

[F18p28]

Simulation of high intensity Positron source for Linear Collider

K.Dobashi^a, T.Hirose^a, T.Kumita^a, Y.Kurihara^b, A.Miyamoto,^a

T.Muto^a, T.Omori^b, T.Okugi^a, K.Sugiyama^a, J.Urakawa^b

^a*Department of Physics, Tokyo Metropolitan University
1-1 Minamiohsawa Hachioji-shi, Tokyo 192-0397, Japan*

^b*High Energy Accelerator Research Organization
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-0801, Japan*

Abstract: A high intensity positron beam is required for future linear collider. For example, 0.7×10^{10} positrons per bunch, 86 bunch per RF are required for JLC. Optimization of the capture section of the positron source is necessary for high intensity positron beam. We perform Monte Carlo simulation of the capture section of the positron source, and consider capture efficiency of some geometry type of the capture section. We look out L-band capture accelerator is better choice than S-band accelerator.

リニアコライダーのための大強度陽電子源

1. リニアコライダーのための大強度 陽電子源

JLC 等のリニアコライダーでは、高いミノシティーを得るためにビームの低エミッタンス化とともに、大強度のビームの生成、加速が要求される[1]。JLC を始めとする次世代のリニアコライダーでは複雑なバンチ構造を持つビームの生成、加速が必要である。またオプションとして偏極陽電子源も検討されている。

2. 陽電子生成の方法と問題点

大強度の陽電子を生成する方法としては、従来より、タングステン等の Target に大強度の電子ビームを入射し電磁カスケードシャワーにより大量の

陽電子を生成し、それらを捕獲して利用する方法が行なわれている。この方法において、陽電子ビームの大強度化の方策としては、ターゲットに入射するビームの強度やエネルギーを上げる方法が上げられる。しかし、これらの方法は、入射電子ビームや、電磁カスケードシャワーで発生した電子陽電子がターゲットの中でエネルギーを失い、その結果、ターゲットのビーム通過部分の温度が上昇するターゲットの熱負荷という問題がある。この熱負荷には、ターゲット全体の温度上昇を問題にする定常的な熱負荷と、ビームが通る部分とその周りの部分の温度勾配を問題にする瞬間的な熱負荷に分けられる。また、大強度の高エネルギー

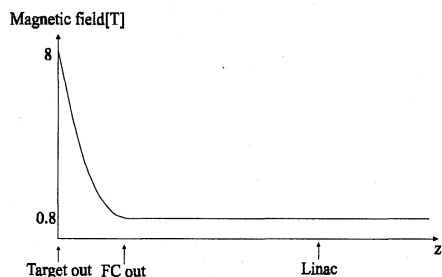
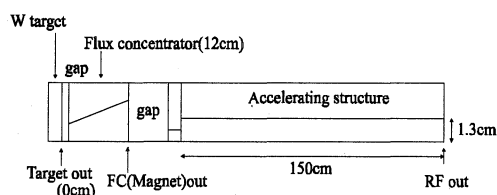
ーリアックが必要になるため、技術的、金銭的な問題もある。

そのため、ターゲットで発生した陽電子をいかに効率良く捕獲し輸送するかが重要である。つまり、陽電子の捕獲率の向上はそのままターゲットでの熱負荷の低減や、入射電子ビームの強度の低下につながることになる。

3. 陽電子源のシミュレーション

ATF では JLC に向けた陽電子生成実験が計画されている。ATF リニアックの下流に陽電子生成用ターゲットを設置して行なわれることになっている[2]。ここでは、この ATF の陽電子生成実験のパラメーターを用いてシミュレーションを行ない、ターゲットより下流の構造を変化させると陽電子捕獲率がどのように変化するかを考察する。

図に今回シミュレーションのジオメトリと z 軸



(longitudinal) 方向の磁場の強さを示す。1.54GeV の電子ビームを厚さ 4RL のタングステンターゲットに入射し、出てきた陽電子を Flux Concentrator とテーパードソレノイドコイルにより生成される磁場により運動量位相空間変換により捕獲用加速管に送り込む。この陽電子を捕獲用加速管により加速し、さらに S-band Linac により 1.97GeV まで加速して、プレダンピングリングに捕獲させる。

表にシミュレーションのパラメーターを示す。

| | |
|-----------------------|--------------------|
| Thickness of Target | 4 Radiation Length |
| Beam energy | 1.54 GeV |
| Length of linac | 1.5m |
| Accelerating gradient | 30 MeV/m |

陽電子捕獲率は、(捕獲された陽電子数/ターゲットから出てきた陽電子数)で与えられる。

捕獲用加速管内の電場は以下の式によって与えている。

$$V = V_0 \cos\{\omega(t - t_0) - \beta(z - z_0) + \phi\}$$

これは正弦波の進行波であり、transverse 方向の電場や磁場は含まれていない。但し、RF の位相は、加速管から出てきた陽電子の運動量分布を見たときに、 $\Delta P/P$ が最小になるように最適化を行った。

