

[F18p03]

Conceptual Design on Slow Positron Facility of Nihon University

K.Sato,I.Sato,K.Hayakawa,T.Tanaka,Y.Hayakawa,H.Nakazawa*,K.Yokoyama*,Y.Matsubara,
I.Kawakami,K.Nakahara**,T.Shidara** and T.Kamitani**

Atomic Energy Research Institute,Nihon University
7-24-1 Narashinodai, Funabashi-shi,274-8501 Japan

*Collegel of Science & Technology,Nihon University
7-24-1 Narashinodai,Funabashi-shi,274-8501 Japan

**High Energy Accelerator Research Organization,KEK
1-1 Oho,Tsukuba,305 Japan

Abstract

Slow positron facility is planned as one of many applications of the 125 MeV electron linac at Nihon University. The electron beam from the linac is passed through an undulator ,producing FEL oscillation and then transported to the target-moderator assembly for slow positron production. In the early stage of the project,we make a research of optimum conditions for producing intense and high brightness positron beam.In the later stage,quasi-dc beam line and short pulsed beam line are constructed and slow positron beams are utilized for material science and for positron microscope.Using our 125 MeV,50μA (average current) electron linac we expect to obtain slow positron beam of more than $\sim 10^9 e^+ / sec$.

日大低速陽電子施設の概念設計

1. はじめに

日本大学では、125 MeV 電子 linac の建設がほぼ完成し、現在 undulator 光に関する実験が行われている。この電子 linac の主な使用目的は、自由電子レーザーの発振であるが、自由電子レーザーに使用した後でも、電子ビームのエネルギーの 99 % 以上が未だ残っている。従ってこのエネルギーを有効に利用するのが合理的である。電子 linac からのビームは、初め undulator-光共振器系を通過して FEL の発振に使用され、次に陽電子用の target-moderator 系に導かれて、低速陽電子の生成に利用される。陽電子計画は前期、後期の 2 期にわたって行われる。前期では、低速陽電子発生最適条件、低速陽電子の蓄積、高輝度化などが行われる。後期では陽電子ビームの直流化、短パルス化、加速などを行い、物質科学、陽電子顕微鏡などに利用する。以下に日本大学低速陽電子計画の概要について述べる。

2. 低速陽電子の生成

陽電子は Ta ターゲットを電子ビームで照射して生成する。ターゲットの設計のために、モンテカルロ Code EGS4⁽¹⁾ により、陽電子生成の厚さ依存性、陽電子のエネルギースペクトル、角度分布を計算した。図 1 に陽電子発生厚さ依存性を示す。陽電子の熱化効率を考慮して、

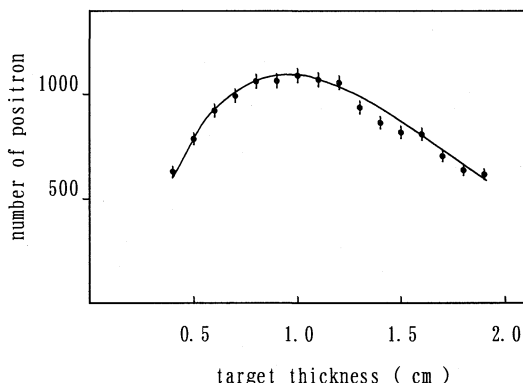


図 1 Ta ターゲットから発生する陽電子の厚さ依存性。電子ビーム 125 MeV

放出角 0-10 度、エネルギー 0-10 MeV の陽電子のみプロットしてある。125 MeV の電子ビームで照射すると、1 cm のターゲットで陽電子の発生量が最大となる。また電子ビームの energy deposit の割合は 0.39 で 125 MeV, 50 μA の場合、ターゲットの発熱は 2.4 kW となる。発生した陽電子は W の減速材箔により減速し、引き出し電極により低速陽電子を外へ取り出す。陽電子の熱化効率は減速材の熱処理に大きく依存するので⁽²⁾、減速材 assembly は真空容器中で熱処理が可能な構造とする。

