慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	インコヒーレント光源の1光子吸収によるイオントラップへのイオンローディング法
Sub Title	Ion loading into ion traps by one-photon absorption from an incoherent light source
Author	長谷川, 太郎(Hasegawa, Taro)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2019
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2018.)
JaLC DOI	
Abstract	イオントラップ中のレーザー冷却された原子イオンは、量子計算機の基本素子や究極の原子時計の実現といった、基礎的な物理学研究への応用が期待されている。このような目的のために、効率の良い原子イオンの導入が必要である。通常、中性の原子ビームをイオントラップ中に導入し、その中でイオン化する。イオン化には従来は主に2つの手段が実施されてきた。1つは熱電子による衝突イオン化、もう1つはレーザー光による2光子イオン化である。熱電子衝突イオン化では、真空系が汚れるなど、前述の応用にはあまり適切な方法ではない。一方で、レーザーイオン化では、同位体の選択ができる、真空系をあまり汚さないなど、大きな利点があるが、イオン生成効率が低いという難点がある。 本研究では、新しいイオン化の方法として、インコヒーレント光を用いた1光子光イオン化を行い、それにより実際にバリウムイオンのレーザー冷却を行った。1光子イオン化は、2光子イオン化よりもかなり高い頻度で起きるため、生成効率が高く、レーザーのような強力な光源を使わなくても十分に多くのイオン化が可能であり、真空系を汚すこともない。 1光子イオン化には紫外光を必要とする。本研究では、重水素ランプと深紫外発光ダイオード(UV LED)を使用する。重水素ランプは波長185nm以上の紫外光を発生させる。これは、バリウムのイオン化エネルギー以上のエネルギーを持っているので、1光子イオン化できる。また、UVLEDでは、波長350nm、280nm、245nmの各種の発光ダイオードを使ってバリウム原子のイオン化を試みた。波長350nmと280nmのUVLEDではイオン化エネルギーに不足しているが、245nmはほぼイオン化エネルギーに相当する光子を放出するため、1光子イオン化できる。この実験の結果、重水素ランプと波長245nmのUVLEDによって、実際にバリウムイオンがイオントラップ中にローディングできることを確かめることができた。 Laser-cooled atomic ions in ion traps are expected to be applied to basic physics studies such as qubits of quantum computers and realization of precise atomic clocks. For such purpose, efficient ion loading into the ion trap is necessary. Usually, neutral atomic beams are introduced into the trap, and the ionization is carried out inside the trap. In the past, two main approaches to ionization have been implemented. One is impact ionization by thermal electrons, and the other is two-photon ionization by lasers. Collisional ionization of thermal electrons is not a suitable method for the above-mentioned applications, such as vacuum contamination. Laser photoionization has great advantages such as isotope selectivity and less contamination of the vacuum system, but has the disadvantage of low ion generation efficiency. In this study, as a novel ionization method, one-photon photoionization using incoherent light has been carried out, and laser cooling of barium ions has been actually performed. One-photon ionization occurs more often than two-photon ionization, and therefore it has high generation efficiency. Moreover, no lasers are required for ionization, and the vacuum contamination is minimized. Ultraviolet light is required for one-photon ionization. In this study, deuterium lamp and deep ultraviolet light emitting diode (UVLED) are used. Deuterium lamps generate ultraviolet light with a wavelength of 185 nm and longer. Since it has energy higher than the ionization energy of barium, it can be used for one-photon ionization. In UVLED, we try to ionize barium atoms using UVLEDs with wavelengths of 350 nm, 280 nm and 245 nm. While photon energy of UVLEDs with 350 nm and 280 nm is less than the ionization energy, 245 nm emits photons that is roughly the same as the ionization energy. Hence, one-photon ionization is expected. As a result, it has been confirmed that barium ions are indeed loaded into the ion trap by the deuterium lamp and the UV LED of wavelength 245 nm.
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2018000005-20180135

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or

publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

2019 年 3 月 14 日

2018 年度　学事振興資金（個人研究）研究成果実績報告書

研究代表者	所属	理工学部	職名	専任講師	補助額	200 （B）千円
	氏名	長谷川 太郎	氏名（英語）	Taro Hasegawa		

研究課題（日本語）

インコヒーレント光源の 1 光子吸収によるイオントラップへのイオンローディング法

研究課題（英訳）

Ion loading into ion traps by one-photon absorption from an incoherent light source

