

DEVELOPMENT OF VACUUM SYSTEM FOR ATF DAMPING RING

Nobuhiro TERUNUMA, Ken-ichi KANAZAWA, Youichiro HORI
and Junji URAKAWA

KEK, National Laboratory for High Energy Physics
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305

ABSTRACT

Design study on the vacuum system for the damping ring of the Accelerator Test Facility (ATF) is in progress. Details of them and results of the vacuum test for some chambers are described.

A T F ダンピングリングの真空系の開発

1. はじめに

超低エミッタンスのビームを実現することがダンピングリングの目的である。ATFのダンピングリングでは1.54GeVの電子ビームを600mA相当分周回させることを予定している。今年を含めて3年ほどでの建設を目標とし、現在設計を進めている。アーク部については秋から製作を開始するところである。

このリングの真空チェンバーの設計では主に二つの点を考慮する。一つは真空チェンバーの形状に対する制限である。ダンピングリングは低エミッタンスリングであるために電磁石がかなり接近した配置になっている(鉄芯どうしの間隔が約11cmしかない)。また、個々の電磁石の磁極間寸法も3cm程度とかなり狭い。この空間的制限の中で真空チェンバーを設置・接続するのである。このためフランジなどダンピングリング専用に設計した部品を使用することになる。

チェンバーの形状に関してもう一つ重要なことは、ビームから見える部分の断面の連続性を保つことである。急激な段さなどがあるとビームに不安定性が生じる。滑らかにたないであってもダクト内部に突き出るような放射光マスクなどは侮れない。これに対してはビームダクト内面の形状変化を極力抑さえた設計をする、つまり真空チェンバーのLongitudinal Impedanceを徹底して低減することで対処する。

もう一つは言うまでもなく到達真空度である。ダンピングリングでは残留ガスとの衝突によるエミッタンスの増加を十分考慮しなければならない。残留ガスとの衝突によるエミッタンスの評価については金沢氏ら「1」が報告している。我々は残留ガスとの衝突によるエミッタンスの増加をビームのエミッタンスの10%程度に抑えることとし、リングで実現すべき圧力を平均で 6×10^{-6} Pa以下と設定した。

以上の点を考慮してチェンバーの設計を進めているので報告をする。

2. 真空系の概略

普通、電子リングの圧力は放射光によるチェンバー表面からの脱ガスで支配されていると考えてよい。我々のリングにおいては、チェンバー表面に照射される放射光の平均密度は、ウイグラー部で 1.9×10^{19} Photons/m/sであり、アーク部でも 0.9×10^{19} Photons/m/sにおよぶ。チェンバーの光刺激脱ガス係数を 1.0×10^5 molecules/photonと仮定すると、目標の圧力を得るためにリングで必要とされる平均の排気速度は、ウイグラー部で140 l/s/mであり、アーク部でも70 l/s/mになる。仮定した脱ガス係数を得るためには、我々のリングの場合で約40A・hours相当のビーム運転後と推定される。

リングのポンプ系は分散型のイオンポンプを主として構成されている。我々のリングでは偏向電磁石が小さいために、トリスタンなどで採用されている分布型のイオンポンプを用いたのでは、場所を取るだけであまり効率が良くない。しかし、イオンポンプだけでは要求を満たすのが厳しいため、NEGのカートリッジやストリップラインを部分的に組み込むことを考えている。

粗排気系は、磁気浮上型ターボポンプやドライポンプを組み合わせて、オイルフリーなものを検討している。リング全周で10ヶ所程度必要となるが、これらは移動可能なユニットとして数台用意し、真空の立ち上げ時のみ稼働させ、ビーム運転中は切り離しておく。これはシステムの簡略化だけでなくリングへの振動源を排除するためでもある。

