

第 82 回ビームダイナミクスWGミーティング・メモ

日時：2013年7月22日（月） 14:30-17:00

場所：PF 研究棟2階会議室

参加者（敬称略）：羽島（JAEA）、芳賀、谷本、宮島、佐藤(昌)、本田（洋）、上田、遠藤、島田、清宮、コンスタンティノワ、長橋、坂中、河田、小林、中村（KEK）-メモ作成

1. cERL 入射部コミッショニング → 発表資料 宮島

- ・施設検査後に本格的にマシンスタディを始めたが、月曜日の空洞冷却後、火曜日はまだチューナーを調整しなければならず、ビーム評価のスタディには使えなかった。スタディ時間は十分とは言えない。
- ・前回の報告後、デザイン値と同じ FWHM 約 16ps フラットトップのレーザーを生成して電子銃カソードに当て、スリットスキャン法で電子ビームの横方向エミッタンスを測定した。バンチ電荷は 7.7pC/bunch, 1.5pC/bunch、バンチャ電圧は 0,25,50,75kV であった。入射空洞通過後に垂直方向に細長い形状になり、軸対称性がなくなった。空洞のオフセンターや HOM カプラーなどの影響が考えられるので、トラッキングを試みたい。レーザーのパルス長 3ps の場合と比べて、大きなエミッタンスの改善は見られなかったが、7.7pC で 1mm mrad 以下のエミッタンスは達成できた。
- ・今回のコミッショニングでは、Faraday cup と Beam dump での測定を比較した結果、ほぼロスなくビームを輸送できた。YAG スクリーンモニタでの飽和はまだ見られないことを確認した。ビームのエネルギー変動は LLRF の FB Gain を上げたことで格段に改善した。
- ・電流測定に Faraday cup は有効であった。MS1 もしくは MS2 の後に Faraday cup を設置する予定である。電子銃の QE の測定も可能になる。制御パネルやマニュアルの整備は必要である。
- ・(Q) 入射空洞とビーム軸は大きくずれているのか。(A) 最初の空洞に合わせたが、現状の補正システムでは3空洞全ての中心にビームを合わせるのは困難である。(C) モジュール内では相対的に3空洞は 0.1-0.2mm 程度しかずれていないという測定結果はある。(A) スタディの詳細をもとに次回にでも再度議論したい。
- ・(Q) 空洞前での運動量広がりや空洞収束力の色収差でエミッタンスを増大させていないか。(A) 現状では低エネルギーでの運動量幅の測定は難しい。(C) 電子銃のビーム負荷による電圧降下で運動量幅が広がる可能性はないか。
- ・(Q) 空洞入射前のビーム断面が2重構造（鋭いピークとなだらかなピーク）になるが、マクロパルスの幅に依存するのか。(A) まだ、十分にはスタディしていない。

2. 電子銃収束・発散力の測定結果と初期レーザースポット直径の決定

→ 発表資料 宮島

- ・第1電子銃の実際の収束力を測定し、計算と比較した。また、レーザーのカソード面での直径を測定と計算の比較によって決定した。
- ・カソード面の水平・垂直のレーザー照射位置を変えながら、下流のスクリーン MS1 上でのビーム位置の変化を測定した。測定結果では、水平・垂直方向で大きな差はなく、軸対称であったが、設計値をもとにした計算結果と合わないことがわかった。カソード面の凹みの深さによって電子ビームの収束力が

変わるので、いくつかの深さに対して計算を行った結果、0.9 mm の時の計算結果が最もよく測定を再現した。今後、この値を使用することとする。

- ・初期レーザースポット直径を評価するために、ソレノイド磁場による収束力を変えた時のスクリーン上での応答を測定した。電子銃凹み 0.9mm の電場分布を使うと、ソレノイド応答測定結果を再現するような初期レーザースポットサイズは約 1.1mm になった。これは、仮想カソード面でのサイズと矛盾しない。
- ・(Q) カソード面の凹みの深さは予め正確にわからないのか。(A) 現状の方法では、インジウムシールによる深さの不確実性が残ってしまう。(C) カソードを交換する度に、収束力を測定しなければならない。再現性のいい方法があると良い。

3. cERL 入射ビーム評価 → 発表資料 本田 (洋)

