

LOSS MONITOR FOR ATF

T. Naito, D.MaCormick*, K.Joba*, M.Ross*, N.Phenney*, Y.Funahashi and J. Urakawa

KEK, High Energy Accelerator Research Organization
 Oho 1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan
 *SLAC, Stanford Linear Accelerator Center
 Stanford, CA, 9439

ABSTRACT

Beam loss monitor has been installed for Accelerator Test Facility(ATF) in KEK. The loss monitor called PLIC(Panophsy long Ion Chamber) consists of a gass-filled coaxial cable, a high voltage power supply and a signal detection circuit. It is essential to find out the location of beam losses at the beam steering and to ease the radiation protection. The PLIC detects beam losses along the beam line which cover full area of the ATF; the linac, the beam transport line and the damping ring. The characteristics and the operating experiences are reported.

ATFのロスモニター

1. はじめに

KEKの試験加速器(ATF)で使用しているビームロスモニターについて報告する。

ATFは、1.5GeVのリニアック、ビームトランスポートライン、ダンピングリング、ビーム取り出し及び診断から構成されているが、その開発目的から各部の物理アパーチャはあまり余裕を持った設計とはなっておらずビーム調整によってはビームはビームパイプ壁面に衝突し、そのビームの多くを失ってしまうおそれがある。例えば、リニアック出口でのエネルギーブレッドは0.8%以下であり、ビームトランスポートラインからダンピングリングへのセプタムマグネットではビームパイプは8x14mmのエリアを通さねばならない。また、ダンピングリング内のセプタムマグネットの場所では10mmΦのアパーチャしかない。

ATFのビームロスモニターは、ビームのロスしている場所を特定することによってビームハンドリングの効果的なモニターの一つとして使用するものでBPMの様な精度はないが、全ての場所でビームがロスしているかどうかを確認することができる。

また、同様に全ての場所において放射線の放出があるかどうかを確認することができる。特にダンピングリングでは、入射時のビームロスの有無、BPMでの測定にはまだ十分でない強さのビームの診断や複数ターン後のビームロスの検出に非常な効果を発揮した。

このロスモニターは、PLIC(Pnophsky Long Ion Chamber)と呼ばれ、SLCでも同じタイプのものが使われている¹⁾。このPLICの特徴は、イオンチャンパーとして、ガス充填タイプのケーブルを用いていることで、個々のイオンチャンパーを配置するのに比べて連続的にすべての場所をカバーすることが出来る。コスト的にも安価である。また、定期的にガスを充填することにより、通常のイオンチャンパーの様に不純物によるガス純度の劣化で感度が悪化することがない。

ATFでは国際協力によってダンピングリングの稼働への寄与として主にSLACのスタッフにより設置され、予定どおりダンピングリングの立ち上げ時のビームチューニングの重要な指標として用いられた²⁾。現在ではリニアック、BT部にも拡張され使用されている。

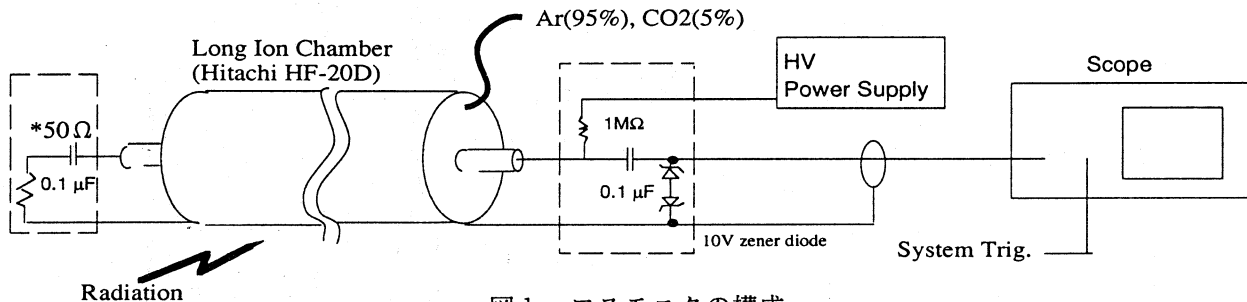


図1 ロスモニターの構成

2. ロスモニターの構成

図1にロスモニターの構成図を示す。また、図2にATFでの配置図を示す。通常のイオンチャンバーの様に高電圧を印加し、放射線により検出された信号はスコープによって観測される。通常のイオンチャンバーと違う点は、イオンチャンバーが長さをもつ50Ωのケーブルであるために感知エリアを連続的に延ばすことが出来る点とこの検出信号は放射線の発生した場所によりスコープ側の検出端に現われる時間が変わり、その時間遅れから放射線の発生した場所を特定することが出来る点である。

