

Test Operation of the Positron Generator Beam Transport System

A.Enomoto,T.Oogoe and I.Sato

National Laboratory for High Energy Physics

Abstract

Positron generator beam transport system were constructed last financial year and the test operation has begun since this April. First observation of positron beam were achieved on July 25th with a wall-current monitor.

1. 序

高エネルギー物理学研究所に於ける陽電子発生装置のテスト運転は今年4月からはじまった。7月25日、200 MeV、1.65 A、パルス幅10ナノ秒の電子ビームをタンタルのターゲットに当て発生した陽電子を2.3 mA捕獲し加速することに成功した。この陽電子ビームは今秋PF2.5 GeV電子線形加速器で加速されトリスタン蓄積リングに入射される予定である。

陽電子発生装置の仕様は200 MeV、10 A、パルス幅2ナノ秒の電子ビームをタンタルのターゲットに当て電子対生成によって発生した陽電子を250 MeV加速して既設のPF2.5 GeV電子線形加速器に入射するものである。

陽電子発生装置のビームトランスポートの特徴はターゲットの直後に置く強い加速軸方向の陽電子捕獲磁場と小さな電流を観測するためのモニターである。陽電子捕獲磁場にはテーパソレノイド型と4分の1波長変換型のものがあり、コイルもDC型とパルス型がある。本所では電力及びスペースの節約の点からパルスコイルとし、又簡便な点で4分の1波長変換型を採用したが、今後捕獲効率を上げるためテーパソレノイド型を検討する予定である。

2. 4分の1波長変換型パルスコイル

図1に陽電子用ターゲット部のレイアウトを示す。ターゲットはタンタルで6.2 mm (1.5 RL)、8.2 mm (2 RL)、10.3 mm (2.5 RL)の3種類を遠隔操作でビームラインに入れることが可能である。ターゲットで消費するビーム電力は200 MeV、10 A、2ナノ秒、50 Hzの最大定格で200 Wである。ターゲットは冷却をしており、ビームサイズが4 mm程度であればターゲット中心での温度の計算値は200度前後であり溶解の心配はない。

パルスコイルは外径6 mmの銅パイプをセラミックの枠に8列2層の16ターン巻かれ真空容器の中にセラミックの絶縁電流導入端子を介して取り付けられている。電流は39 D相当の同軸ケーブル(古河電工CX-39 D)15 m*2本でクライストロンギャ

ラリーの電源から供給している。電源からみた負荷のインダクタンスは5マイクロヘンリー、電源容量は1000V5000Aで幅100マイクロ秒の半正弦波(5kHz)パルスが供給される。表皮効果の厚さは0.98mmで、コイルでの消費電力は最大200W程度あるので冷却水を循環させている。

パルスコイルによる磁場は最大12キログauss、有効長76mmである。最大9MeVまでの陽電子を捕獲して後ろのトランスポート系にマッチングさせることができる。図2に磁場分布及びこの部分でのビームプロファイルを示す。

3. ビームモニター

陽電子ビームの調整段階では電流が非常に小さいことが予想され、電離箱やフォトマルチplierも用意された。今回の試験運転に於てはビームスクリーン(デマルケストAF995R)からの光が汎用のモニターカメラでは全く見ることはできなかった。陽電子ビームは図3に示す壁電流モニターによって最初に観測されたがピーク電流は約0.43mAであった。壁電流は約20オームの円筒状の抵抗で検出される。ノイズを遮断するため外側をアルミニウムのケースで覆っている。このアルミニウムケースの方に壁電流が流れにくくするためにフェライ・コアを入れてインピーダンスを高くしているが、今回使用したものは実効抵抗が3オーム余りであった。壁電流モニターの出力は加速器室で5倍に増幅されSFケーブルで陽電子副制御室に送られている。図4は陽電子副制御室で観測された陽電子ビームの波形でS/N比の良いことが微小電流の観測を容易にした。

4. 陽電子ビームトランスポートの試験運転

陽電子ビームの輸送をする前にまず電子ビームの輸送を行って輸送系のパラメータを陽電子の場合に近いものにした。次に陽電子発生ターゲットを入れ、加速RF位相は電子のままターゲットの後ろ4m加速したところで電子ビームの観測をした。これもビームスクリーンでは見ることはできず壁電流モニターで見ることができた。このとき入射電子の角度が敏感に電流値に効くことがわかった。次にRF位相を180度ずらし陽電子ビームを捜したが発見できなかった。これはこの位置では大きなエネルギーの電子が減速しきれないものと判断し加速エネルギーが125MeVの位置に観測を移した。ここでも最初は電子を見つけて増やし、RF位相を180度ずらした。このとき壁電流モニターの信号が減少していった逆の極性にふれることを確認した。こうして最初に見つけた陽電子ビームは0.43mAであったが、主として入射電子の角度を調整することによって2.3mAまで容易にふやすことができ、現在陽電子発生装置のストレートラインに200数十MeVまで加速することに成功している。今秋にはトリスタンリングに陽電子ビームを供給することになっており、このビームをロスなく2.5GeVまで加速していくことが今後の課題になっている。

