

CONSTRUCTION OF THE BEAM LINE FOR CHANNELING RADIATION EXPERIMENT WITH  
POSITRON BEAM AT KEK

Kimichika TSUCHIYA, Tsutomu NAKANISHI, Naoaki HORIKAWA, <sup>1</sup>Yusuke KOJIMA,  
<sup>1</sup>Yoshihide HONDA, <sup>1</sup>Fuminori FUJIMOTO, <sup>2</sup>Ken-ichiro KOMAKI, <sup>2</sup>Yoshinori YAMAZAKI  
<sup>2</sup>Yasushi Iwata, <sup>3</sup>Akira ASAMI, <sup>3</sup>Atsushi ENOMOTO, <sup>3</sup>Takao URANO, <sup>3</sup>Takao OOGOE,  
<sup>3</sup>Kazuhisa KAKIHARA, <sup>3</sup>Isamu SATO, <sup>3</sup>Kazuo NAKAHARA and <sup>3</sup>Hisashi KOBAYAKAWA

Nagoya University

<sup>1</sup>Osaka University

<sup>2</sup>Tokyo University

<sup>3</sup>KEK

ABSTRACT

The channeling radiation experiment with 2.5 GeV positron beam at KEK is under preparation. Construction of the beam line for this purpose has been finished. The experiment requires the parallel beam whose angle dispersion is about 0.1 mrad. The design of this beam line is described.

KEKにおける陽電子チャネリング放射光実験用ビームラインの建設

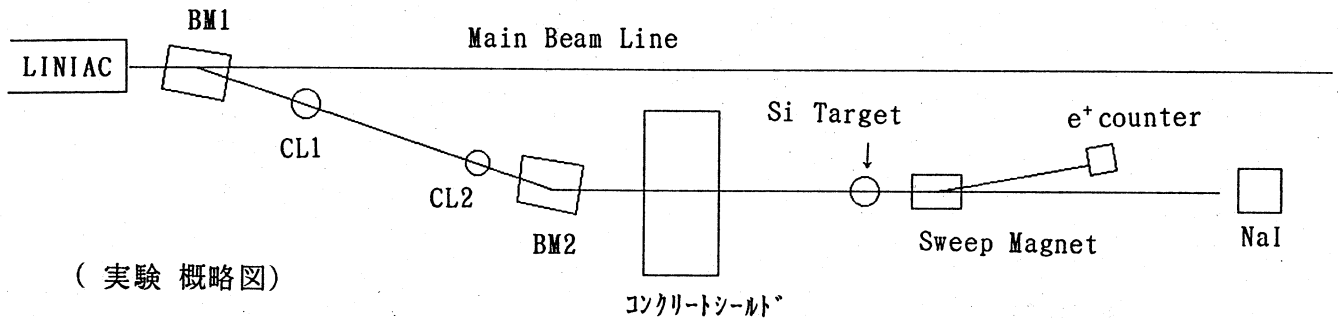
1. はじめに

電子・陽電子が超相対論的エネルギーで結晶内をチャネリングしながら進むとき、その軌道の周期的な振動により光子を放射する。(チャネリング放射光)<sup>1)2)3)</sup> チャネリングには電子・陽電子が結晶の平行な壁の間を進むときに、原子面のクーロン力によって蛇行した軌道をとる面チャネリングと結晶列のまわりを螺旋状に回りながら進む軸チャネリングがある。この面チャネリングによる放射光は線偏光、軸チャネリングによる放射光は円偏光していると予想されている。またチャネリング放射光はコヒーレントでありその光子のエネルギーも入射粒子のエネルギーによって可変である。特に陽電子の場合<sup>4)</sup>はほとんど単色の $\gamma$ 線(X線)となる。これらの特徴からチャネリング放射光の原子核実験への利用やX( $\gamma$ )線レーザーの可能性などが議論されている。しかしチャネリング放射光の実験は日本では<sup>5)</sup>まだ、あまり行なわれていない。

