

2A17

## 偏極 He 原子の強レーザー場イオン化におけるコヒーレント 2 光子共鳴過程の観測

(名大院理<sup>1</sup>, 理研<sup>2</sup>, 電通大<sup>3</sup>, JASRI<sup>4</sup>, 新潟大理<sup>5</sup>)

○伏谷 瑞穂<sup>1,2</sup>, 松田 晃孝<sup>1</sup>, 遠藤 友随<sup>1</sup>, 樋田 裕斗<sup>1</sup>, 森下 亨<sup>3</sup>, 永園 充<sup>2</sup>,  
富樫 格<sup>4</sup>, 彦坂 泰正<sup>2,5</sup>, 菱川 明栄<sup>1,2</sup>

Observation of coherent two-photon resonant processes in intense  
laser-field ionization of polarized He atoms

(Nagoya Univ.<sup>1</sup>, RIKEN<sup>2</sup>, UEC Tokyo<sup>3</sup>, JASRI<sup>4</sup>, Niigata Univ.<sup>5</sup>)

○Mizuho Fushitani<sup>1,2</sup>, Akitaka Matsuda<sup>1</sup>, Tomoyuki Endo<sup>1</sup>, Yuto Toida<sup>1</sup>,  
Toru Morishita<sup>3</sup>, Mitsuru Nagasono<sup>2</sup>, Tadashi Togashi<sup>4</sup>, Yasumasa Hikosaka<sup>2,5</sup>, and  
Akiyoshi Hishikawa<sup>1,2</sup>

【序】イオン化は強レーザー場における原子分子の最も重要な過程の一つである。レーザー場強度が比較的小さい( $\sim 10^{12}$  W/cm<sup>2</sup>)場合には、原子分子のイオン化過程は多光子吸収で理解することができる。多光子イオン化過程では、レーザー場との相互作用でエネルギーシフトしたリュードベリ状態が共鳴し (Freeman 共鳴), イオン化速度の増大が起こることが知られている。本研究では、従来研究が行われてきた基底状態の原子ではなく、偏極した励起原子を対象として研究を行った。偏極励起原子を用いることによって特定の磁気副準位に由来するイオン化経路を選択的に観測することができ、偏極 He(2<sup>1</sup>P)原子における研究では多光子イオン化が複数のリュードベリ状態を経由して進行し、大きな偏光依存性を示すことが見出されている[1]。ここではこの多光子イオン化過程を様々なレーザー場強度について測定し、理論計算との比較を行うことで、共鳴過程におけるコヒーレント励起の効果を調べることを目的とした。

【実験】理研 SCSS 試験加速器からの極紫外 (EUV)域自由電子レーザー(FEL)パルス(58.4 nm, 水平偏光)を用いて偏極 He(2<sup>1</sup>P)原子を生成し、これに FEL と同期した高強度近赤外(NIR)超短パルス(795 nm) をプローブ光源として照射した。NIR 光および EUV 光の集光径はそれぞれ 160  $\mu$ m, 25  $\mu$ m とし、NIR 光の集光点中心部だけをサンプルすることで強度空間変化 (体積効果) の影響を抑えて計測を行った。相互作用領域で発生した光電子は長さ 1.5 m の飛行管をもつ磁気ボトル型光電子分析器を用いて検出し、シングルショット毎に偏極 He(2<sup>1</sup>P)原子の光電子スペクトルを計測した。EUV-FEL のパルス特性のゆらぎに起因する偏極 He(2<sup>1</sup>P)原子の生成量をモニタ

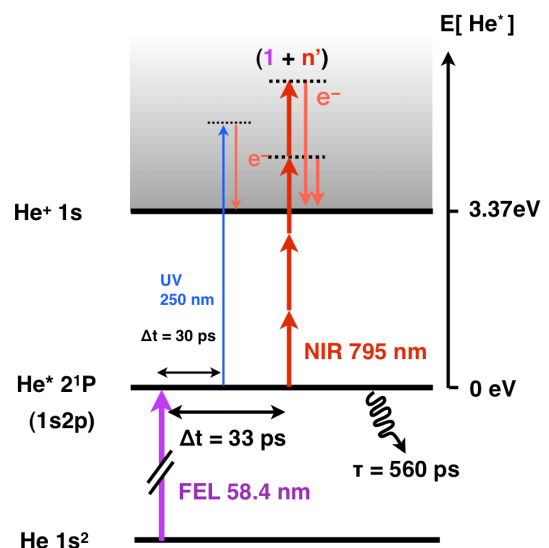


図 1: 偏極 He(2<sup>1</sup>P)原子の強レーザー場イオン化の実験スキーム

一するため、FEL 同期の紫外(UV)超短パルス (250 nm) による 1 光子イオン化を行った (図 1)。光電子スペクトルのエネルギー校正は酸素原子の自動イオン化スペクトルおよび Xe 4d オージェ電子スペクトルを用いて行った。

