

LIFE TIME TEST BY 750keV NEGATIVEHYDROGEN BEAMS

A. Takagi^{A)}, I. Sugai^{A)}, Y. Irie^{B)}, Y. Takeda^{A)}, K. Ikegami^{A)}, Z. Igarashi^{A)}, C. Kubota^{A)}, Y. Arakida^{A)}
N. Saito^{C)}, S. Dairaku^{C)}, K. Senzaki^{C)}, A. Satoh^{C)}

^{A)}KEK Tsukuba, Japan., ^{B)}JAEA Tokai, Japan., ^{C)}Kyoto Univ. Kyoto, Japan.

Abstract

Carbon stripper foils will be installed in the J-PARC 3 GeV Rapid Cycling Synchrotron. They should have a tolerance to the high temperature at around 1800K. We have developed a new irradiation system with negative hydrogen beams (H⁻) at the KEK 750keV Cockcroft-Walton type high voltage accelerator in order to simulate the energy depositions onto the foil. It is found that, by adjusting the dc beam current or the peak intensity and the pulse length of the H⁻ beams appropriately the energy deposition becomes equivalent to that exerted by the incoming H⁺ and the circulating beams at the injection process of the RCS. The new irradiation system and some preliminary results of the life time test on the carbon foil will be reported.

750keVの負水素イオンビームによる炭素薄膜の寿命試験

1. はじめに

J-PARCのRapid Cycling Synchrotron(RCS)には、炭素薄膜が負水素イオンビームから陽子ビームの荷電変換膜として用いられる。J-PARCでは炭素薄膜へのリニアックと周回ビームから受けるエネルギーデポジションが大きく炭素薄膜の温度が最高1800*Kに達する。通常の炭素薄膜では1800*Kの使用温度では寿命が極めて短くなる。そのために新しい炭素薄膜の開発が行われ高温での寿命が著しく改善された。しかし、歩留まりやピンホールの評価などを行うために、多数のサンプルによるビーム照射試験の必要がある。これまでも3.2MeVのNe⁺ビームの照射寿命試験を行ってきたが、実際と同じH⁻ビームを使用した試験が望まれていた。リニアックなどからの高エネルギーのH⁻イオンでは、阻止能が小さいために必要なエネルギーデポジションを得るのは困難であるが、KEK-12GeV PSの750keVの前段加速器のビームを使用すれば、J-PARCでのエネルギーデポジションを実現できる。特にKEK-12GeV PSの750keVの前段加速器に設置されている負水素イオン源は、パルスビームのみならず直流ビームも供給可能であるので、さまざまな条件下でのH⁻ビームによるエネルギーデポジションを実現できる。

