

PF-AR 真空系の高度化改造

谷本 育律、内山 隆司、野上 隆史、堀 洋一郎

1. はじめに

- PF-AR 高度化改造における真空系の主な目標は
- ・ 6.5GeV-100mA(単バンチ)で 10 時間以上のビーム寿命を実現するための真空圧力の達成
 - ・ 6.5GeV-100mA のビーム蓄積時の放射光熱負荷への対応
 - ・ BPM、補正電磁石、挿入光源、放射光ビームラインの増強への対応
 - ・ EPICS による制御システムの統一化

であった。改造前のビームダクトは目標値相当のビーム蓄積での熱負荷には対応しておらず、放射光源リングとして必要な排気速度も装備していなかった。さらに老朽化によってポンプや BPM などの劣化が著しかったこともあり、ビームダクトについては一部のモニタダクトなどを除き、全周を更新する方針とした。また、真空計や真空機器コントローラについても、老朽化や要求仕様の違いからほぼ全数を更新した。制御系に関しても、EPICS による統一制御に対応できるように全面的なシステムの変更を行った。

2. ビームダクト

熱負荷対策と放射線漏洩軽減の観点から、主ダクトの素材を無酸素銅とした。放射光の直射部には冷却水チャンネルを設け、放射光パワー密度が非常に大きい偏向部およびその直下流のアブソーバには耐熱性の高い銅合金を採用した。ダクトの厚さは原則として 6mm とし、改造前の [アルミ合金ダクト(3mm)+鉛シート(1~2mm)] と同程度の放射線遮蔽効果を意図した。アーク部のフランジ連結には、真空封止とビーム路平滑化を兼ねて、ビーム路断面形状に合わせたレーストラック形のガスケットを採用した。

3. 真空ポンプ

PF-AR のビーム損失では残留ガスとの衝突、特に制動散乱によるものが支配的であるので、リング内圧力によってビーム寿命が決定する。運転中の圧力分布計算をアーク部に関して行い、TSP (チタンサブレーションポンプ) と DIP (分布型イオンポンプ) を配置する方針とした。また、直線部には TSP と SIP (スパッタイオンポンプ) を配置する方針とした。その結果、リング全周で約 56000 l/s の排気速度が得られ、電流規格化圧力は $P/I=5E-6Pa/A$ 程度、ビーム寿命は $I \cdot \tau=60A \cdot \text{min}$ を達成できる見通しを得た。

粗排気系は真空立上げ時のみ使用し、その後はゲートバルブによりリング真空から切り離している。

4. 真空計

リング内圧力監視には約 80 台の逆マグネトロン型 CCG(冷陰極電離真空計)を用いている。CCG の場合、低圧(1E-7Pa 以下)での放電が保証されず、対象圧力範囲で信頼できる測定が可能かどうかの問題があったが、低圧でも放電が持続する改良型の CCG 測定子を採用し、さらに専用の電源を準備してテストベンチで較正を行い実

用化させた。

5. 制御システム

高度化改造により PF-AR の加速器制御は EPICS と呼ばれるシステムに統一された。真空制御システムによって操作や監視を行う真空機器は、真空ポンプ類、真空計、ゲートバルブ、圧空センサ、冷却水流量センサ、温度センサであり、これらのコントローラと EPICS とのインターフェイスには既存の CAMAC に加え PLC を採用した。その結果、真空機器の X 端末からのリモート操作が可能となり、また PLC による柔軟にプログラム可能なインターロックシステムも構築できた。新制御システムにより機器の操作性、メンテナンス性、信頼性が向上し、データ処理も容易となった。

6. 運転状況

Fig.1 に 2002 年 1 月の立上げから 2003 年 2 月までの運転におけるビーム寿命の伸びと平均圧力の向上の様子を示す。達成されたビーム寿命は $I \cdot \tau$ で約 $50A \cdot \text{min}$ であり、改造前の約 7 倍の値である。最大蓄積電流は約 60mA であるが、ビーム寿命急落などがなければ、目標であった 1 日 3 回以下の再入射でユーザー運転が行われている。

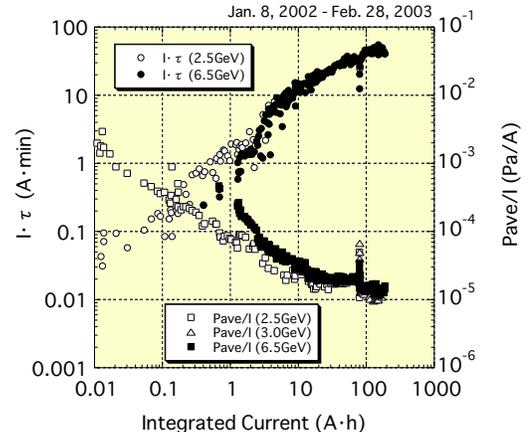


Fig.1 ビーム寿命の伸びと平均圧力の向上

7. まとめ

PF-AR の高度化改造により、真空システムは全面的に更新された。ビームダクト、排気ポンプ、真空計、冷却水系など、あらゆる点において高性能化が図られ、また新制御システムにより機器の操作性が向上し、データ処理も容易となった。

2002 年 1 月の立上げ以降、真空システム全体として順調に立ち上がった結果、現在までで高度化改造前の約 7 倍のビーム寿命を達成し、ほぼ設計値に到達してきている。