

STATUS OF ATF, 2004

H. Hayano¹, and ATF Collaboration
High Energy Accelerator Research Organization (KEK)
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

Abstract

Accelerator Test Facility (ATF) has already achieved the vertical emittance of GLC specification. In order to make the multi-bunch emittance achievement, high quality multi-bunch beam from photo-cathode rf gun was employed. The maximum allowable current was raised to 3 times more. From the study, it was found that the vacuum level of damping ring is related to the achieved vertical emittance. The ring scrubbing with high current accumulation made tail bunch emittance growth lower. We describe the status of multi-bunch emittance study together with the development status of the various emittance monitors and beam position monitors.

ATFの現状2004

1. はじめに

2003年秋からのATF運転では、リング蓄積電流が従来の許可電流70mAから210mAまで引き上げる事が認められたので、マルチバンチでの大電流蓄積の調整を行う事ができるようになった。20バンチ、1トレイン入射時には52mAにおいてバンチ強度がGLC仕様の強度であり、この時に正規化垂直方向エミッタンスは20nm以下を達成しなければならない。その研究のために、52mA以上のシングルショットリング入射の調整が必要である。また、真空度改善のためのリング焼きだし運転では3トレイン入射を行い、150mA以上の蓄積電流を長時間維持する必要がある。シングルバンチにおけるGLC仕様低エミッタンスビーム生成は2003年6月までの調整と測定により達成されているが、マルチバンチ時は低エミッタンスビーム生成はもちろん縦方向ビーム振動の原因説明をも目標にしてビーム開発が行われてきた。その他にも、平行して低エミッタンスビームのための各種モニターの開発が多くのマシナタイムを費やして行われてきている。本報告ではダンピングリングでのシングルバンチおよびマルチバンチエミッタンス開発の状況、あわせて進められている先端的なエミッタンスモニター、ビーム位置モニターなどの開発状況を報告する。

2. シングルバンチ低エミッタンスビーム生成

ダンピングリング部のビーム位置モニター回路はシングルパスで測定できる必要性から分解能は従来のリング加速器ほど高分解能ではなかったが、全数高分解能型に置き換えられ、2003年春ぐらゐから性能を発揮できるようになってきた。改造されたリングBPM回路のシングルショット分解能は、図1に示すように従来20 μ mだったものが2 μ mとなった。

Resolution improvement of DR BPM

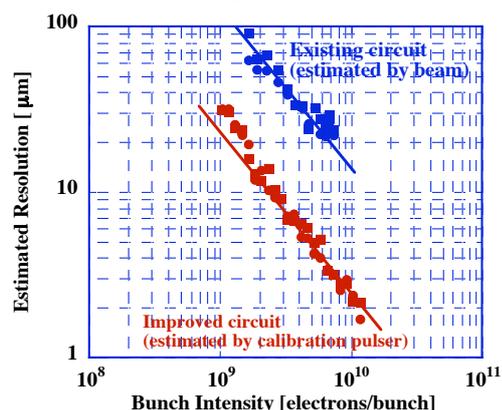


図1：リングBPM回路のシングルショット分解能

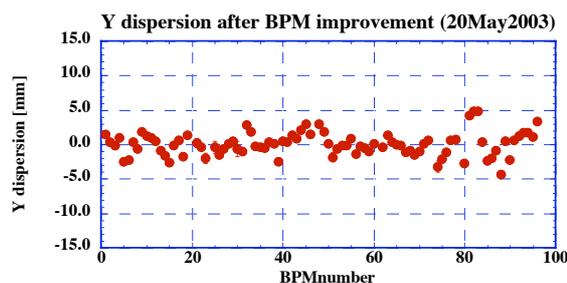
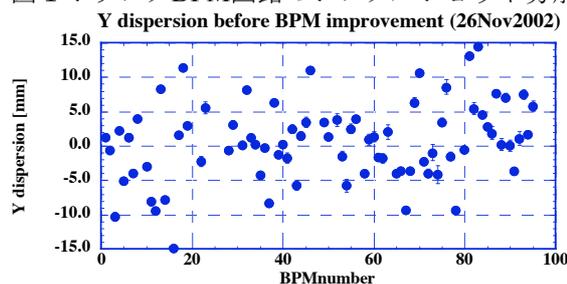