2. 1 真空チェンバー

リングの真空系については、アルミニウム、ステンレス及び無酸素銅などの合金を適切な場所に採用して製作することにしている。

真空チェンバー本体は、トリスタンの場合と同じようにアルミ合金(A6063)の特殊押し出し材をEL加工し、電子ビーム溶接およびTIG溶接により製作される。

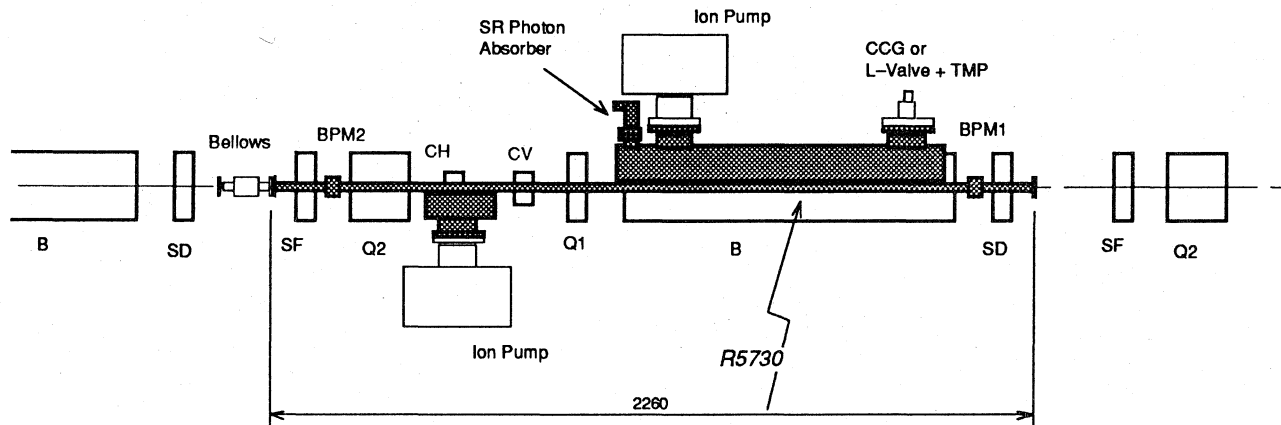


図1. アーク部真空チェンバー概略

これらのチェンバーは、リングに組み込まれる直前に150℃で24時間ベーキングされる。その後、超乾燥窒素でリークしてから現場に搬入・ポンプ等の取り付けを行なう。組み込み後のベーキングは可能な限り行ないたい。しかしながら電磁石とチェンバーとの隙間はわずかに1mmしかなく、電磁石を加熱してしまう危険が高いため十分注意を要する。

2. 2 アーク部

アーク部の設計はほとんど固まっている。真空チェンバーの1セル分の概略を図1に示す。アーク部分は全部で36セルから構成され、1セルのチェンバー長は2.42mである。基本的なビームダクト断面は円形（内径24mm）で、放射光が当たるリング外側に冷却水管を設けている。偏向電磁石部分のチェンバーは図2の断面形状をしている。

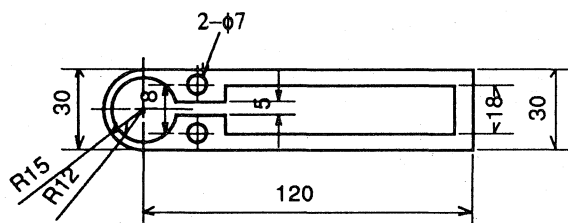


図2. 偏向電磁石部分のチェンバー断面

この部分ではチェンバーが曲げられているため、発生した放射光はビーム室からスリットを通しチェンバー端部まで導かれる。端部には無酸素銅の放射光アブソーバーを取り付け光を吸収・冷却させている。アブソーバー部には全部で960Wattsの熱量が入る。このようなスリット構造にしたことで、ビーム室と排気用側室とのコンダクタンスが十分に確保できること、また光の照射部分が放射光によるガス放出率が低い無酸素銅の部分に局所化できるという利点がある。

イオンポンプは放射光の照射密度が高い部分を挟むようにして2ヶ所に配置する。イオンポンプにはNEGの素子を組み込む予定である。それ以外にポートを一ヶ所取り付け、真空ゲージや粗排気システムを接続する。

また、1セルあたり2ヶ所にボタン型のビーム位置モニターを取り付ける。そのうち一つは四極電磁石に固定するが、もう一つはチェンバーの伸びを逃がせるように軸方向にスライド可能な構造としている。

隣のチェンバーとの接続は両端がフランジのベローズ短管を間にいれて行なう。このフランジ部分は寸法の制限からクランプチェーンで締めつけるタイプのものを採用した。ガスケットは円形ダクト内面が滑らかにつながるように工夫されている。また、短い長さで十分な伸縮量を持たせるために、短管はベローズ及びフランジを含めてステンレス製である。フランジ部分でアルミ製とステンレス製のフランジを接続する。

2. 3 直線部

直線部にはセプタム・キッカー、加速空洞及びウィグラー電磁石などが組み込まれるが、真空系の設計はウィグラー部分から進めている。断面はウィグラー部以外はアーク部と同じ円形ダクトを考えている。

図3にウィグラー電磁石用のチェンバー断面を示す。ビーム室はレストラックの断面であり、左右に冷却水管を設けてウィグラーで発生した放射光による発熱を抑える。さらに、排気用の側室をビーム室に平行に取り付け、排気効率を上げている。ビーム室と側室は、冷却水管の上下に開けられたスリットで結ばれている。

ポンプは側室にストリップライン型のNEGを組み込み、さらにICFフランジを3箇所取付けてイオンポンプを接続する予定である。NEGストリップは高さ15mm横幅約70mmの空間にセラミックスのベアリングサポートと共に組み込まれる。

