

## Injection Beam Spot observation by Angled stripping Foil

Y.Arakida<sup>A)</sup>, Y.Irie<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> Accelerator Laboratory, High Energy Accelerator Research Organization  
1-1 Oho, Tsukuba-si, 305--0801

<sup>B)</sup> Japan Atomic Energy Research Institute  
2-4 Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195

### Abstract

It is needed to observe the condition of carbon stripping foil in operating period. For precise observation, the view point of the foil is require to be close to the beam. In the case of KEK-PS Booster, the straight section for the beam injection is filled with magnets to form a local bump orbit. To observe the condition of carbon foil from the transverse narrow space, the carbon foils is installed in a tilted condition. The angle of the foil and beam axis is 45degrees.

We observe the beam spot image in TV successfully, and estimate the position and temperature of the spot.

## 斜角荷電変換膜による入射ビームスポット観察

### 1. はじめに

薄膜によるシンクロトロン荷電変換入射において入射ビームの膜上の位置と温度を常時観察できることが望ましい。そして膜面の観察は当然面直角でビーム軸方向からが最良である。しかし入射部はパルス電磁石が占めて理想的な位置からの観察は難しい。KEK-PS ブースターシンクロトロンにおいてすでにある横方向の点検窓から膜面が見えるようにビーム軸に斜めに荷電変換膜を設置し運転中観察を行った。運転中は加速器内に立ち入れないので観察はCATVにより観察し画像処理によりTVの規格性能範囲内で照射位置と温度の推定を行った。

### 2. 斜角荷電変換膜

KEK-PS ブースター40MeV H<sup>-</sup> 入射直線部をFig.1に示す。直線部をすべてを真空チェンバーが占め、チェンバー内は入射バンプ電磁石の間隔は絶縁距離程度しかない。運転中の荷電変換膜を直接観察できるのは膜支持反対側の点検窓によらざるを得ない。さてビームトランスポートラインにおいてはビーム軸に斜めに蛍光板を置き、ライン側方から観察する方法が一般に行われている。炭素の荷電変換膜の場合はビームの通過による温度上昇のみだがビーム範囲膜面の発光が期待できるとすれば荷電変換膜においても斜め設置と横方向からの観察ができるであろう。

荷電変換膜の斜め角度は観察窓がビーム軸の膜位置横直角方向なのでビームと観察方向中間の45度としたい。入射のチェンバー内は荷電変換膜のための隙間が68mm確保されている。最も懸念されるのは、運転中5kV程度の電圧が加わる励磁導電板の

張り出しと膜フレーム間の放電である。バンプ電磁石の設置誤差による隙間幅の増減、ビームの水平全幅20mm、膜の真空内収納スペースを複数分占めること等を考慮して膜角度をビーム軸と45度、投影幅寸法25mmで製作することにした。通常運転の膜厚は炭素の60 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ だが膜内通過距離の増分を見て40 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ とする。さらに運転使用に融通を持たせるために後方にビーム軸直角の15mmの膜面を取ることにした。膜断面は“く”の字型である。垂直方向は従来同等寸法、挿入支持部は互換とする。

製作された膜がFig.2である。本件シンクロトロンの入射用なのでバンプ軌道により入射時のみビームが膜を通過し加速前に中心軌道に戻すために枠は四角形中ビームの移動する一辺が開口部の構造となる。膜の支持枠へ貼り付けは<sup>1)</sup>の方法に順じる。20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の膜が枠を挟み2枚貼り合わせで折れ曲がり部はW 10 $\phi$ ワイヤーも膜に挟まれている。ワイヤーを使用することについては<sup>2)</sup>で経験があり本件は軌道外側なのでさらに影響は少ない。