我々は、現在 KEK LINIAC 2.5 GeV 陽電子を使って面チャネリングによる放射光のスペクトル測定と、いまだ確認されていない線偏光度の測定を目標とした実験を準備中である。

## 2. チャネリング放射光実験

KEK LINIAC の第三スイッチャードに、2 台の 18 度偏向電磁石 (BM1, BM2) を用いて、2.5GeV陽電子ビームを主ビームラインと平行に引き出し、チャネリング実験用ビームラインを建設する。この 2 台の偏向電磁石の間に 2 個の鉛コリメータ (CL1, CL2) を置きビームを平行化する。このビームを Si 結晶 Target にあてる。Si Target はゴニオメータで回転させ Si 結晶の (110) 面をビームに平行に設定してチャネリング放射を起こさせて、この光を NaI を使って観測する。その際、 $e^+$  ビームは Target 後方に設置した  $5^\circ$  偏向電磁石 (Sweep Magnet) でスイープする。



以下、実験に必要とされる条件を述べる。

### ① ビームの平行度

2.5GeV陽電子が Si (110) 面に対する入射角を  $\Psi$  とするとチャネリングを起こすための  $\Psi$  の臨界角  $\Psi_c$  は

$$\Psi_c = (2*U / p v)^{1/2} = (2*U / p c)^{1/2}$$

で決まる。

ここで  $U$  : 結晶固有のポテンシャル,  $p c$  : 入射エネルギー (2.5GeV) である。

今の場合、 $U = 20\text{eV}$ 程度と見積ると  $\Psi_c = 0.13\text{mrad}$  となる。

精度の良いスペクトル測定を行なうためにはビームの平行度を  $\Psi_c$  程度以下になるようにビームをコリメートすることが要求される。

### ② 光子検出器の受け角

入射粒子が結晶の軸に平行に入ったとして、軸から  $\theta$  方向で観測されるチャネリング放射光の振動数  $\omega$  は、 $\theta = 0^\circ$  (入射方向の延長線上) のときの振動数  $\omega_m$  (最大) との間には、

$$\omega = \omega_m / (1 + \gamma^2 \theta^2) \quad (\theta \text{ が小さいとき}) \quad \text{の関係がある。}$$

ここで  $\gamma$  はローレンツ因数

精度の良いスペクトル測定のために  $\omega/\omega_m > 0.8$  にする予定である。このためには、 $\theta < 0.1\text{mrad}$  でなくてはならない。

この受け角を実現するためには Si Targetと Na I を10m以上離し、かつ Na I の前に1mm $\phi$ の $\gamma$ 線コリメーターを置く必要がある。

③ ビーム 1 pulseあたりに必要とされる陽電子の個数

Targetにあたる K E K LINIAC の  $e^+$  ビームの pulse時間幅は、shrot pulse で2nS、semi long pulseで 40nS であるのに対し Na I の蛍光減衰時間は 230nSと長いために 1 pulseあたりに 2 photon以上、検出器に入った場合パイルアップが起こる。これを避けるために、チャネリング放射光と制動放射による光の生成数から 1 pulse あたりの  $e^+$  の個数を1000個以下にしなければならない。

さらにon axis(チャネリング状態)と off axis の場合でビーム量を規格化する必要もあり 1 pulseあたりに含まれている陽電子の個数を調べる  $e^+$  counterが必要である。

- 以上をまとめると
- ① 要求されるビーム平行度  $\sim 0.1\text{mrad}$
  - ② 光子検出器の受け角  $\sim 0.1\text{mrad}$
  - ③ 1 pulseあたりのビーム量 1000  $e^+$ /pulse以下

### 3. ビームラインの設計

第3 スイッチャードには18度偏向電磁石 BM1 が既設であり、その後約 2 mにわたりビームアナライザーステーションがある。この後に CL1 以下チャネリング放射光実験用ビームラインを建設する。