PLICは、ケーブルであるため加速器のビームラインにそってケーブルラックの下端に取り付けて敷設してある。感度の点からは、出来るだけビームラインに近づけて敷設するべきであるが他の作業のじゃまにならずに、またビームからの見通し角が得られる場所を選択した。PLICは、後述するように計測信号の取り扱いの観点から4カ所に分けられている。1) ダンピングリング北直線部から西アーク、2) 西アークから南直線部、3) 東アーク、4) ライナック、BT部の四つである。

PLIC用ケーブルとしては、入手のしやすさと低い電圧で高い電界が得られることから、HF-20D(日立電線製、内導体外径9mm、外導体外径20mm)を使用した。充填ガスは、浮遊速度が大きくイオン再結合の低いAr(95%)、CO₂(5%)の混合気体を約1気圧で使用している。

イオンチャンバー内での電子の浮遊速度(ω)は、

$$\omega = \frac{e \lambda E}{m v p}$$

で表わされる。ここで、e:電荷、m:電子の質量、 λ :平均自由行程、v:速度、E:電界、P:気圧である。浮遊速度は、E/Pの関数であり1(volt/cm)/mmHgのとき ω は4.5cm/ μ secであり約200nsecの立ち上がり期待できる。

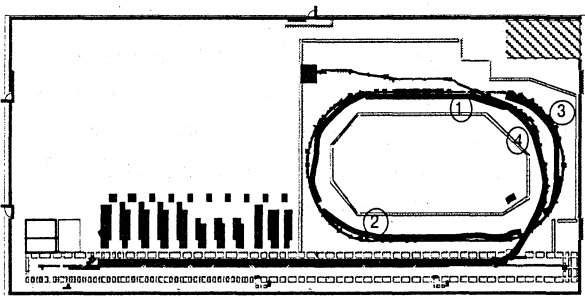


図2 ロスモニターの配置

ATFダンピングリングのPLICでは、周回周期が

462nsecであるため複数カ所でのロスがあった場合、この応答速度では分離して検出するのが難しい。そのため、3カ所に分けてべつの信号として取り出している。さらに、測定端でない方の末端をACショートしてある。こうすることにより、検出信号は双極となり、双極信号の二つのピークの時間差がロスの発生場所から2T(Tはケーブルの通過時間)に相当することから、場所を特定することが出来る。図3にその例を示す。時間軸は、500ns/div.である。1の信号は双極信号の時間差が約500nsecであり、ロスが測定端近くであることがわかる。それに対して、3の信号は短時間で双極信号が現われ、ロスが末端に近いことがわかる。

リニアック、BTのPLICでは、末端を50Ωで端末し検出信号は単極となるようにした。これは、リニアック、BTでは、ダンピングリングの様に複数周回に依る信号を検出する必要がないため、スコープをもっと拡大して時間精度を上げることが出来ることと、リニアックの最後やBTでのロスが予想されたため、末端での信号が小さくならないように配慮したためである。図3の例では、4の信号でリニアックの途中から連続的にロスがあり、BTへの入り口にあるコリメーターのところが一番大きくロスしている様子がわかる。

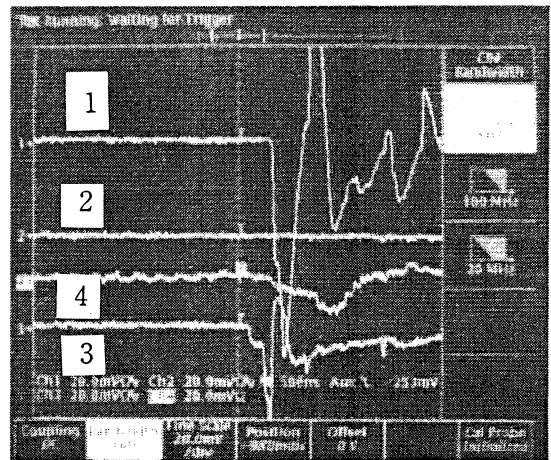


図3 ロスモニターの検出信号

3.ロスモニターの特性

3.1 電圧特性

ロスモニターの高電圧に対する出力特性を図4に示す。電離電流は、約1kVで飽和していることから通常の動作点はこの電圧としている。動作点は、ケーブルの径(電界)やガス圧を変えることによって変えることができるが、ガス圧は、安定度の点から1気圧が使いやすい。ケーブルの径は、浮遊速度