【結果と考察】NIR および EUV 光の偏光を互いに直交させた場合に得られた光電子スペクトルを図 2 に示す。1 eV および 2.6 eV 付近に観測された光電子ピークは NIR パルスの 3 光子イオン化およびその超閾イオン化 (ATI) により生成した光電子に対応している。前者は 0.9 eV および 1.1 eV に明瞭な微細構造を示し、それぞれ 1s5l および 1s6l ( $l=p, f$ ) のリユードベリ状態への Freeman 共鳴によって生成した光電子に帰属された。

これらの微細構造ピーク強度の NIR レーザー場強度依存性を図 3 に示す。1s6l 共鳴光電子のピーク強度はレーザー場強度が約 2 および 5  $\text{TW}/\text{cm}^2$  で極大をもつ周期的な変化を示した。一方、1s5l 共鳴光電子のピーク強度は約 2  $\text{TW}/\text{cm}^2$  から立ち上がり、5  $\text{TW}/\text{cm}^2$  で最初の極大を示す振動構造を示した。偏極状態を考慮した時間依存シュレディンガー方程式に基づく理論計算を行ったところ、この周期構造は強レーザー場によるリユードベリ準位のエネルギーシフトとそれに伴う 1s2p と 1snf( $n=5,6$ )準位間の 2 光子結合によるコヒーレント相互作用 (2 光子ラビ振動[2])に由来することが明らかとなった。また、NIR 光の偏光方向が EUV 光と平行の場合、振動構造は直交させた場合に比べて短い周期で観測された。これは偏光方向によって 1s2p から 1s5f, 1s6f への 2 光子遷移の線強度が異なることに起因する。本研究は、Freeman 共鳴によって生成した高リユードベリ状態からのイオン化が、下準位との多光子コヒーレント相互作用によって抑制されうることを示している。

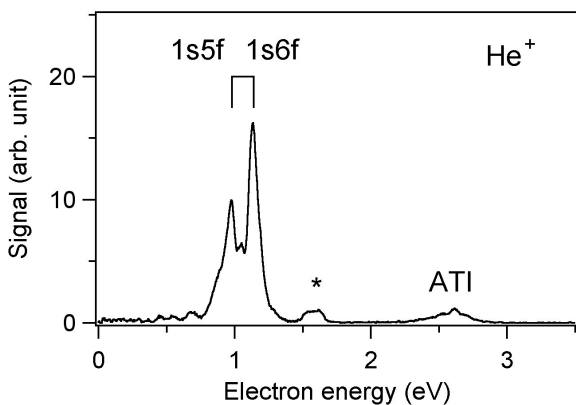


図 2 : NIR パルス (795 nm) 照射による偏極 He( $2^1P$ ) の光電子スペクトル (積算 2000 ショット)。FEL と NIR パルスの相対偏光は直交。\*のピークは UV パルス(250nm)の 1 光子イオン化により生成した光電子に対応する。

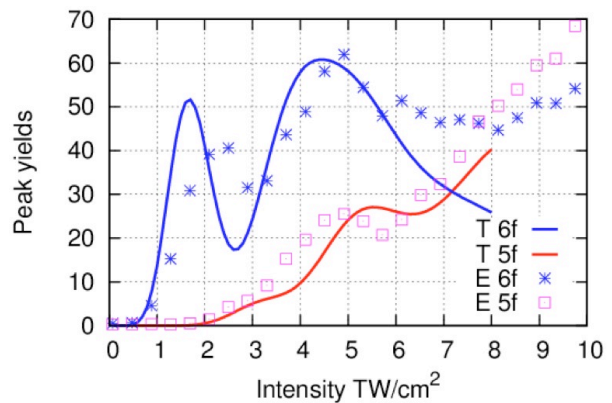


図 3 : 光電子ピーク (1s5f および 1s6f) の NIR 光のレーザー場強度依存性 (実験  $\square$   $\times$  理論  $-$   $-$ )

### 【参考文献】

- [1] 伏谷ら, 2012 年 第6回分子科学討論会 4P005.
- [2] Linskens et al. PRA **54**, 4854 (1996).