

卒業論文概要書

2021 年 1 月 29 日提出

所属学科	応用物理学科	氏 名	河西 剛	学 籍 番 号	1Y17B029-3
研 究 題 目	2 光子イオン化過程の赤外強度による影響の研究			指 導 員	新倉 弘倫 教授

1.序論

1.1 研究の背景[1]

ごく短い時間で起こる物理現象を計測するためには、時間分解能の良い計測方法が必要になってくる。このような領域はアト秒科学と呼ばれ、計測手法の一つに高次高調波を用いるものがある。

1.2 研究の目的

今回の研究は、高次高調波と赤外光の時間差を変化させながらアルゴンをイオン化させる場合に、赤外光の強度を変化させると、光電子の運動量分布と時間差の関係がどのように変化するかを調べることである。

2.理論

2.1 高次高調波の発生原理[3]

高次高調波の原理は、以下のような 3step-model で説明される。(1)気体原子にレーザー光を当てると、原子内の電子がイオン化する。(2)イオン化した電子はレーザー電場に沿って加速され、原子と再衝突する。(3)再衝突時に電子が持っていた運動エネルギーが高次高調波となって放出される。

2.2 高次高調波と赤外光を用いて試料をイオン化する方法[2]

試料に高次高調波と基本波となる赤外光を同時に当てると、高次高調波による光電子の発生他に、高次高調波と基本波の吸収、放出という合計 3 つの発生機構が生じる。高次高調波と赤外光のディレイ (XUV-IR ディレイ)を変化させると、3 つの発生機構から生じた光電子の干渉の仕方が変化するので、光電子の運動量分布にも変化が生じる。

3.実験方法

3.1 測定方法[4]

クリプトンガスによって発生させた高次高調波と、基本波である 800nm の赤外光をアルゴンガスに入射し、Velocity Map Imaging (VMI) という方法を用いて発生した光電子の運動量分布を測定した。この測定を、高次高調波と赤外光のディレイ (XUV-IR ディレイ)を変化させながら行い (測定 1)、赤外光の強度を変化させた後に同様の測定を行った (測定 2)。

3.2 データ処理の方法

VMI によって得られた運動量分布のデータから、各次数の高次高調波に相当するエネルギーによって生成された光電子の信号強度を求め、信号強度と XUV-IR ディレイの関係を、測定 1、測定 2 についてそれぞれ求めた。

4.高次高調波と赤外光の時間差の関数としての信号強度の測定結果

赤外光の強度が $0.950 \times 10^{12} \text{ W/cm}^2$ の場合 (測定 1) の、11 次高調波に相当するエネルギーによって生じた光電子の信号強度と XUV-IR ディレイとの関係を図 1 に示す。また、赤外光強度が $1.19 \times 10^{12} \text{ W/cm}^2$ の場合 (測定 2) の測定結果を図 2 に示す。さらに、両者の比較を図 3 に示す。

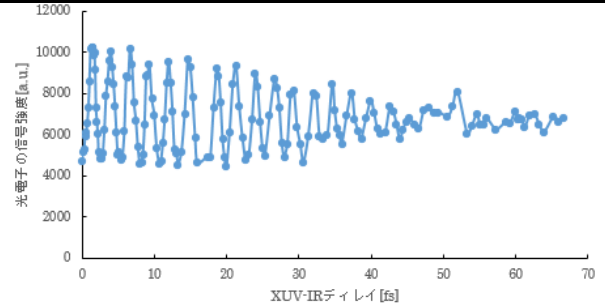


図 1 第 11 次高調波に相当するエネルギーによって生じた光電子の信号強度 (測定 1)

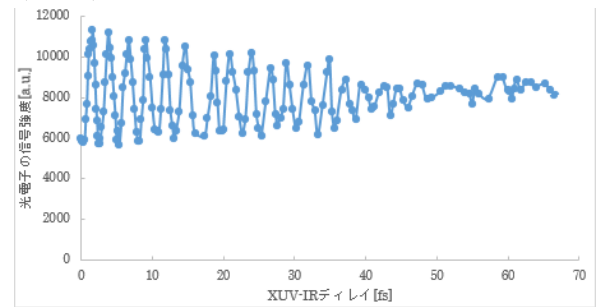


図 2 第 11 次高調波に相当するエネルギーによって生じた光電子の信号強度 (測定 2)

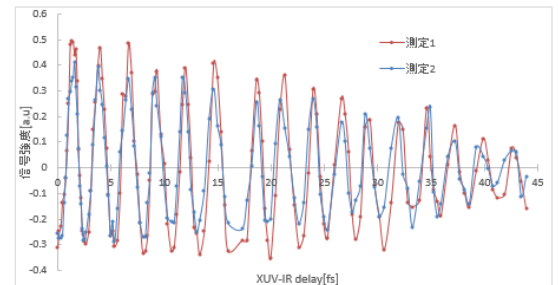


図 3 第 11 次高調波に相当するエネルギーによって生じた光電子の信号強度の比較

図 3 より、赤外光の強度が強くなると、信号強度の振動の振幅は大きくなるのがわかった。一方、ある信号強度のピークでは位相差が確認されたものの、全体として一定の位相差は確認できなかった。

参考文献

- [1]新倉弘倫: “再衝突電子によるアト秒電子運動の計測” 分光研究, 60 (2011) 219-232.
- [2]新倉弘倫: “電子波動関数の直接イメージング法の開発” フォトニクスニュース, 4,2 (2018) 41-46.
- [3]P.Corkum: “Plasma perspective on strong field multiphoton ionization”, Phys. Rev. Lett., 71 (1993) 1994-1997.
- [4]Villeneuve D, et al.: “Coherent imaging of an attosecond electron wave packet”, Science, 356(2017) 1150-1153.