

A SIMULATION STUDY ON KEK POSITRON GENERATOR

T. Kamitani, A. Asami, I. Sato, A. Enomoto, S. Ohsawa,
K. Kakihara, T. Oogoe, M. Yokota

National Laboratory for High Energy Physics (KEK),
Oho 1-1, Tsukuba-shi, 305, Japan

ABSTRACT

KEK positron generator was upgraded last year by improving the solenoid focus system and the beam transport system consisting of quadrupole magnets. A simulation study on positron generation in the target and focussing by the solenoid have been performed to describe the beam profile measured after the upgrade. Details of the simulation is described here.

KEK陽電子発生装置についてのシミュレーション

1. はじめに

KEK陽電子発生装置は昨年度に収束系のアクセプタンスが約2倍になるように増強を行ない、増強後のビーム特性の測定も行なった。この特性を良く理解し今後の改良に役立てるため、EGS4 (文献1) を用いてターゲット部での陽電子発生をシミュレートし、その結果をインプットとしてソレノイド収束部での粒子の運動をトレースすることにより陽電子ビームの特性を計算するビームシミュレーターを制作した。これを用いて実測のビーム特性データとの比較を行なったので報告する。

2. KEK陽電子発生装置

KEK陽電子発生装置はTRISTANリングやPFリングに陽電子ビームを供給するための装置であり、その構成は(1)電子ライナックにより250 MeVの電子ビームをつくり、(2)厚さ8.2ミリのタンタルのターゲットにあてて、(3)そこから出てくる陽電子をQWTと呼ばれる収束系(パルスソレノイドによる10 kGの磁場とそれに続くロングソレノイドの2 kGの磁場からなる)により収束し、(4)Qマグネットと加速管によるビーム輸送系に受け渡すというものである。陽電子ビームのカレント増加の要請に応じて、昨年夏から今年春にかけて収束系のアクセプタンスを大きくするためにソレノイドコイルおよびその下流のビーム輸送系の改造を行ない、これによりロングソレノイドの長さはこれまでの倍の8 mとなり磁場の強さも4 kGとなった。この改造の結果、陽電子ビームカレントは約2倍に増えた。

収束系改造後、ビーム特性の測定を行なった。得られた陽電子のエネルギースペクトラムを図1に示す。測定後問題になったのが図1のスペクトラムのすそにあるもう一つのピークである。これはどうしてできるのか? ターゲット直後のビームの性質からくるものか? パルスコイル+ソレノイドコイルの収束系のアクセプタンスの特性によるものか? 磁場分布のくぼみの影響か? このようなビームの特性に対する理解を深めるためにビームシミュレーターを作ってシミュレーションを行ない実際のビーム特性と比較してみることにした。

3. ビームシミュレーター

(1) ターゲット部での陽電子生成について

陽電子はビームエネルギー 250 MeV の電子ビーム (電流値 = 10 A) をターゲット (タンタル 8.2 mm 厚 = $2.0 x_0$) に当ててそこで発生する電磁シャワーにより生成される。このプロセスについては EGS4 を用いてシミュレーションし、ターゲットから発生する陽電子の位置と運動量のサンプルをつくる。今回の解析では 20000 個の 250 MeV 電子が半径 1.0 mm の領域に入射したと仮定してシミュレーションを行な

った。粒子の横方向の運動量は無視し、縦方向運動量のみ持つとした。この計算は KEK の HITAC M680-H 計算機上で行なった。計算に必要な CPU 時間は約 20 分であった。