図2：Y方向ディスページョンの改善

¹ E-mail: hitoshi.hayano@kek.jp

この変更によりBBA測定が再現性よくかつ高精度になり、軌道調整、ディスパージョン補正、カップリング補正が高精度となった。図2および図3にディスパージョン補正の改善、カップリング補正の改善の1例を示す。リングの垂直方向のエミッタンスは、これらの補正を施す事により再現よく従来の半分の値を生成できるようになった。レーザーワイヤーの測定によるY方向エミッタンスは $\epsilon_y^n=1.6 \times 10^{-8}$ rad.m (6.5pm)と得られデザイン目標値(X方向エミッタンスの1%)の半分であり、これはGLC仕様の 2.0×10^{-8} rad.mより小さい。レーザーワイヤーによるエミッタンス測定値を図4に示しておく。

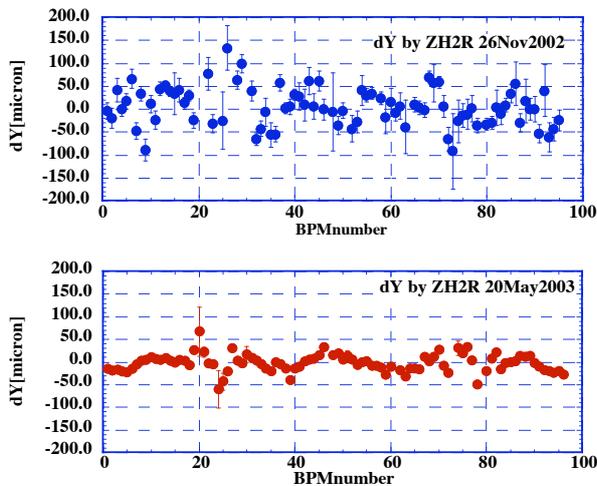


図3：X方向キックからY方向へのカップリングの改善（上：従来のBPM回路、下：BPM改善後）

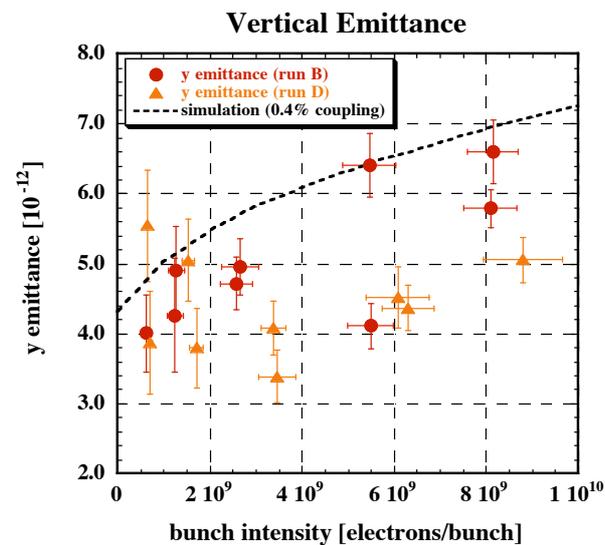


図4：シングルバンチのY方向エミッタンス測定値

3. マルチバンチ低エミッタンスビーム生成

レーザーワイヤーのエミッタンス測定においては全バンチの全投影計測の他、バンチ個々の計測もで

きるようになっており、バンチ強度の小さい場合は特別なエミッタンスグロスもなく一様に全投影エミッタンスと一致していてシングルバンチ時の値と矛盾はない。しかしながらバンチ強度がGLC仕様の 7×10^9 に近くなるにつれバンチトレイン後方のバンチの測定エミッタンスが大きくなるという現象が観測されている（図5参照）。また、マルチバンチ時には縦方向振動が発生し、バンチトレインの後方になるに従って振動振幅が大きくなるという現象も観測されている。これまでの経験から、マルチバンチ時のエミッタンスはリング内真空度に依存していると予想されたのでシミュレーションによるイオンの効果と比べてみると図6に示す様に計測エミッタンスの動向を再現している事がわかった。ただし、レーザーワイヤーは多数回周回ビームの投影エミッタンスを計測するので、個々のバンチのエミッタンスグロスなのかイオンによる後続バンチの振動の投影なのかは判断できない。