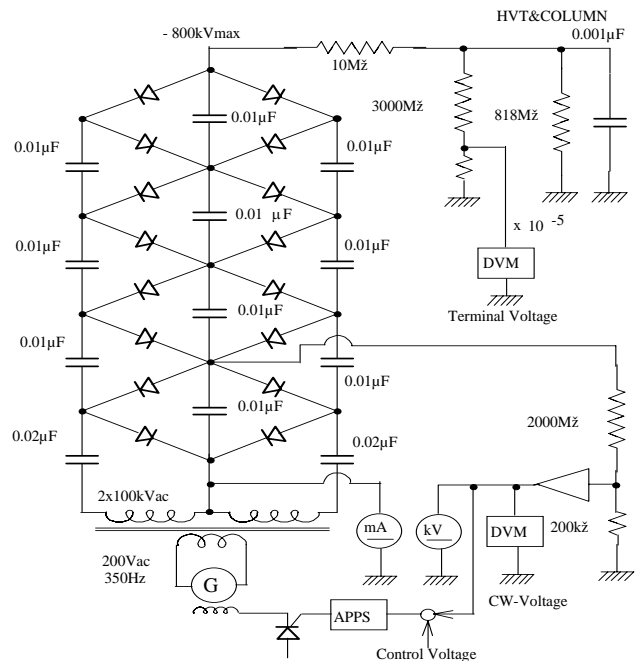
2. 750keV前段加速器

750keV前段加速の構成は、コッククロフト・ワルトン型直流高電圧電源、高電圧ターミナル、イオン源、加速管およびビーム輸送系から構成されている。2台の750keV前段加速器の建屋があり、交互に切り替えてビーム供給を実施して加速器の運転効率を向上させる運転を行っていた。しかし、平成18年月3月をもって12GeV-PSからのビーム供給は終了し

ているので、第2前段加速器を炭素薄膜の照射試験用にフルタイムで活用する為の改造を行った。

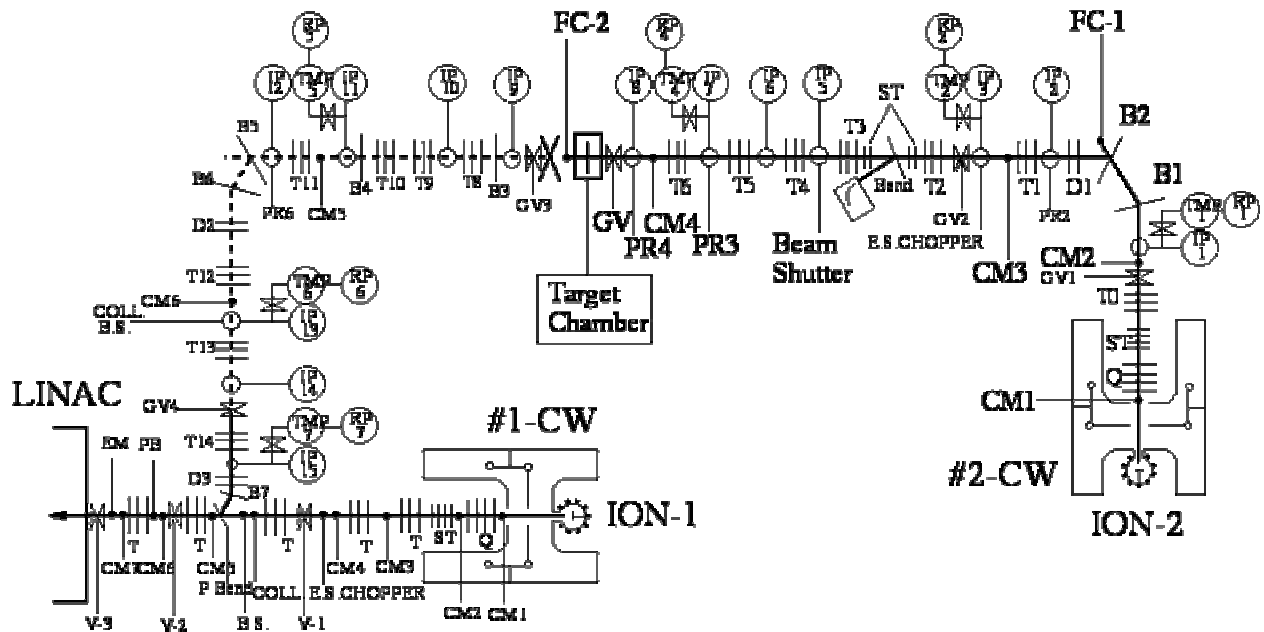
第2前段加速器は、ビーム輸送系の大部分が加速器のトンネルの外に設置されているために、運転中においても人がビーム輸送系に近づくことが可能である。また、ビーム輸送系が長いので色々な試験チェンバーを設置する為のスペースに余裕がある。