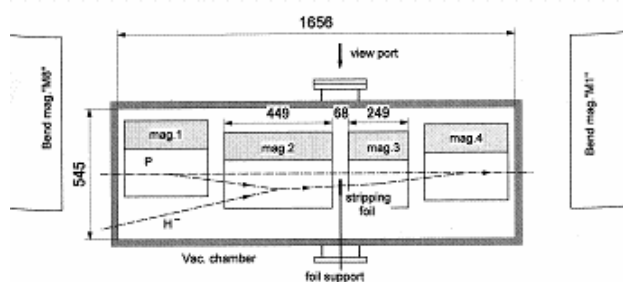


Fig.1 injection system of KEK-PS booster

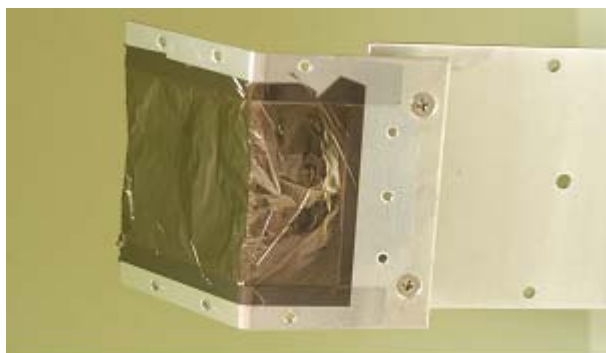


Fig. 2

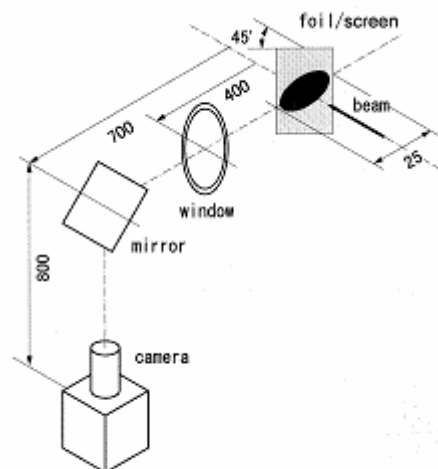


Fig. 3 optical setup

### 3. ビームスポット観察

観察はCATVを使用する。今までの失敗例より

(1) 通常運転のビームでは最低照度1Lux程度の一般品のCATVカメラに写る程の輝度で可視光域では発光していない。

(2) 発光量が少ないために外光の遮光は必要。

(3) B/Wカメラは近赤外域にも若干感度がある。<sup>3)</sup> カメラはB/W最低照度0.003Lux (F1.4) を使用した。絞りF2.8ならば暗室中で250℃以上に黒鉛を加熱すると像として見える。レンズは6-90mm F1.6、操作性を考慮して電動ズームを使用した。光学機材をFig. 3のようにし光路は暗箱で覆う。CCDカメラはビームの周回水平面からは外れるように光路を鏡で曲げて下方に設置した。鏡を1枚介しているの像は上下逆となる。

ビームを入射しFig. 4の像が得られた。ビーム表示機器と同期して中央の白色部が見られるのでビームによる発光である。

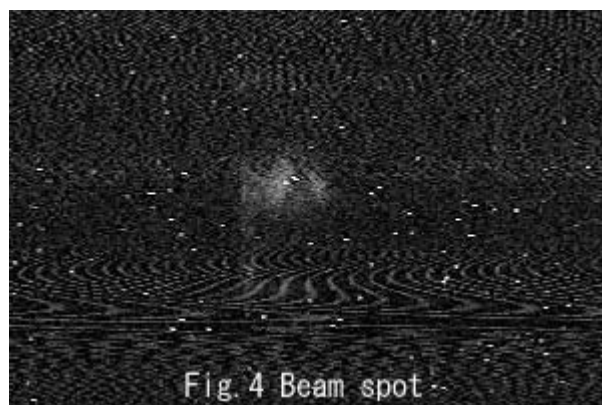


Fig. 4 Beam spot

### 4. 他の方法との比較

#### 4.1 蛍光板との比較

蛍光板を斜角荷電変換膜と同形状に作り観察を行った。膜の場合は入射より周回している粒子数が多いが蛍光板では入射したビームが後周回しないので入射ビームのみの位置と形状が見られる。石英ガラスの発光がFig. 5である。アルミナ蛍光板AF995Rの0.5mm厚では蛍光板全体が強く発光してスポットにはならなかった。

軌道中心より500mm位置の観察窓で撮影した写真がFig. 6で25日間使用した。運転を停止しなければ観察はできないが高解像度のカメラで記録することができる。右側が表面で照射中心がわかりやすい。左側は透かして裂け検査が目的であったがビームの範囲が変色することに気が付いた。数日運転しないと膜面上変化が見えず数日ないし週単位の観察には有力だが短時間のことはわからない。

### 5. 画像処理による観察

#### 5.1 ビームスポットの位置推定

パソコンでも若干の画像処理はできて、ビームスポットの像と膜像重ねてみる。撮影時は始めに照明を点けてフォイルにレンズの焦点を合わせ、照明を消してレンズ絞りを最大に開けビームをだす。操作は遠隔で行い手は触れないので位置関係は保たれる。合成写真がFig. 7である。Fig. 4ビーム像の背景透明化のために色反転と過度のコントラスト強調をせざるを得なかった。およその中心は出ているがビームの分布は不完全である。

以上スポット発光、蛍光板、膜写真観察と照射位置は大方一致しているがスポット発光像はよく見えるように改良が必要である。

#### 5.2 発光時間と温度の推定

使用したカメラはNTSC規格に準拠してインターレススキャンをしており、画像処理ソフト”Photo shop”にはスキャニングラインの奇数番線、偶数線のみ取る機能がある。規格は30コマ/sec.だから