(2) ソレノイド収束系での陽電子ビーム収束について

EGS4 からの粒子の情報を入力して、これを各粒子の初期条件として粒子の運動方程式を拡張オイラー法により数値積分することで粒子の軌道をトレースする。計算のステップサイズは 5 mm で 1720 ステップ分移動させることにより収束系の全長約 8.6 m をはしらせる。このとき外力としては、ソレノイド収束系に設置された加速管による加速電場とソレノイド磁場により陽電子に働くローレンツ力を考慮した。陽電子間にはたらくクーロン力は無視した。加速電場は軸方向成分のみと仮定し最大振幅 10 MeV/m の正弦波として場所による位相のずれのみ考慮した。各粒子は初期状態では加速位相の頂上にいると仮定した。磁場の値としては実測した軸上の磁場の強さを基にし（パルスコイル部で $B \sim 10$ kG、ロングソレノイド部では $B \sim 4$ kG 但し場所により多少の変化あり）軸以外の場所については近軸近似で径方向成分を計算して用いた。

(3) 加速管壁での陽電子のロスについて

上の計算の各ステップにおいて、粒子が収束系のアパーチャー内にあるかどうかをチェックして、それより大きくなっているものはそこで止めて先へ進ませないようにした。アパーチャーの径としてはパルスコイル部では半径 10 cm、ロングソレノイド部では半径 1 cm とした。

この (2)、(3) の計算はワークステーション (Sun SPARC station-I : CPU power ~ 1.1 MFlops / 倍精度) 上でおこなった。計算に必要な CPU 時間は約 20 分であった。

4. 結果

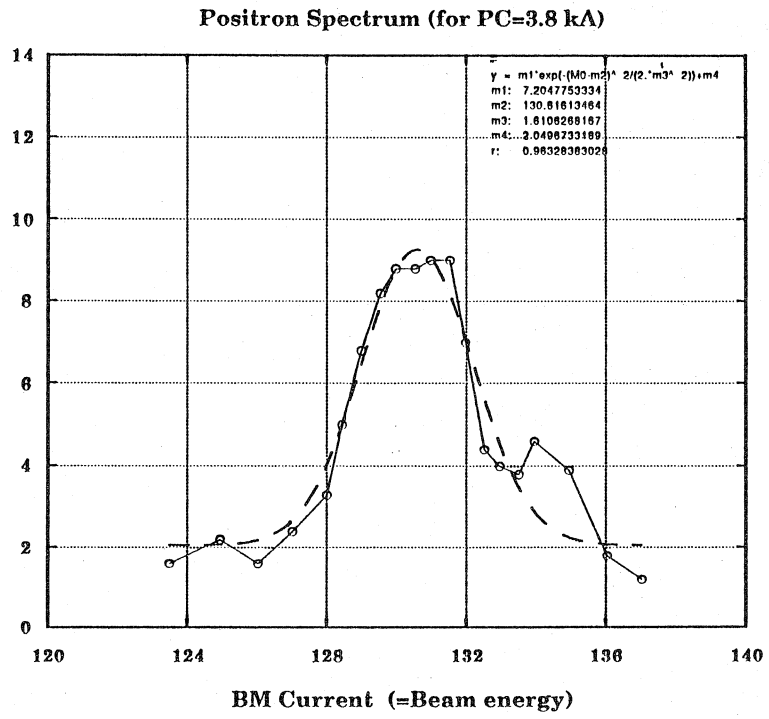
シミュレーターにより作ったエネルギースペクトラムが図 2 である。これには実測値の図 1 に見られるようなエネルギーの高い方のサブピークは見当たらない。その代わりに、エネルギーの低いほうにサブピークがあるのがわかる。これはターゲットを出た陽電子のうちの非常にエネルギーの低いものが、加速位相からずれて一度は減速されてしまいそれがまた加速されて来たため他のずっと加速位相に乗り続けてきた粒子よりエネルギーが低くなってしまったためであることがわかった。しかし実測値のエネルギーの高い方のサブピークについては今のところ説明がついていない。これについての考察はさらに進めていく予定である。

参考文献

1. "THE EGS4 CODE SYSTEM"

W. R. Nelson, H. Hirayama, D. W. O. Rogers SLAC-Report-265

☒ 1



☒ 2