計算結果より陽電子の熱化効率を 10^4 と仮定すると、 $\sim 10^9$ e+/sec の低速陽電子ビームを期待することが出来る。

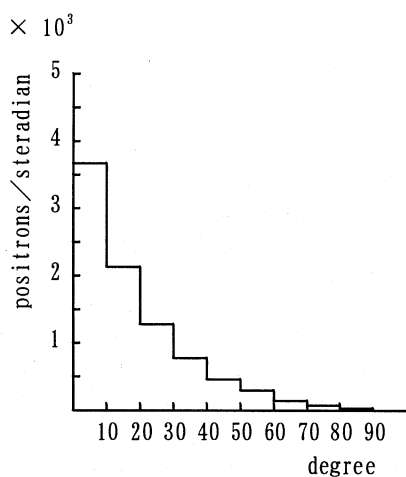


図2 陽電子の角度分布

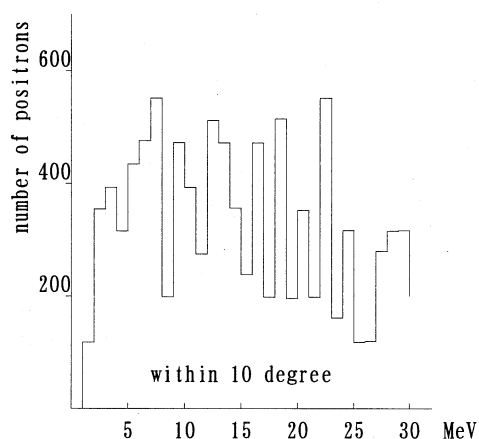


図3 陽電子のエネルギースペクトル

3. 放射線の遮蔽

undulator を出た電子ビームは2台の 45° 偏向電磁石と2台の Q 電磁石によって陽電子発生用ターゲットに導かれる。このとき、Ta ターゲットから発生する制動放射の遮蔽が問題になる。EGS4 によって計算した制動放射の前方方向のスペクトルを図5に示す。このスペクトルより、125 MeV、50 μ A のときのターゲット前方 1 m の点における線量率は 52 Gy/sec となる。横方向の線量率はこれより約3桁低い。現在加速器本体室と実験室の間の壁は、1 m の普通コンクリートであるので、このままでは放射線の遮蔽は不十分である。このため実験室側の壁は 50 cm の重コンクリートで補強し、加速器本体室側の壁は 10 cm の鉛と 20 cm の鉄板で補強する。またターゲットの上、高さ 2 m の位

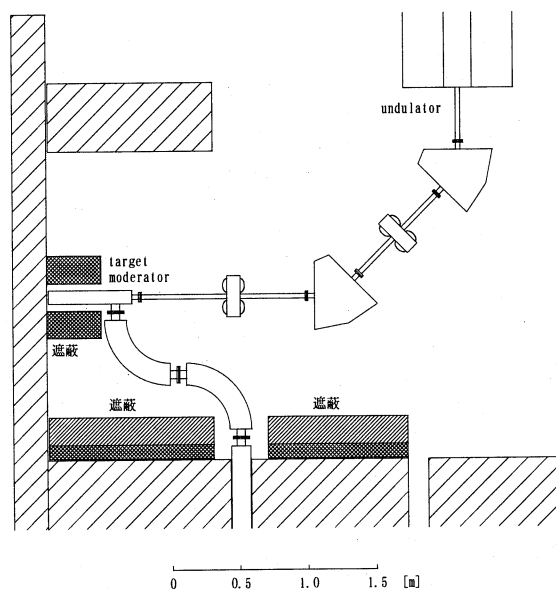


図4 陽電子発生部

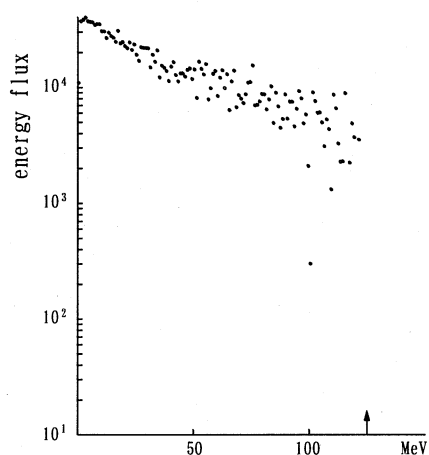


図5 前方方向の Brems のスペクトル

置に厚さ 20 cm の鉄板を置き、天井からの散乱放射線を減少させる。この遮蔽壁の増強により、実験室内の全ての場所で 1 mSv/week 以下の線量率にすることができる。なおターゲットからは Brems の他に中性子も発生するが、これによる線量は Brems による線量と比べて非常に小さく⁽³⁾ Brems が十分に遮蔽されている場合には無視することができる。

4. 後期計画

計画の後期では陽電子ビームの直流化、短パルス化、加速を行い陽電子の利用研究を開始する。日本大学の電子 linac はパルス幅 20 μ 秒、繰返し周波数 12.5 Hz であるので、低速陽電子は 80m 秒の間隔で、約 10^8 個が 20 μ 秒の間に発生する。この強度は実験の種類によっては検出効率を低下させる恐れがあるので、陽電子ビー

ムの直流化が必要である。方法はペニングトラップ法を用いるが、建屋からの制限でゲート電極間の距離は 10 m となる。また試料中における陽電子の寿命測定を行うには陽電子ビームの短パルス化が不可欠である。これは chopper, sub harmonic prebuncher, buncher, drift tube の組み合わせで行う。この方式は既に電総研において実現され、150ps 程度の陽電子パルスが得られている⁽⁴⁾。更に試料中の位置を変えてプローブするためには陽電子の加速が必要になる。このため、ターゲットより直流化装置までを絶縁碍子で浮かせ、0-60kV の高電圧を印加可能な構造とする。陽電子ビームラインは主に格子欠陥評価、表面状態測定、2光子角相関など物性研究に利用されるが、その他陽電子顕微鏡試験研究、ビーム冷却蓄積の基礎研究なども企画中である。