を大きくする観点からも小さい方が良い。しかし、検出面積が小さくなる。SLCでは、内径3.2mmのPLICが使われている³⁾。

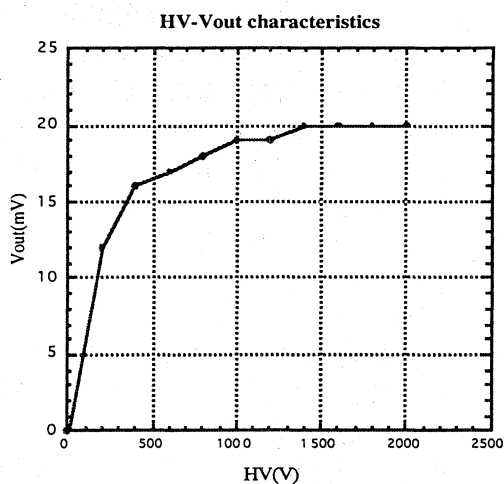


図4 電圧特性

3.2 位置検出特性

ロスモニターの位置検出の特性を確認するためにリニアック、BTのスクリーンモニタを順次入れてゆき、そのときの信号のシステムトリガからの遅れを測定した。スクリーンモニタはアルミナのスクリーンをビームラインに挿入するため、挿入した場所で多くのビームがロスする。図5にその特性を示す。特性は、リニアック上流部では非常に良い位置検出特性を持つが、リニアック下流からBTでは、精度が悪くなっている。これは、高電圧電源とスコップを共用するためにリニアック、BTの検出信号は、リニアック上流部からダンピングリング内側のステーションまで100m以上配線しているため信号の立ち上がりが悪くなっているためである。

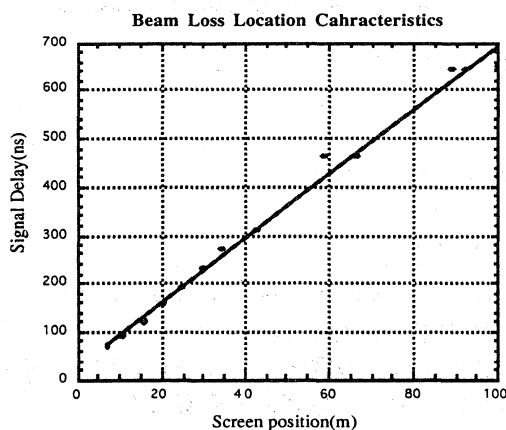


図5 スクリーンモニタ挿入時の位置検出特性

4. ガスシステム

ArとCO₂のガスの混合比は、2本のガスボンベの流量を95:5の割合にすることによって行っている。最初からミックスしたガスを使用すれば作業は容易になる。4本のPLICは、一筆書きの要領で接続されており充填時には末端のバルブを解放にして不純物ガスを十分に放出するまで充填している。約1カ月に一度充填を繰り返すことによってガスの純度を保っている。

ロスモニタの特性は、ガスの種類によっても大きく変化しSLACではAr80%,CF₄ 20%のガスが使われており、この浮遊速度は12cm/μsを持ち、さらに高速の立ち上がりと精度のよい位置検出特性を得ている³⁾。

5. 今後の方針

リニアック、BTの位置検出特性は、高圧電源とスコップをリニアック上流部に配置することによって改善されることが期待される。

信号の観測は、現場のスコップの波形をCATVシステムに依り制御室まで伝送して見ることによって行っているが、今後GP-IBを通じてスコップのレンジの切り替えや波形の取り込み等を行う予定である。

6. 謝辞

今回のロスモニタの設置は、ATFの国際協力としてKEKと各国の研究所の共同研究の一つとなされたものである。高田総主幹をはじめとした関係者の方々のご尽力に感謝いたします。また、PLICの設置に関しては、(有) E-CUBE 和知浩二氏にお世話になり感謝いたします。

References

- 1) J.Rolf et. al., "LONG ION CHAMBER SYSTEM FOR THE SLC", SLAC-PUB-4925 Mar 1989
- 2) D. McCormick et. al., "ATF LOSS MONITOR", ATF INTERNAL REPORT ATF-97-02 Apr97
- 3) D. McCormick, "Fast Ion Chamber For SLC", SLAC-PUB-6296 Jul 1993