奇数、偶数分けることにより1/60の時間分解能が得られる可能性がある。像が暗いこともあり電子シャッターは1/60sec. 固定に設定した。Fig. 4の奇数番線を残し偶数線を削除しスポット近辺を取り出したのがFig. 8の1でビーム像が消えた。Fig. 8の2が偶数番でビームスポットが見える。そこで時間で次のコマについて同様にするとFig. 8の3奇数番線像で画面上多数の白点が見られ偶数線でFig. 8に1番同等に戻る。画像は各1/60sec. で16.7msec.、PSブースターは周期20HZで半分の25msec. で入射から取り出しまでが行われるのでFig. 8の2、3撮像の33msec. 間にビーム加速の25msec. が入っていたと見られる。

ブースター20Hzとカメラ30Hzの周波数は両者厳密には端数がつきかつ同期はしていない。そこで前期Fig. 4のスポット像の他前後のいくつかの像についても同様に奇偶数線分離画を作った。各画確かめた結果前後2コマ続いて写ったスポットは見られなかった。従ってスポットの発光時間は1画面の時間の1/2以下、その間像として写るので250℃以上の温度である。これは粗い推定で、ヒーターの静的な発熱物と10μsec. 程で加熱しその後放射で温度が下がる膜スポットとカメラの応答が同じか吟味を要する。

## 6. まとめ

本件の目標は荷電変換膜の運転中の観察と温度測定である。しかし現状は可視光域中心が最大感度に作られたカメラの長波長側感度域と、荷電変換膜の発熱による放射波長の短波長側の、僅かの波長の重なり域が捕らえた映像をもとにした粗い推定である。本稿では触れないが現在CCDカメラの放射線防護の見通しが立っていない。したがって本実験は専用の時間を取りビームの繰り返し数を少なくし、かつカメラは使い捨てである。既存の測定器は対象が真空中、放射線環境中の本件は機器の損傷の懸念と費用の点で現実的な方法が見出せなかった。今後カメラの放射線防護ができれば膜面の観察は改良の余地はあるがCATVを使う限り1/60sec. 単位でしか時間判別はできないのでビームスポットの温度測定に関しては別方法の開発が必要である。

## 参考文献

- 1) 荒木田他”片支持型荷電変換膜の開発“、第1回加速器学会年会予稿Aug4-6, 2004
- 2) Yamane, et al.: Nucl. and Meth., A254(1987) 225-228
- 3) ワテック社カタログ

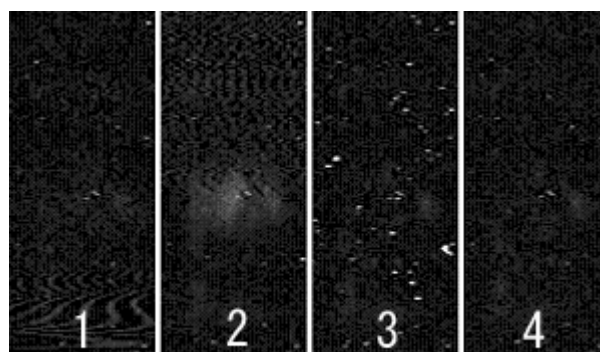
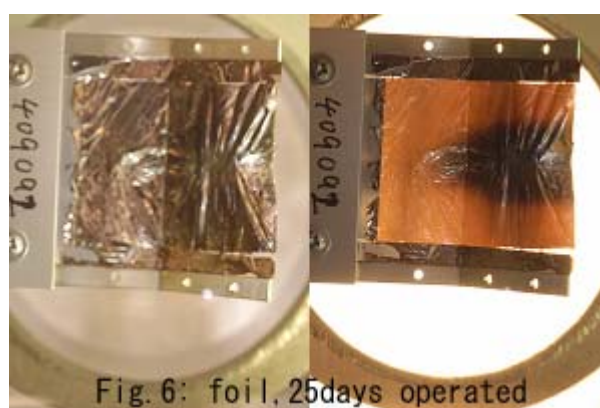
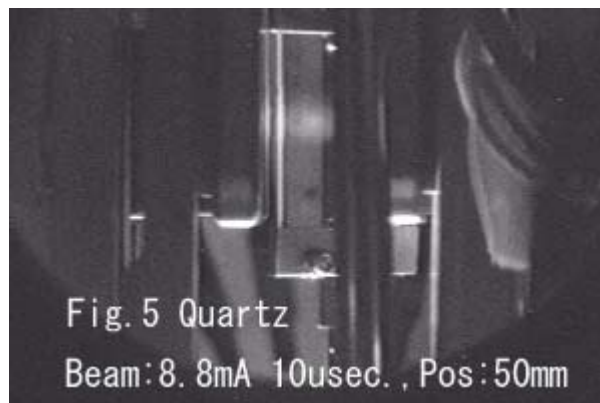


Fig. 8