4. 加速管構造を変えたときの陽電子捕獲率

今回は加速管を S-band あるいは L-band にしたときに陽電子捕獲率がどのようにについて考察する。

これまでの一般的な陽電子源では、捕獲用加速管には S-band のものが採用されることが多かった。

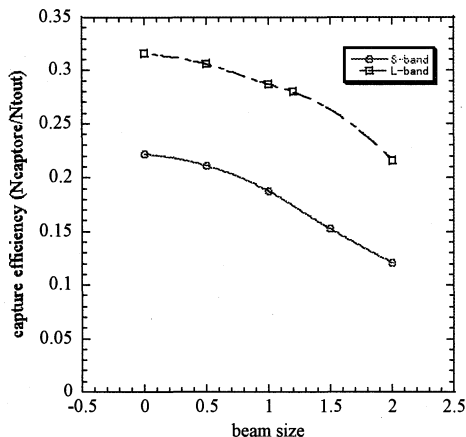
しかしより多くの陽電子を捕獲するためには、内径の大きい L-band Linac を採用するほうが良いと思われる。そこでこれらの加速管について陽電子捕獲率を比較し、L-band がどの程度有利かを考察した。検討した内径は以下の通りである。

| | |
|--------|---------|
| S-band | R=13 mm |
| L-band | R=26 mm |

それぞれの場合において、入射電子ビームサイズを変化させて陽電子捕獲率をプロットした。但し、捕獲される陽電子は以下の条件に合うものであるとした。ここでいう Emittance とは、個々の陽電子について、理想の軌道と運動量からのずれとして定義している。これらの条件は、プレダンピングリングの acceptance に起因する。

| | |
|-----------|-------------|
| Momentum | 47MeV ± 20% |
| Emittance | 0.027m |

陽電子捕獲率は beam size が 1mm(σ)の時、S-band

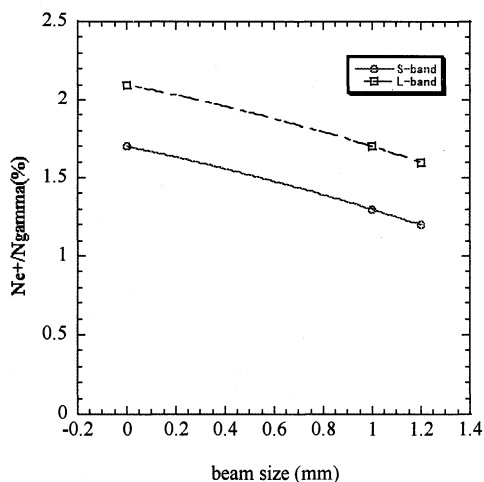


では 18%であるのに対し、L-band では 28%となり、有為な差が見られる。

入射電子ビームに対するターゲットで生成される陽電子数はほぼ 4 倍である。これより、入射電子数とほぼ等しい数の陽電子が捕獲されたことになる。

5. 偏極陽電子源における陽電子捕獲

大強度の偏極陽電子を生成する方法として、偏極した γ 線を薄いターゲットに入射し対生成により生成した陽電子のうち、より高い運動量を持った成分を捕獲する方法がある。我々の研究グループでは、高エネルギーの偏極 γ 線を生成する方法として、大強度の偏極レーザーと無偏極の電子ビーム



ムを衝突させる方法を提案している[3]。これを JLC の偏極陽電子源とする場合、大強度の CO₂ レーザーと 5.8GeV の電子ビームの衝突により、最高エネルギー60MeV の γ 線が 1bunch あたり 5.5×10^{11} 個得られる[4]。このことを想定し、40MeV の γ 線を 1.5mm のタングステンターゲットに入射した場合の γ 線数に対する陽電子数を以下に示す。但し RF 位相は target 直後の陽電子の運動量が 30MeV 以上の成分がもっとも捕獲されるような位相に最適化した。また捕獲条件のエネルギーの中心値についてもこれらの成分がもっとも良く捕獲されるように調整(76MeV)した。Beam size が 1cm のとき、入射 γ 線に対する捕獲された陽電子の割合は 1.7%程度である。

6. まとめ

今回の陽電子捕獲シミュレーションでは、従来の S-band Linac よりも L-band の方が明らかに陽電子捕獲率が高いことが示された。また、偏極陽電子を捕獲する場合でも L-band 加速管を用いた方がより高い強度の陽電子を得られることが示された。

参考文献

- [1] JLC Design Study, *KEK report 97-1*, April 1997
- [2] F.Hinode et.al., *ATF Design and Study Reoprt*, KEK internal 95-4
- [3] T.Okugi, et.al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **35** (1996) 3667
- [4] T.Omori, *Proc. of Asia Pacific Accelerator Conference KEK*, March 23-27, 1998
KEK Preprint 98-13