第1図は、コッククロフト・ワルトン型高電圧発生装置の回路の概略である。この回路では、出力電圧のフィードバック抵抗の接続位置が、装置の最上



第1図 コッククロフト・ワルトン型高電圧発生装置の回路概略

¹ E-mail: akira.takagi@kek.jp

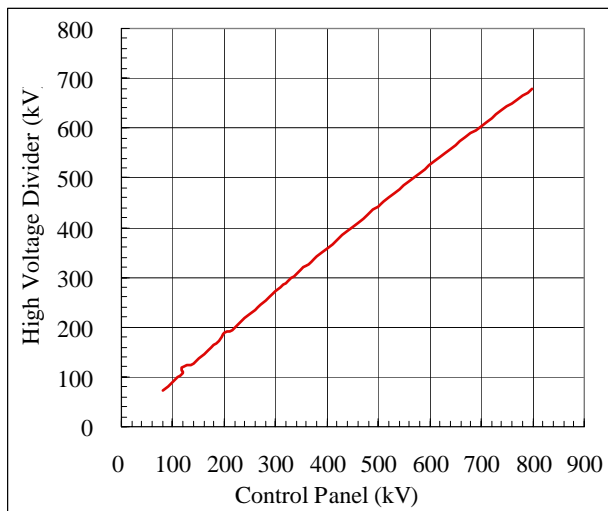


第3図：750keVビーム輸送系の配置図

部での最大出力の800kVに対して4分の一段の200kVの段か出力電圧のフィードバック信号を取っているために、実際の出力電圧の安定度が劣化している。そのために、高圧発生装置の制御盤パネル上では設定電圧と出力電圧とは一致しているが、高電圧分圧抵抗器で読み取った高電圧ターミナル電圧 (= 加速エネルギー) はそれよりかなり低いのが現状である。

第2図に高電圧ターミナルに接続された高電圧分圧抵抗器の読みとの関係を示す。運転時には、高電圧分圧抵抗器の指示値を前段加速器の加速エネルギーとして使用している。

設定電圧が750kVに対して高電圧ターミナルでは、650kV付近の電圧である。これは高電圧ターミナル



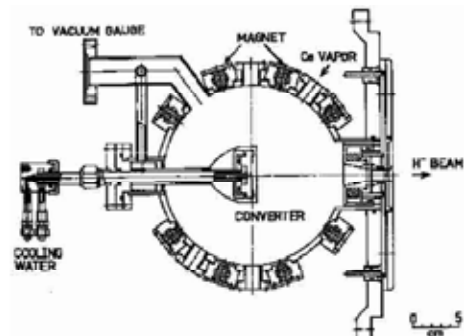
第2図 制御盤と分圧抵抗器での出力電圧の関係

との間の接続抵抗10MΩによる電圧降下分よりもかなり大きな電圧低下が見られるので、高電圧発生装置側が実際には表示電圧よりかなり低い電圧出力であると思われる。

高電圧で加速された負水素イオンビームはビーム輸送系によって、照射チェンバーに導かれる。第3図に、ビーム輸送系の配置概要図を示す。

負水素イオンビームは、マルチカスプ型表面生成負水素イオン源により生成される。負電位にバイアスされたコンバータ電極表面で大量の負水素イオンが生成され、生成された負水素イオンはコンバータ前面に形成されているプラズマのイオンシースによって急速に初速エネルギーを得るので、イオン源内での損失が少なく大電流の負水素イオンビームの引き出しが可能になっている