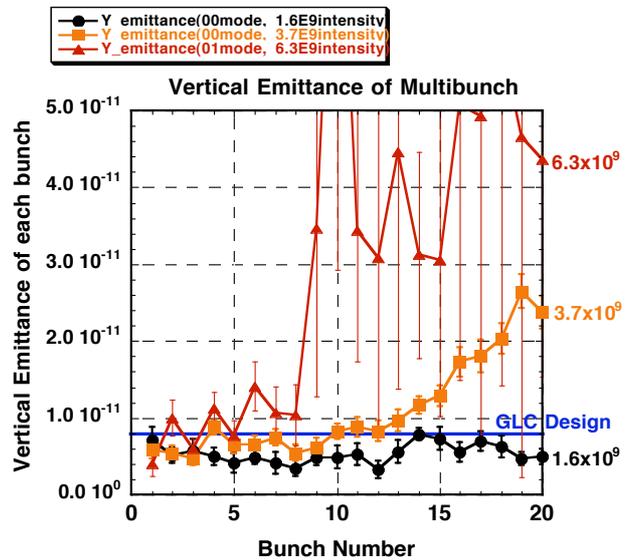


図5：マルチバンチの各バンチのYエミッタンス

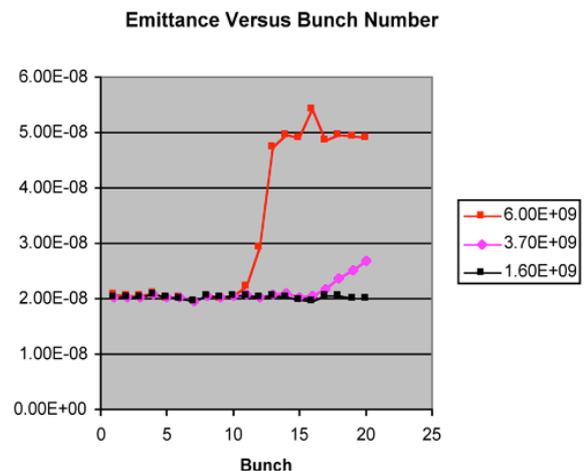


図6：ファーストイオン不安定性のシミュレーションによるYエミッタンス

そこで150mAというATFでは過去最大の電流によるリングの焼きだし運転を数日行い、積分蓄積電流量9.3A.hourによる真空度改善を試みた。キッカーマグネット部分の真空容器での真空度悪化の影響でリング内平均真空度は数値的には改善されなかったが、計測されたエミッタンスは図7に示すように図5のようなテールバンチのグロースは見られず、イオンの効果は改善されたかのような様子である。しかしながら、リングの状態を最良に保てなかったためエミッタンスの絶対値が2倍程度大きいので、それによるイオン効果の減少のためなのかどうかをシミュレーションにて検討している段階である。秋からの運転において、リングのエミッタンスチューニングが最良の状態での再測定を行う予定である。

