

世界最高性能のアト秒コヒーレント制御技術の開発

～量子-古典境界の探索から超高速1分子コンピューティングまで～

Ultra-high-fidelity coherent control with attosecond precision

Objective

コヒーレント制御は光で波動関数の位相を操作する技術である。原子からナノ構造に至る様々な量子系を制御するための基盤技術である。その応用は結合選択的な化学反応制御や量子コンピューティングなどの先端的な量子テクノロジーに結びつく。我々は、分子波束の量子位相をアト秒精度で制御することによって、超高精度のコヒーレント制御法を開発した。我々はこのアト秒コヒーレント制御法をレーザー冷却原子からバルク固体に至る様々な量子系に適用する事によって、量子-古典境界の探索と新しい量子テクノロジーの開発を目指している。

Coherent control is based on optical manipulation of quantum phases of wave functions. It is a basic scheme of controlling a variety of quantum systems from simple atoms to nanostructures with possible applications to novel quantum technologies such as bond-selective chemistry and quantum computation. We have so far developed a ultrahigh-precision coherent control by stabilizing the quantum phase of a molecular wave packet on the attosecond time scale. We apply this attosecond coherent control to a variety of quantum systems ranging from laser-cooled atoms to bulk solids to explore quantum-classical boundary and to develop novel quantum technologies.

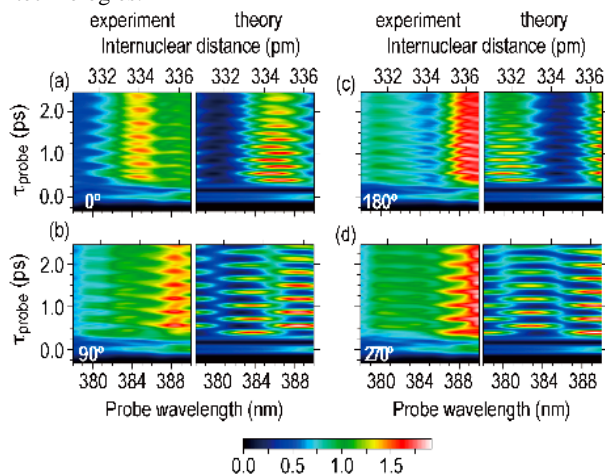


Fig. 1

Fig. 1: Actively controlled wave-packet interference in a molecule [1].

Fig. 2: Ultrafast computing with a laser-driven molecule [2].

Achievement

- 分子内の量子干渉が描く時空間模様をフェムト秒ピコメートルの時空間スケールでデザインし可視化することに成功した。(Fig. 1)。
- 分子の波動関数を用いた超高速コンピューターを開発し、離散フーリエ変換を 150 フェムト秒で実行することに成功した。(Fig. 2)。1 個の分子がスパコンよりも 1000 倍速く計算できることを実証した。
- 高強度レーザーによって分子内に誘起される新しい量子干渉現象（高強度レーザー誘起量子干渉）を見だし、これを用いた論理ゲートを開発した。

- We have succeeded in tailoring and visualizing spatiotemporal images of quantum interference in a gas-phase molecule on the picometer and femtosecond scales (Fig.1) [1].
- We have demonstrated ultrafast computing with molecular wavefunctions that executes discrete Fourier transform within 150 fs (Fig. 2), showing that single molecule can calculate 1000 times faster than supercomputers [2].
- We have developed another class of logic gates based on quantum interference among different molecular eigenstates induced by a strong non-resonant femtosecond laser pulse, which is referred to as strong-laser-induced quantum interference (LSI) [3].

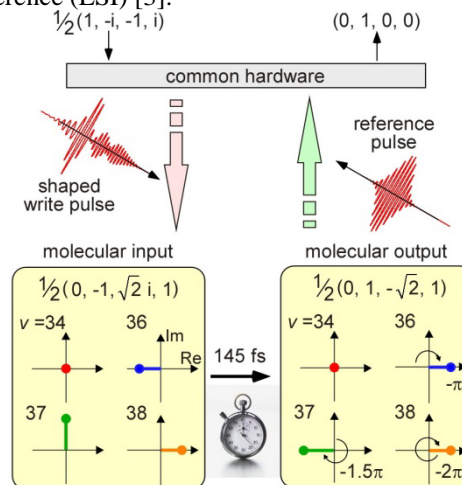


Fig. 2

Reference

- 1) H. Katsuki et al., Phys. Rev. Lett. **102**, 103602 (2009).
- 2) K. Hosaka et al., Phys. Rev. Lett. **104**, 180501 (2010). (See also Physics **3**, 38 (2010); Nature **465**, 138 (2010).)
- 3) H. Goto et al., Nature Physics **7**, 383 (2011).