第4図に表面生成型負水素イオン源の構造図を示す。



第4図 表面生成型負水素イオン源構造図

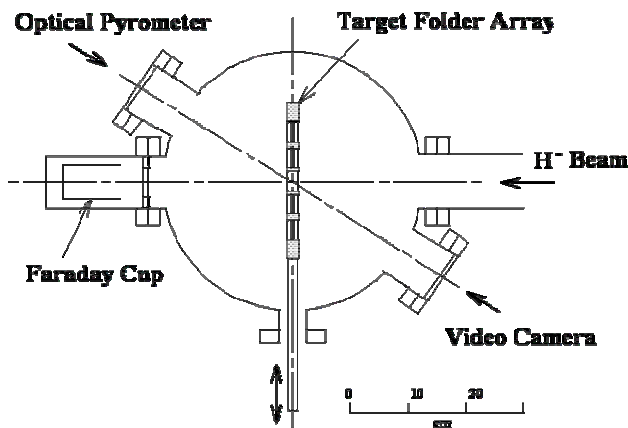
3. 照射試験

ビーム輸送系で導かれた公称エネルギー750keVの負水素イオンビームは、特別な照射チェンバーに入射され、炭素薄膜ターゲットに照射される。

第5図に、照射チェンバーの配置図をします。ターゲットマウントは、マニュアル駆動式であり、ビーム軸と直交してスライド可能な構造になっている。横方向にスライドさせることによってターゲットマウントに装着された4個のターゲットに対して順次ビーム照射が可能である。

実際のビーム照射は、第6図で示すように非常に明るいビームスポットが得られた。光高温計による輝度温度の観測では、摂氏1700~2200度の高温度が観測された。このような高温度が得られたことにより、この照射システムが炭素薄膜の高温損傷の試験には十分に役に立つビームを供給できる能力を持っていると評価できた。

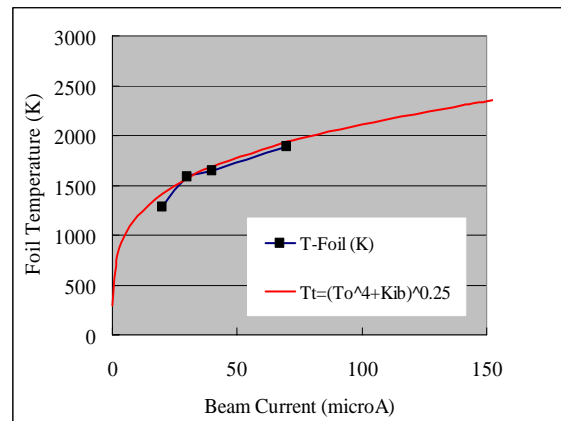
照射スポットの温度は第7図で示すように輻射によって温度が決定されていることが確認された。



第5図 照射チェンバーとターゲットマウント



第6図 照射中の炭素薄膜上のビームスポット



第7図 炭素薄膜の照射スポットの温度

この照射装置で今までに照射した炭素薄膜の履歴を第1表に示す。コマースの製のCM薄膜では非常に短時間で変形や孔が生じるのに対して、Bドーブのハイブリッド炭素薄膜HBCは、非常に良好な高温耐性を持っていることが確認された。

第1表 照射履歴

照射履歴				
CM	307 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	1950C	250 μA	2hr49min
CM	388 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	1900C	185 μA	9hr25min
CM	428 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	2000C	140 μA	2hr
HBC	460 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	2000C	230 μA	30hr

4. まとめ

これまでの照射試験は、予備的段階のものであり、今後、測定手段の改善や観測装置の開発によって、さらに本格的な照射試験を行う予定である。これらを以下にまとめる。

- (1) 650keVの直流ビームのH⁻イオンビームが最大2 mA得られた(200・300・Aで使用)。
- (2) CM、HBC、その他のフォイルの照射試験を行い、最大2500K(輝度温度)の温度が実現できた。
- (3) HBCフォイルの高温耐性が確認できた。
- (4) さらに照射サンプル事例を蓄積して、従来のNe⁺での照射試験結果との比較・相互評価を行う。
- (5) 新素材の可能性も追求する。
- (6) 炭素薄膜を透過してきたビームの荷電状態やエネルギー分布を測定するためのツールを整備する。

実効的な加速エネルギーの650keVの負水素イオンビームでの炭素薄膜照射試験を行い、予備実験的な実験結果が得られた。今後は透過ビームの分析ツールの整備を行い、信頼度の高い定量的なデータの収集を行う予定である。