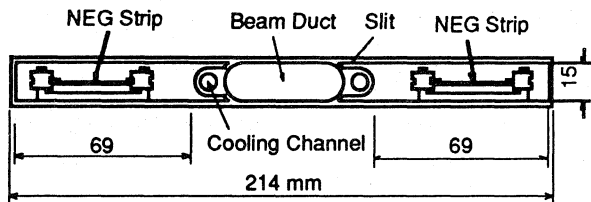


図3. ウィグラー部チェンバー断面

2. 4 その他

(1) フランジ

前述したようにチェンバー間の接続用のフランジは、クランプチェーンを用いるタイプを採用することにした。これにより、ビーム軸方向3 cmの空間で接続が出来る。フランジはアルミ合金 (A2219-T87) 製とステンレス (316-L) 製のものを用意する。断面はビームダクトに合わせて、レーストラックと円形の2種類とする。ガスケットは純アルミ製で、フランジ内面の連続性を保つ形状とし、RFコンタクトの役割も兼ねさせて構造を単純化している。

(2) ベローズ

ベローズも接続部の空間的制限のため、端部を含めて長さ6 cm以内に収まるようにしている。この条件で伸縮量±10 mmを確保するために、ステンレス製とした。ベローズ自身は円形であるが、内部にはチェンバー断面に合わせたRFコンタクト (Cu-Be) を取付け、レーストラック、円形、それぞれのチェンバー断面を滑らかに接続する。アーク部のベローズはフランジ接続であったが、ウィグラー部は空間の余裕が全く無いため、アルミとステンレスの爆着材を用いてアルミチェンバーに溶接する。

(3) ゲートバルブ

ゲートバルブはオールメタル (ステンレス) 製の圧空作動式を使用する。内径を円形チェンバーに合わせた1種類を用意し、内部にRFコンタクトを取付ける。

3. NEGのテスト

最後に、構造的に複雑なNEGストリップラインを組み込んだチェンバーでNEGの活性化のテストをしたので報告をする。テストは図4に示す構成で行なった。

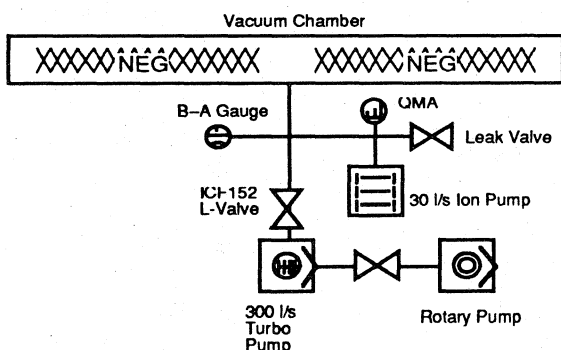


図4. NEG活性化テストの構成

ここで確認することはチェンバーの到達圧力と活性化時のチェンバーの温度である。NEGストリップの活性化は450℃で50分間加熱して行なう。さらにチェンバーとNEGとの距離が6mmしかないことから、活性化時にチェンバーを異常に加熱することが懸念された。しかし試験を通して、チェンバー外面の温度は最高で75℃であり問題ないことを確認した。

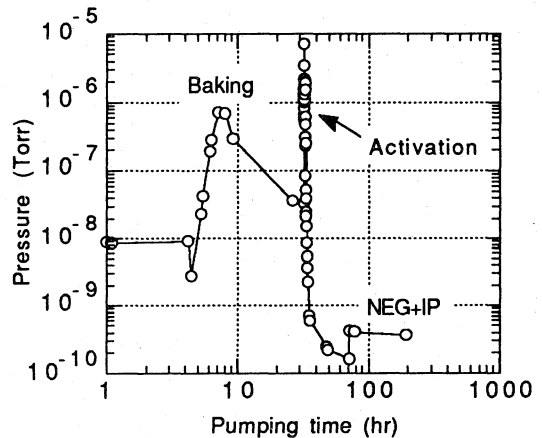


図5. NEGストリップの活性化試験時の圧力変化

試験中の圧力の変化を図5に示す。活性化後24時間たったからの到達圧力は、ターボ分子ポンプを切り離してイオンポンプとNEGストリップのみにした場合、 3.6×10^{-10} Torrであった。これはベーキング後に一度も真空を破っていない場合のいわば理想的な到達限界である。一方、ベーキング後に乾燥窒素で真空を破り、真空を再度立ち上げてから活性化した場合では、 8.9×10^{-9} Torrが到達圧力であった。これはリングの建設現場でのベーキングを行なわない場合に相当する。また、許容できる圧力ではあるが電磁石への影響も含めて現場でのベーキングの可能性を検討したい。

4. 今後の予定

現在、アーク部およびウィグラー電磁石部の真空チェンバーの最終設計案ができたところである。今後は入射・取り出し部分を含め直線部の設計、ライナックからリングへの輸送路の設計を開始する。

参考文献

- [1] K.Kanazawa, OHO'91セミナー, KEK (1991).
- K.Hirata and K.Yokoya, KEK preprint 91-212
- T.Raubenheimer, SLAC-PUB-5859 (1992).