チャネリング放射光の実験では 2-①で述べたように 0.1mrad程度の平行度の良いビームが要求される。このために BM1, BM2 をスペースが許す限りはなして設置し、このあいだに 2 台の Pb コリメータ (CL1, CL2) を 6.8m 離して置き、Pb コリメータは、穴径 0.5mm $\phi$ 、長さ 200mm、外径 68 mm $\phi$  の円筒形のもの(穴は円筒の中心軸になるようにする)をつくる予定である。この方法はビームをコリメートする際に発生する  $\gamma$  線が back groundとして光子検出器にはいることを極力避けるためである。これにより 約0.1mradのビーム平行度が得られる。さらにコリメータが 2 つの磁石 BM1, BM2 の間にあるため切りとられるビームのエネルギー分散は非常に小さくなる。ビーム光学の計算を行なったところ、BM2 で曲げた後のビームの角度広がり、ほとんど CL1, CL2 のみで決まっている。

CL1, CL2 の直後、そして Si Targetの直前にはビーム位置確認用のビームモニターをおく。モニターとしては直径 1mm $\phi$ 、長さ40mmのファイバー状プラスチックシンチレーターを photomultiplierにつけ、これをモニター用チャンバー上部の駆動装置に固定し上下させる。

条件②をみたすため Si Targetから Na I までは 15m 離し 穴径 1mm $\phi$  の Pb コリメータをおく。Target にあてたビームは 5 度偏向電磁石 (Sweep magnet) でスイープし  $e^+$  counter を通した後 dump する。 $e^+$  counter としては PIN 型シリコン photo diode を用いる。ビームを photo diode に直接あて陽電子が通過する際に photo diode に生じる電荷を電荷感应型 PRE AMP で読みとる。

Na I,  $e^+$  counter の前は back ground を小さくするために、すべて真空ダクトでつなぎイオンポンプで排気する。

#### 4. ビームラインの建設の現状と今後の予定

現在のところ BM 2, Sweep Magnet は設置済みであり、コリメータ、ビームモニター、ゴニオメータをいれる各チャンバーと真空ダクト類は、Sweep Magnet 下流の  $e^+$  counter 側を除いてつながっている。また、排気系として 3 台のイオンポンプが取り付けられている。2 つのコリメータの軸合わせは次のように行なった。CL 1, CL 2 をのせる V ブロックを内部に備えたチャンバーを 2 つ作り、これらを各々の台に固定する。そして外径がコリメータと同じ円筒形のターゲットをチャンバー内の V ブロックに乗せて、これをアライメントスコープを使って軸合わせをした。

また、ビームアナライザステーションにおいて  $e^+$  counter のテストをおこなった。 $e^+$  counter として使用した photo diode は S1723-06 (Hamamatsu 製) で、空乏層 200  $\mu$ m である。1 つの相対論的速度の電子 (陽電子) が、この photo diode を通過するとき photo diode 内に約  $3 \times 10^{-15}$  クーロンの電荷が発生する。これを電荷感应型 PRE AMP (gain: 1v/pico coulomb) で増幅する。1 pulse あたり 1000 個の  $e^+$  がくるときは 3mV の信号が出ることになりテストの結果、この領域での正常な動作が確認された。

これからの予定としては、まず広がり角 0.1mrad 程度のビームをつくり、そしてこのビームをできるだけ分散させないようにトランスポートする事に取り組んでいく予定である。

#### (Reference)

- 1) M. A. Kumakov : Sov. phys. JETP 45(1977)781
- 2) 小牧研一郎、藤本文範 : 日本物理学会誌 36(1981)222
- 3) 大槻 義彦 : サイエンス 5(1981)78
- 4) J. Bak et al. : Nucl. Phys. B254(1985)491
- 5) K. Komaki et al. : Nucl. Instrum. & Methods B 2(1984)71