原子核乾板による 100 MeV 級レーザー加速プロトン計測

Energy measurement of 100-MeV-class laser-accelerated protons using nuclear emulsions

神大院海事 [1] ,量研関西研 [2],東大院工 [3],名大院理 [4],量研放医研 [5]
○(M2)浅井孝文 [1,2],金崎真聡 [1],神野智史 [3] ,北川暢子 [4], 首藤信通 [1],
小平 聡 [5], 山内知也 [1],小田啓二 [1],森島邦博 [4],福田祐仁 [2]
Kobe Univ.[1], QST-KPSI.[2], The Univ. of Tokyo.[3], Nagoya Univ.[4], QST-NIRS.[5]
○Takafumi Asai [1,2], Masato Kanasaki[1], Satoshi Jinno[3], Nobuko Kitagawa[4], Nobumichi Shutoh[1],
Satoshi Kodaira[5], Tomoya Yamauchi[1], Keiji Oda[1], Kunihiro Morishima[4], Yuji Fukuda[2]
E-mail: 181w301w@stu.kobe-u.ac.jp

【研究背景】

高強度レーザーを利用したイオン加速は、既存の加速器の小型化が期待されることから、多くの研究機関において精力的に研究が進められており、近年は 100 MeV に近いプロトンの発生も報告されている[1]。このような状況下、量子科学技術研究開発機構関西光科学研究所では水素クラスターターゲットを用いたレーザー駆動イオン加速実験が行われている。水素クラスターとは水素分子の集合体であり、プロトン以外のイオン種が同時に加速されず、かつ固体ターゲットに比べ高繰り返しが可能といった利点を有する[2]。また、先行するシミュレーション研究では数百 MeV 級の準単色プロトンが発生することが示唆されている[3]。一方で、レーザー駆動イオン加速実験ではイオン検出器に対してノイズ成分となる電子線や X 線が同時発生するため、固体飛跡検出器 CR-39 が用いられてきたが、最も高感度なタイプの CR-39 でも 27 MeV 以上のプロトンを直接計測することはできない。そこで、我々は 100 MeV 級のプロトンを直接計測可能な原子核乾板をレーザー加速イオン計測に導入し、現像液の pH と現像時間による電子線ノイズに対する減感を行い、~10 MeV 程度のプロトンのエネルギースペクトル計測に成功している[4]。

本研究では、レーザー加速 100 MeV 級プロトン計測の実現を目的とし、原子核乾板に対し、加速器で高エネルギープロトンを照射し、電子線ノイズの影響を押さえた現像条件でプロトンの飛跡を観測可能か検証し、検出器体系の構築を行った。

【低 pH 現像による原子核乾板の感度調整】

現像液の pH と原子核乾板の感度の関係を調べるために HIMAC において 100、160 MeV の陽子線を原子核乾板に照射し、光学顕微鏡で飛跡の観察を行った。飛跡 100 μm あたりの銀粒子の数である Grain density を感度の指標とし、現像液の pH との関係を表したものを Fig. 1 に示す。現像時間は 25 分とした。エラーバーは飛跡ごとの Grain density の標準偏差を表す。現像液の pH を下げるほど電子線ノイズは低下するが、Fig. 1 のように同時に 100 MeV 級プロトンに対する感度も低下するため、自動飛跡読み取り装置 HTS[5]を用いて飛跡を読み取る際の検出効率が低下する。今後は電子線ノイズの影響を十分抑えつつ、かつ 100 MeV 級プロトンを高効率に検出できる現像条件とその条件における飛跡読み取り時の最適パラメータを決定することが重要である。本発表では原子核乾板を用いた 100 MeV 級レーザー加速プロトンの検出器体系の開発に向けた現状について説明する。

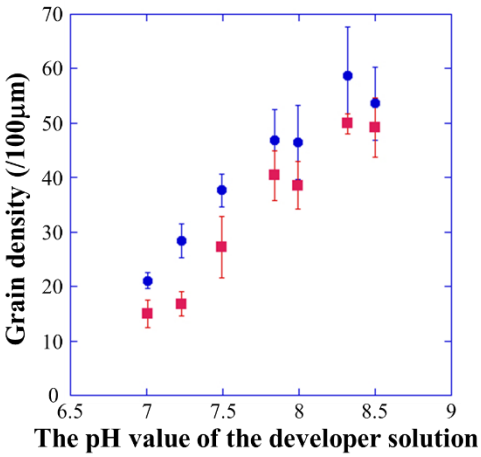

Fig. 1 Grain density under each condition

[1] A. Higginson et al., Nat. Commun. 9, 724, 2018 [2] S. Jinno et al., Opt. Express. 25, 16, 2017
[3] R. Matsui et al., Phys. Rev. Lett. 122, 014804, 2019 [4] T. Asai et al., High Energy Density Phys. 32, 44, 2019
[5] M. Yoshimoto et al., Prog. Theor. Exp. Phys. 2017, 103H01, 2017

© 2019年 応用物理学会