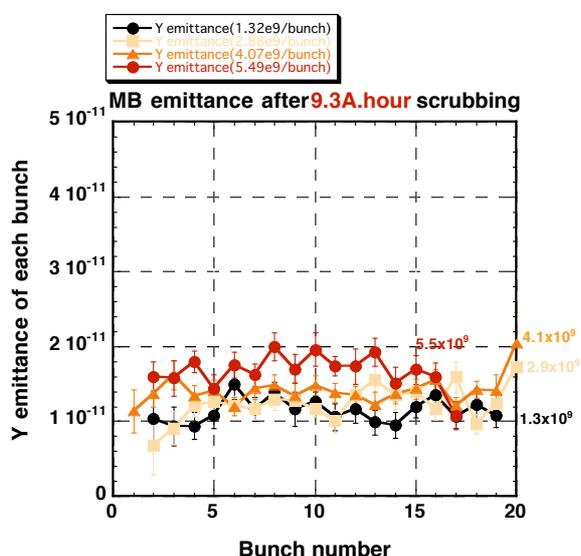


図7：焼きだし運転後のマルチバンチエミッタンス

4. 低エミッタンスビームモニターの開発

2003年秋から2004年夏までに改造などが行われ進展のあったモニターについてのみ簡単に報告する。

4.1 リング内ビームのX線SRモニターによる測定

X線を利用したSRモニターは、X方向 $45\mu\text{m}$ 、Y方向 $7\mu\text{m}$ という測定値が得られているが、これから計算されるY方向エミッタンスはレーザーワイヤーやSR干渉計の結果より3倍ほど大きい。この問題を多方面から検討を重ね、実験を繰り返した結果、どれかの素子の機械的振動が原因ではないかとの結論に落ち着きそうである。今後は各素子の振動との相関測定をする一方高速シャッターを導入して対処できるように改造する予定である。さらにリアルタイムエミッタンスモニターとして使用できるように遠隔制御ソフトウェアも実働させる予定である。

4.2 回折放射を用いたビームサイズモニターの開発

スリットターゲットからの回折放射光を利用したビームサイズモニターでの問題点はビームライン上流からビームとともにやってくるベンドマグネットやQマグネットによるSR光がバックグラウンドとして重なる事であった。このバックグラウンド光を小さな穴を開けたマスクにて遮蔽し、ビームのみ穴を通過させるといふ方式でかなり抑え込む事に成功した。得られた放射パターンからはSR光との干渉パターンが消え去り理論計算ともよい一致が得られた。現在、得られている分解能は $10\mu\text{m}$ 程度とやや悪いのでS/N比の改善に努力をしているところである。

4.3 空洞型高分解能ビーム位置モニター

ATFの取り出しビームを使用しnmでのビーム位置制御の研究を行いリニアコライダーの衝突点でのビーム衝突維持制御を開発する計画が始まっている。このためにはダンピングリングのビーム位置やエネルギーの安定化、取り出しキッカーの安定化、そしてnmを検出できるビーム位置モニター開発などが必要である。現在SLACと共同で行っているものは3台の空洞型ビーム位置モニターを高精度ムーバーで保持調整し、さらに高分解能回路によりnm分解能を実証するという研究である。現在までに装置の準備が完了し、最初のビーム試験が試みられておりデータは解析中である。また、トレイン内ビーム位置制御のための高速フィードバックシステムも開発中でありnm領域での位置制御の実現を目指している。

5. 今後の課題と展望

リング焼きだし運転による真空度改善によりマルチバンチのエミッタンスはシングルバンチ時に近いところまで下げる事ができている。秋の運転ではGLCビーム強度でのマルチバンチ低エミッタンスビーム生成をまず最初に行う予定である。ついでnm領域でのビーム位置制御の実現のため、リングビームの超安定化、取り出しダブルキッカーによる超安定取り出し、高速フィードバックによる超ビーム安定化の開発を行っていく予定である。

6. 謝辞

ATFの運転維持および開発研究はシフトに参加しビーム開発を担当して下さる皆様と、技術サポートをして下さる(有)イーキューブ、(株)関東情報サービスの方々によって行なわれています。あらためてここに感謝致します。さらに、本著者は戸塚機構長、神谷加速器研究施設長、黒川加速器総主幹、榎本加速器第3研究系主幹の方々およびGLC計画関連の方々のご理解とご指導に感謝致します。また、ここに報告しましたATFの研究開発が皆様の研究の一助になれば幸いです。