１．研究成果実績の概要

イオントラップ中のレーザー冷却された原子イオンは、量子計算機の基本素子や究極の原子時計の実現といった、基礎的な物理学研究への応用が期待されている。このような目的のために、効率の良い原子イオンの導入が必要である。通常、中性の原子ビームをイオントラップ中に導入し、その中でイオン化する。イオン化には従来は主に 2 つの手段が実施されてきた。1 つは熱電子による衝突イオン化、もう 1 つはレーザー光による 2 光子イオン化である。熱電子衝突イオン化では、真空系が汚れるなど、前述の応用にはあまり適切な方法ではない。一方で、レーザーイオン化では、同位体の選択ができる、真空系をあまり汚さないなど、大きな利点があるが、イオン生成効率が低いという難点がある。

本研究では、新しいイオン化の方法として、インコヒーレント光を用いた 1 光子光イオン化を行い、それにより実際にバリウムイオンのレーザー冷却を行った。1 光子イオン化は、2 光子イオン化よりもかなり高い頻度で起きるため、生成効率が高く、レーザーのような強力な光源を使わなくても十分に多くのイオン化が可能であり、真空系を汚すこともない。

1 光子イオン化には紫外光を必要とする。本研究では、重水素ランプと深紫外発光ダイオード(UVLED)を使用する。重水素ランプは波長 185 nm 以上の紫外光を発生させる。これは、バリウムのイオン化エネルギー以上のエネルギーを持っているので、1 光子イオン化できる。また、UVLED では、波長 350 nm、280 nm、245 nm の各種の発光ダイオードを使ってバリウム原子のイオン化を試みた。波長 350 nm と 280 nm の UVLED ではイオン化エネルギーに不足しているが、245 nm はほぼイオン化エネルギーに相当する光子を放出するため、1 光子イオン化できる。この実験の結果、重水素ランプと波長 245 nm の UVLED によって、実際にバリウムイオンがイオントラップ中にローディングできることを確かめることができた。

２．研究成果実績の概要（英訳）

Laser-cooled atomic ions in ion traps are expected to be applied to basic physics studies such as qubits of quantum computers and realization of precise atomic clocks. For such purpose, efficient ion loading into the ion trap is necessary. Usually, neutral atomic beams are introduced into the trap, and the ionization is carried out inside the trap. In the past, two main approaches to ionization have been implemented. One is impact ionization by thermal electrons, and the other is two-photon ionization by lasers. Collisional ionization of thermal electrons is not a suitable method for the above-mentioned applications, such as vacuum contamination. Laser photoionization has great advantages such as isotope selectivity and less contamination of the vacuum system, but has the disadvantage of low ion generation efficiency.

In this study, as a novel ionization method, one-photon photoionization using incoherent light has been carried out, and laser cooling of barium ions has been actually performed. One-photon ionization occurs more often than two-photon ionization, and therefore it has high generation efficiency. Moreover, no lasers are required for ionization, and the vacuum contamination is minimized.

Ultraviolet light is required for one-photon ionization. In this study, deuterium lamp and deep ultraviolet light emitting diode (UVLED) are used. Deuterium lamps generate ultraviolet light with a wavelength of 185 nm and longer. Since it has energy higher than the ionization energy of barium, it can be used for one-photon ionization. In UVLED, we try to ionize barium atoms using UVLEDs with wavelengths of 350 nm, 280 nm and 245 nm. While photon energy of UVLEDs with 350 nm and 280 nm is less than the ionization energy, 245 nm emits photons that is roughly the same as the ionization energy. Hence, one-photon ionization is expected. As a result, it has been confirmed that barium ions are indeed loaded into the ion trap by the deuterium lamp and the UV LED of wavelength 245 nm.

３．本研究課題に関する発表

発表者氏名 （著者・講演者）	発表課題名 （著書名・演題）	発表学術誌名 （著書発行所・講演学会）	学術誌発行年月 （著書発行年月・講演年月）
長谷川太郎	深紫外発光ダイオードによるイオントラップへのバリウムイオンローディング	日本物理学会 2018 年秋季大会 (同志社大学)	2018 年 9 月 9-12 日