5. まとめ

今回陽電子の加速をして、ターゲットへの入射電子の角度が非常に重要であることがわかった。また電子か陽電子かで最適な入射角度が違った。この1つの原因としてパルスコイルの軸ずれが考えられ、今後の検討課題としている。

モニターとしては良いS/N比が不可欠であることを痛感した。今回活躍した壁電流モニターはアンプの入力換算で0.2-0.3mVであった。

ORSAYやDESYでも200MeV程度の入射電子で陽電子加速を行っており、いくつかの資料や海外視察による情報を参考にしたが最初の調整をどう行ったかやどういうモニターをどう使用しているかなどの実際的なことはよくわからず、今回の試験運転で貴重な経験とデータを得ることができた。

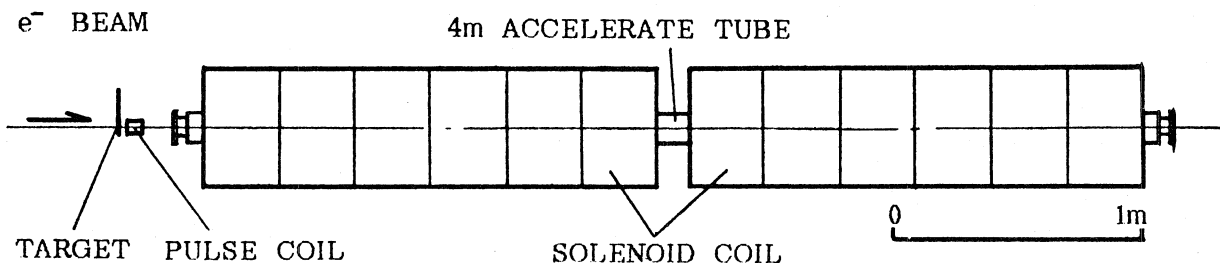


図1. 陽電子発生装置レイアウト

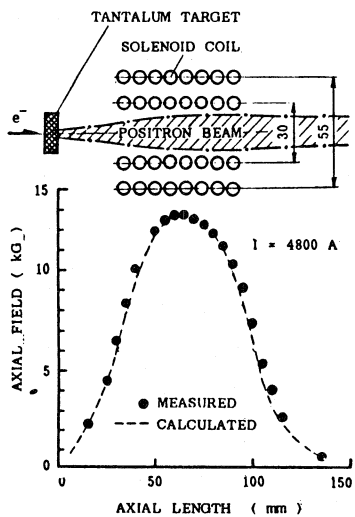


図2. パルス磁場と陽電子ビームの集束

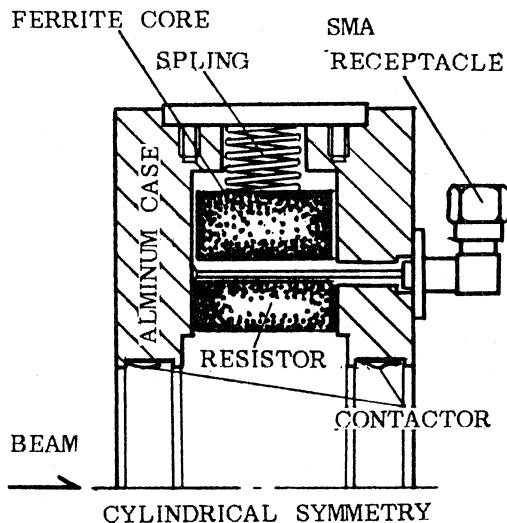


図3. 壁電流モニター

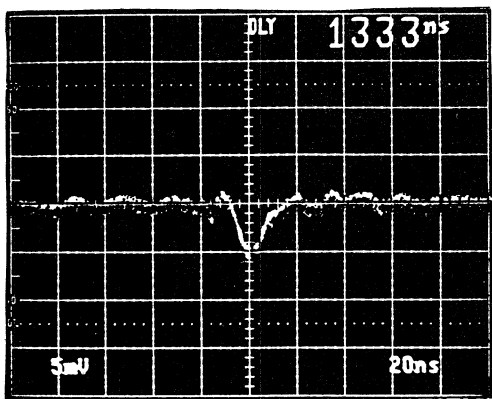


図4. 最初に観測した陽電子ビーム