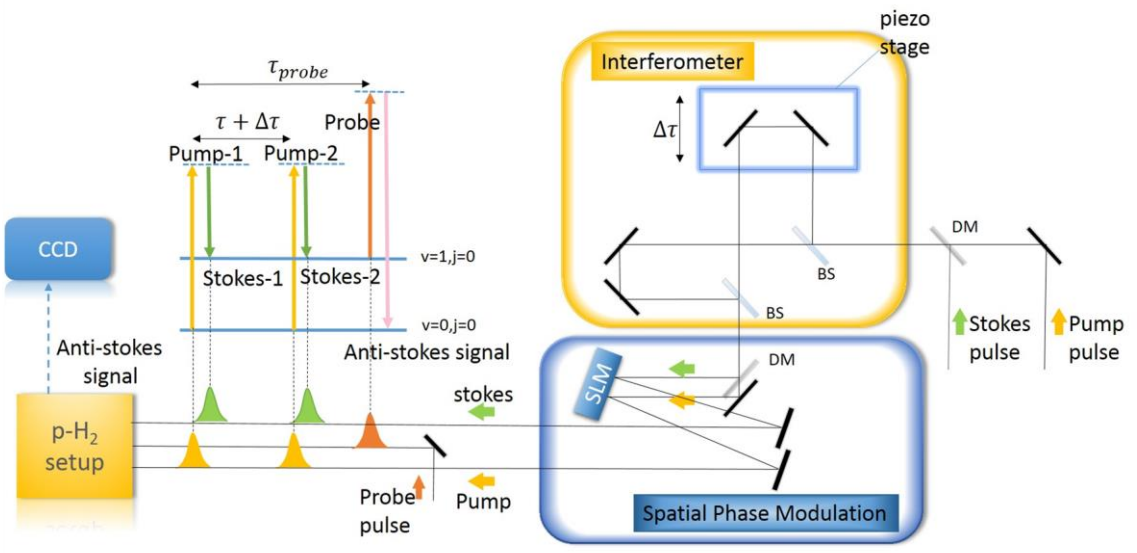

図 1　実験スキーム

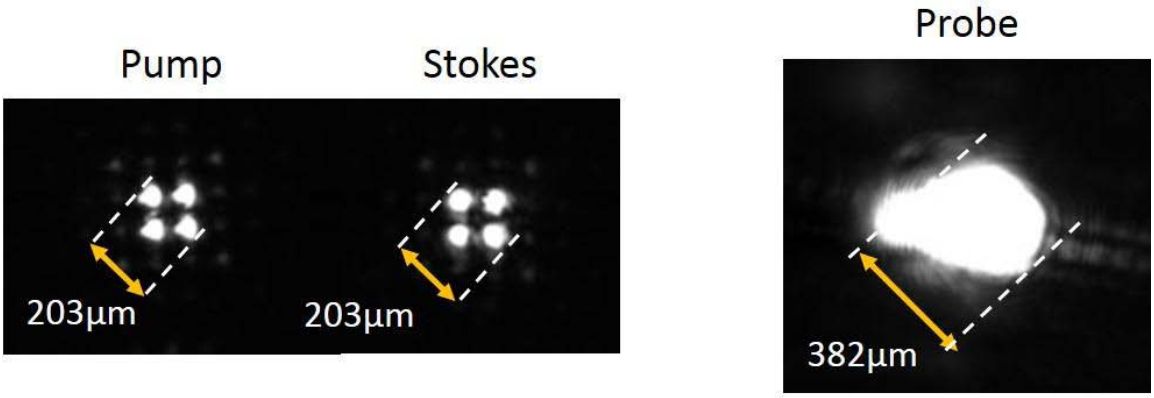

図 2　Pump, Stokes, Probe 各入射パルスの二次元分布

ディレイステージを調整することで、水素結晶中に振動励起状態を生成する。さらに、Pump, Stokes パルスには、LCOS-SLM を用いて位相変調を行い、集光面において光の二次元分布を生成した(図 2)。マイケルソン干渉計を用いて、Pump, Stokes パルスをそれぞれ同じ遅延時間 τ をもったパルス対に変換した。二次元分布を持つ Pump, Stokes パルス対を固体パラ水素結晶に同一の焦点でそれぞれ入射することで、固体パラ水素中に励起状態の二次元分布を生成した。一つ目のパルス対の生み出す振動波束と二つ目のパルス対が生み出す振動波束の重ね合わせを生成する際に、両者の遅延時間 τ を制御することで干渉後の振幅分布を制御することができる。固体パラ水素結晶中に生成された状態分布についての情報は、遅延時間 τ_{Probe} が経過した後に Probe パルスを入射することにより、三次の非線形効果である CARS の結果として、Anti-Stokes パルスとして取り出す。シグナルの空間分布を、CCD を用いて二次元イメージとして計測することにより、固体パラ水素結晶中に作成した振動励起状態分布と相対位相を観測することが可能となる。

【実験と結果】ディレイステージを用いて Probe パルスを 0～100ps の間でスキャンし、振動のコヒーレンス寿命を観測した結果、十分なパラ水素純度が達成できていることを確認した。空間整形された Pump, Stokes パルスを用いて作成した振動励起状態の二次元分布を、散乱された Anti-Stokes 光の空間分布としてイメージ計測する事に成功した。また、ダブルパルスによる干渉実験により、Pump および Stokes パルス対を重ね合わせることで、結晶中の 4 つの点において最初のパルス対で生成した励起状態と二発目のパルス対で作成した励起状態の干渉による強度変化、それぞれの点における相対的な位相情報を観測することに成功した。以上のことから、位相変調素子を用いることで、4 つの点それぞれの位相情報を制御することが可能であるという結論を得た。発表において詳細を説明する。

【参考文献】

[1] H. Katsuki *et al.*, Phys. Rev. A **76**, 013403 (2007)
[2] H. Katsuki *et al.*, Phys. Rev. Lett. **102**, 103602 (2009).
[3] H. Katsuki *et al.*, Phys. Rev. B **88**, 014507 (2013)