

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 14 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20540386

研究課題名（和文）強レーザー場中における原子・分子再散乱電子の運動量分布及び応用の理論研究

研究課題名（英文）Theoretical studies on the momentum distribution of rescattering electron of atoms and molecules in intense laser field and its applications

研究代表者

トン ショウミン (Tong Xiao-Min)

筑波大学・大学院数理物質科学研究科・准教授

研究者番号：80422210

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理・原子・分子・量子エレクトロニクス

キーワード：原子・分子・強レーザー

1. 研究計画の概要

(1) 大規模な計算機を使用して、強レーザーと原子・分子相互作用の中心的な過程として再散乱のメカニズムを量子力学的に解明し、さらに、このメカニズムを利用した新しい物理過程を探索することを研究目的とする。

(2) 赤外線と軟X線を同時にAr原子に照射したとき様々な原子・分子光吸収過程の制御手法と新現象を数値計算で探索することを研究目的とする。

2. 研究の進捗状況

(1) 強レーザー場における水素原子の再散乱電子運動量分布と空間分布を研究した。初めて、数値計算で再散乱電子の空間分布を再現した。その研究結果は *J.Phys.B* に掲載された。再散乱電子の空間分布図は *J. Phys. B* 2009 年 Highlights として引用された。得られた再散乱電子のエネルギー分布と空間分布によって、経験的な電子とイオンの衝突断面積を使用して、ヘリウムの非逐次電離の確率を調べた。我々の計算による結果と実験の結果を比較したところ合致を確認した。また、各帰還順位電子が非逐次二重電離に対して寄与が古典計算の予測と異なることが判明した。この研究は将来短パルスにおける原子の非逐次二重電離過程の解明に対して、重要な一歩である。

(2) 大規模数値計算で、赤外線補助の原子

光電離研究を行った。赤外線と軟X線間の時間遅延によって、軟X線が物質に透過するかどうかを短い時間（フェト秒或いはアト秒範囲）で制御できることが判明した。現在の実験状況によって、ある軟X線に対して、吸収の強度が赤外線で最大20パーセント範囲で制御できた。

(3) 最近赤外線と軟X線を同時に Ar 原子に照射すると、沢山二重電離イオンを観測した。その現象は従来の理論で解釈できなかった。我々の理論研究によって、赤外線で普通できない Auger 崩壊過程ができる現象を発見した。最初の研究結果はこの分野有名な雑誌、*Physical Review Letters* に発表された。

3. 現在までの達成度

(1) 再散乱の現象

②おおむね順調に進展している。

(理由)

関係の研究を長期にしているので、持っている計算コードを改善して、再散乱現象の研究ができた。

(2) 赤外線補助の問題

①当初の計画以上に進展している。

(理由)

最新短パルスレーザー技術の進歩に伴い、申請する時予想しなかったの新現象を実験で観測したので、理論解釈のためにいろいろ

な理論手法を開発した。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 再散乱過程によって、強レーザー場における原子二重電離過程の計算手法を利用して短パルス強レーザー場における原子二重電離過程を調べたい。特に二重電離確率とパルス幅と位相の関係を解明したい。

(2) 赤外線補助の原子電離過程について、完全な制御の条件を理論計算で探索したい。完全な制御というのは軟X線が物質をすべて透過するかしないかという過程である。その研究はアメリカの実験グループと共同研究で行っている。

(3) 最近赤外線と軟X線を同時にAr原子に照射すると、沢山二重電離イオンを観測した。我々の理論研究によって、赤外線で普通できないAuger崩壊過程ができる現象を発見した。この過程は量子過程の制御手法の一つとして、かなり重要な過程であるので、もっと詳しい分析を行いたい。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

- ① R. Ranitovic, X. M. Tong, C. W. Hogle, X. Zhou, Y. Liu, N. Toshima, M. M. Murnane, and H. C. Kapteyn, *Laser Enabled Auger Decay in Rare Gas Atoms*, Phys. Rev. Lett. **106**, 053002:1-4 (2011), 査読有。
- ② T. Ishikawa, X. M. Tong, and N. Toshima, *Double ionization of He in an intense laser field via rescattering process*, Phys. Rev. A **82** 033411:1-5 (2010), 査読有
- ③ X. M. Tong, and N. Toshima, *Controlling atomic structures and photoabsorption processes by an infrared laser*, Phys. Rev. A **81**, 063403:1-4. (2010), 査読有。
- ④ X. M. Tong, P. Ranitovic, C. L. Cocke and N. Toshima, *Mechanisms of Infrared Laser Assisted Atomic Ionization by Attosecond Pulses*, Phys. Rev. A **81**, 021404:1-4(R) (2010), 査読有。

- ⑤ K. Sasaki, X. M. Tong, and N. Toshima, *Coulomb focusing effect on the space distribution of the rescattering electron wavepacket in the laser-atom interaction*, J. Phys. B: At. Mol. Opt. **42**, 165603:1-4 (2009), 査読有。

[学会発表] (計4件)

- ① X. M. Tong and N. Toshima, *IR Laser Assisted Photoabsorption of Atoms*, International Conference on Many Particle Spectroscopy of Atoms, Molecules, Clusters and Surfaces, Sept. 6th, 2010, Sendai, Japan (招待講演)。