

J-PARC 核変換実験施設計画の現状

(4) レーザーを用いた小出力ビームの取り出し

Status of J-PARC Transmutation Experimental Facility Program

(4) Low-Power Beam Extraction by Laser

*武井 早憲¹, 平野 耕一郎¹, 堤 和昌¹, 明午 伸一郎¹¹原子力機構 J-PARC センター

J-PARC で整備を目指している核変換物理実験施設 (TEF-P) では、リニアックからの大強度負水素イオンビーム (エネルギー400 MeV、出力 250 kW) から小出力の陽子ビーム (最大出力 10 W) を安定に取り出す必要がある。原子力機構では、レーザーを用いた荷電変換によるビーム取り出し法を提案し、開発を行っている。今回、3 MeV の負水素イオンが加速できるリニアックにおいてレーザー荷電変換試験を実施したところ、約 8 W 相当の安定したビームを長時間取り出すことに成功した。

キーワード：核変換実験施設，小出力ビームの取り出し，レーザー荷電変換

1. 緒言

J-PARC リニアックから出射するビームは、大強度 (エネルギー400 MeV、繰り返し 25 Hz、出力 250 kW) の負水素イオン (H^-) であり、その殆どが ADS ターゲット試験施設 (TEF-T) へ輸送され、その一部のビームを核変換物理実験施設 (TEF-P) に向けて安定に取り出す必要がある。大強度ビームから小出力ビームを取り出すにはフォイルを用いた荷電変換法などが一般的に用いられるが、フォイルの変形や真空悪化時には想定以上に強い強度のビームが取り出されるおそれがあった。このため、安定してビームを取り出す新たな方法を開発しなければならず、原子力機構では、レーザー荷電変換により安定してビームを取り出す方法を提案し、開発を行っている。従来、レーザーによる荷電変換は H^- ビーム診断[1]に用いられているが、この方法が長期間安定にビーム取り出しに適用できるかどうか実験的に検証されていない。今回、3 MeV の H^- ビームを用いてレーザー荷電変換試験を実施したので報告する。

原子力機構が提案するレーザー荷電変換の原理を図 1 に示す。 H^- ビームに Nd:YAG レーザー光 (波長 1064 nm, 1.6 J/shot, 25 Hz) を照射すると、 H^- の水素原子に弱く結合している電子はレーザー光により容易に引き離されるため、中性水素 (H^0) に変換される。そして、偏向電磁石により H^- と H^0 を分離し、 H^0 ビームを取り出せる。一方、何らかの原因によりビームライン中の真空が悪化すると、真空中のガスとの相互作用により H^- が H^0 に変換される。この変換を防止するために、レーザー照射部を偏向電磁石中に設けた。これにより真空が悪化した場合でも大強度のビームが TEF-P に入射することを防止できる。レーザー照射部から取り出された H^0 ビームは荷電変換フォイルを用いて陽子 (H^+) に変換し、その後 TEF-P に輸送する。

2. 3 MeV H^- ビームを用いたレーザー荷電変換試験及び結果

原子力機構では、3 MeV の H^- が加速できるリニアック (ピーク電流 30 mA、繰り返し 25 Hz) にレーザー機器等を設置し、レーザー荷電変換によるビーム取り出し試験を実施した。この試験では、TEF-P の運転条件から取り出した H^+ ビームの出力を 5~10 W 相当、ビーム出力の安定性を 5% 以下とする目標を設定した。また J-PARC の運転スケジュールと整合するために、ビーム取り出し期間を 7 日 (延べ 56 時間) 以上とした。図 2 はレーザー光と H^+ ビームの波形を示す。図より、レーザー光に起因して H^+ ビームが取り出され、 H^+ ビームの出力は約 8 W 相当となった。また出力安定性は約 2%、取り出し時間は延べ 65 時間となり、目標を達成した。従って、J-PARC における大強度 H^- ビームから小出力ビームを安定的に取り出すための制御技術の基礎を確立した。

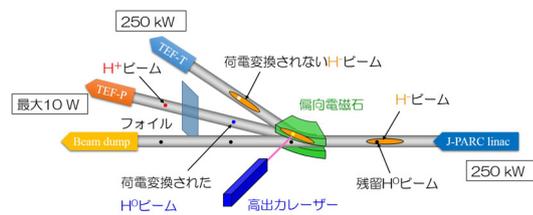
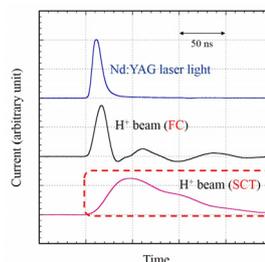


図 1 レーザー荷電変換の原理

図 2 レーザー光 (上段) と H^+ ビーム (中段) の波形

参考文献

[1] Y. Liu *et al.*, "Laser wire beam profile monitor in the spallation neutron source (SNS) superconducting linac", *Nucl. Instr. Meth.*, vol. A612, pp. 241-253, 2010.

本発表内容は、核変換技術研究開発補助事業によって得られた成果を含みます。

*Hayanori Takei¹, Koichiro Hirano¹, Kazuyoshi Tsutsumi¹ and Shin-ichiro Meigo¹

¹ J-PARC/JAEA