- ・cERL 入射部コミショニングにおけるビームパラメータ(エネルギー、電流、レーザーパワー、QE、エミッタンス、バンチ長、エネルギー広がり等)の評価について報告した。
- ・レーザーのパルス長は 3ps だったが、YVO4 結晶を使ってフラットパルス化して 16ps に広げられるようにした。
- ・入射部のエミッタンス測定には、ソレノイドあるいは Q スキャン法を使って測定した。ビームサイズを絞った時に、スクリーンモニタが飽和しないように注意する必要がある。入射診断部では、低電荷では Q スキャン法、高電荷ではスリットスキャン法によって測定した。スリットは MS6 を使用して、スリットとスクリーンの間隔を長くすることで分解能以上に絞すぎないようにした。斜め 45° に置かれたスクリーンモニタの分解能を評価した結果、水平 72um、垂直 33um であった。低電荷での測定値はどちらの方法でも 0.2 mm mrad であった (ただ、計算上は 0.1 mm mrad まで下がるはずである)。
- ・エミッタンスの電荷依存性を測定した。バンチャ電圧は 50kV で、7.7pC で 1mm mrad 以下の規格化エミッタンスを達成したが、レーザーのパルス長伸長であまり改善が見られなかった。高電荷ではビーム形状が劣化し、バンチャ電圧を上げるとさらに崩れてしまったので、設計値まで電圧を上げられなかった。低電荷ではバンチャ電圧で大きな差は見られなかった。
- ・バンチ長は偏向空洞 (2.6GHz、ダイポールモード) を用いて測定した。スクリーンとの間の四極電磁石を使って拡大率を上げた。分解能は 1ps 以下である。バンチ長の電荷依存性を測定したが、7.7pC/bunch でバンチ長が約 7ps まで広がった。バンチャ電圧依存性は系統的に測定していないが、計算では 80kV で 2-3ps のバンチ長になるはずである。レーザーパルス長による差はあまりなかった。
- ・エネルギー広がり測定では診断部の偏向電磁石を用い、MS7 で分散の影響が大きくなるように Q を調整した。7.7pC でエネルギー広がり率は約 0.15% であった。電荷を上げるとエネルギー広がり率は大きくなる傾向であったが、1.5pC 付近で 2 つのピークを見せた。偏向空洞と組み合わせて、直接に縦方向位相空間の測定も行った。
- ・(Q) バンチャが傾いて設置されていないか。(A) 真ん中を通すようにした。(C) 7ps のバンチ長を主空洞に通すと、運動量幅が大きくなるので短くしたい。
- ・(Q) バンチ長測定でバンチャ電圧の依存性は測定したのか。(A) 時間が限られていたので、測定していない。

4. MMS の現状と周回部にむけて → 発表資料 帯名

・ cERL の MMS(machine mode system)は、高速(us)、中速(1-10ms)、低速(100ms-1s)に分けられる。高速は高速インターロック（通称、秋山インターロック）で、LLRF やロスモニタ（未実装）からの信号でシャッターによるレーザー停止に使用している。中速は MMS PLC のリアルタイム動作で、低速は EPICS を経由している。

・ GV 制御は真空の PLC が行っていて、真空 PLC と MMS_PLC 間は Hard Wire で接続されている。VAC_READY 信号が落ちた時には、レーザー停止を行う。KEEPOUT, LIMIT, FREE のモード遷移については PPS(personnel protection system)側に任せ、各機器の ON/OFF ができる条件を記述している。現状では GunHV OFF (Vref_OFF) 操作はしていないが、安全を考えて周回部運転のときには Vreff_Off にしたいと考えている。酸素濃度計は PPS に入っている。

・ 電子銃コンディショニングをビームモードに入れたままにするかどうか、レーザー運転、バンチャ空洞コンディショニング、常温エージング、電磁石通電などの各種機器の動作条件に MMS をきっちりと組み込むかが検討事項である。EPICS 側では常時バースト・低電流モードに設定して運転したため、GV やスクリーンモニタの出し入れに MMS から制限を加えることをしなかった。周回部運転に向けてレーザーステータス（ビームパワー）の取り込みや放射線関連の強化（加速器エリアモニタ追加、放管管理モニタ Yellow/Orange 追加）を行う予定である。また、各モードにおいて、項目の洗い出しを今後行う。未実装のものが多く存在するので、取り込みを検討する。

・ (C) 周回部の施設検査において、CW 電流モードを用いるかどうかを関係者と相談して決める必要がある。その場合に、スクリーンモニタを使えるようにするかどうかの検討も必要である。

次回予定

日時：2013年8月28日（水）14：00～

場所：PF 研究棟 2階会議室