5. REFERENCES

- [1] W.R.Nelson, H.Hirayama and D.W.O.Rogers; THE EGS4 CODE SYSTEM : SLAC-Report 265 (1985)
- [2] A.Enomoto et al ; PF 低速陽電子源建設報告 (I) KEK Report 93-13 (1993)
- [3] W.P.Swanson; Radiological Safety Aspects of the Operation of Electron Linear Accelerators: IAEA Technical Report Series No.188 (1979)
- [4] R.Suzuki, Y.Kobayashi, T.Mikado, H.Ohgaki, M. Chiwaki, T.Yamazaki and T.Tomimasu ; Slow Positron Pulsing System for Variable Energy Positron Lifetime Spectroscopy : Jpn.J.Appl.Phys., 30 , L532 (1991)

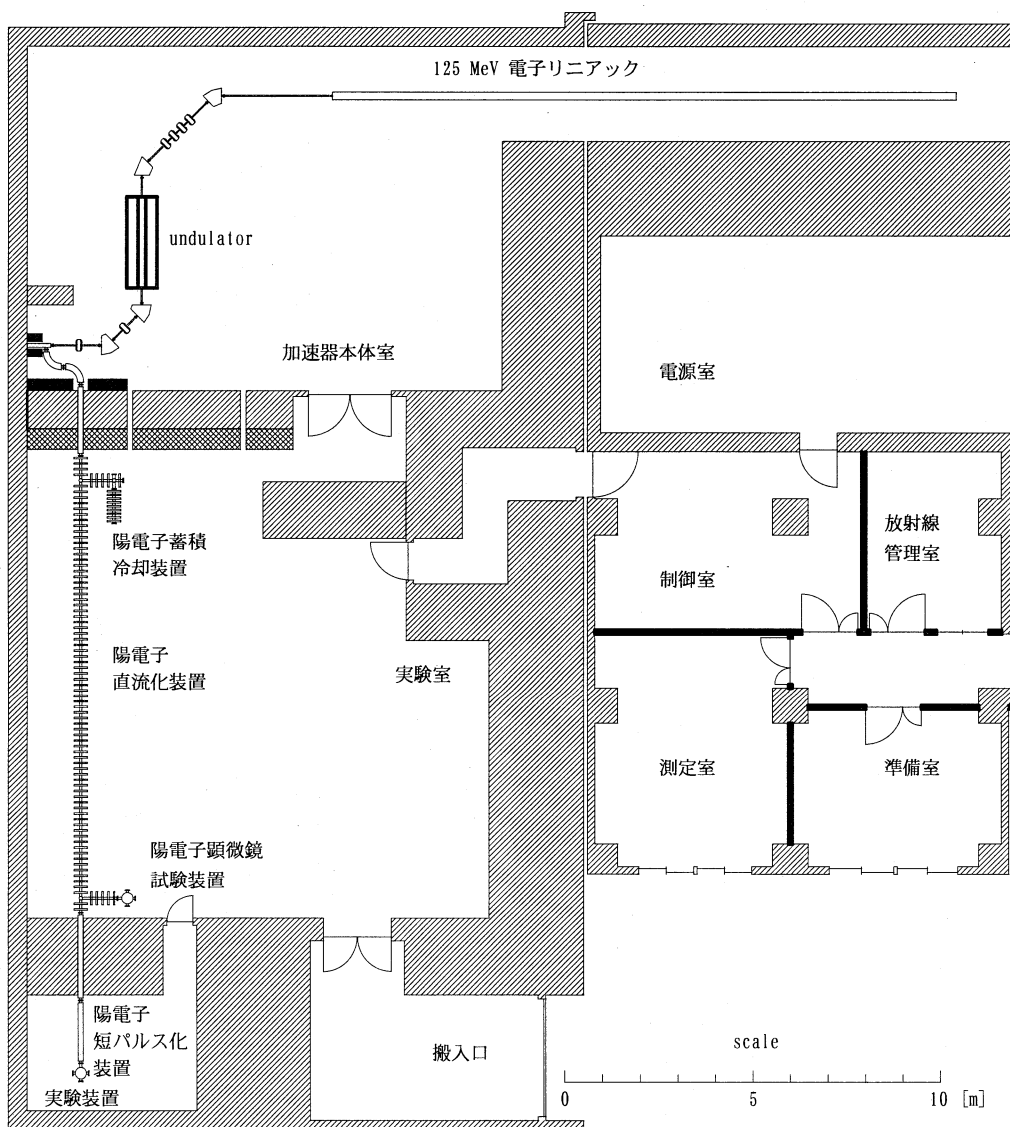


図6 日本大学陽電子利用施設の計画案