

第 74 回ビームダイナミクスWGミーティング・メモ

日時：2012年11月7日（水） 14:00-16:00

場所：3号館7階会議室

参加者（敬称略）：羽島（JAEA）、Zimmermann（CERN）、久米、本田（洋）、谷本、本田（融）、坂中、大見、島田、上田、小林、中村（KEK）-メモ作成

1. Plans for ERL Test Facility at CERN → 発表資料 Zimmermann

- 2つの ERL を用いるレプトン-ハドロンコライダー計画 (LHeC,eRHIC) がある。LHeC では 60GeV で 6.4mA の ERL、eRHIC では 5-30GeV で 50-220mA の ERL を既存のプロトンリングに追加する。LHeC では 4 章、226 ページからなる CDR が既に出版された。
- LHeC 計画では 10^{33} のルミノシティを目指して、2つの 10GeV 主超伝導ライナックを持つ 60GeV の 3 ターン ERL が設計されている。周長は LHC プロトンリングの 1/3 である。LHeC のための R&D は、その他の多くの計画 (ILC, ν ファクトリー, $\gamma\gamma$ コライダー等) との相乗効果が期待される。
- 空洞の RF 周波数は 721MHz で Q 値は 2.5×10^{10} を目指す。電力を下げるために、Q 値は重要なパラメータで、全電力を 100MW に抑えるという条件がある。主ライナックは eRHIC と異なり四極磁石を収束に用いて、BBU での電流の閾値を上げる。アーク部では低エネルギーで小ビームサイズ、高エネルギーで低いエミッタンス増大を実現できる FMC(Flexible momentum compaction cell)ラティスを採用し、磁石の R&D も行われている。ビームダイナミクスでは、BBU やイオン不安定性等の課題がある。
- ERL Test Facility は 2つの主ライナック (5セル4空洞) を持ち、300MeV クラスの 2 ターン ERL で、様々な実証や試験に利用する。4つのアーク部 (ARC1-4) は等時性を持つ FMC ラティスを採用し、ビームエネルギーが異なるが ARC1 と ARC 2 及び ARC3 と ARC 4 は各々同じ構造を持つ。ARC1,2 と ARC3,4 は垂直分岐ラティスによって上下に分けられる。
- ERL TF 用の空洞システム、RF 源、RF 制御などの検討が行われている。また、ERL TF をどこに設置するのかが重要で、将来の LHeC ERL の入射器になりうるかもしれない。KEK ともビームダイナミクスなど、何らかの協力ができるといい。
- (Q) LHeC で ERL を使う一番の理由は何か。(A) エミッタンスである。(Q) FMC ラティスの長所は何か。(A) エネルギーに合わせてビームサイズなどの最適化ができる。(Q) 空洞では HOM ダンパーはどうするのか。(A) SPL 空洞を用いるが、何らかの修正はあるだろう。

2. マッチング後の LCS オプティクスについて → 発表資料 中村

- LCS オプティクスのマッチングによって、LCS ラティスの 8 台の四極電磁石の中で、外

側の4台はK値が変わった。その影響を2つのモード(LCSH,LCSV)に対して調べた。

- ・z方向の設置誤差及び磁場誤差の影響は2つのモード共にほとんど変化がないことがわかった。最も影響があるのがQ3に関係した誤差で、ベータatron関数で15% (ビームサイズで7%)程度であった。同様に運動量変動についての依存性もほとんど変化がなかった。

- ・運動量変動の影響については、主空洞直後から衝突点までのオプティクスも含めてシミュレーションを行い、同じ初期条件でLCSオプティクスのみの場合と比較した。結果として、第1アーク部の高次の効果とLCSの強いK値との相乗効果などの影響があって、2つのモードで水平方向のビームサイズが大きく影響を受けた。特にLCSHモードでは大きかった。

- ・最後にcERL周回部全体での運動量変動(広がり)やエミッタンスの影響を見るために、アパーチャとビームサイズの5倍(10mAで許されるビームロスを目安)を比較した。現状のアパーチャでは、加速後の運動量変動(広がり)が 2×10^{-3} でも取出し・ダンプリン前半の半径25mmのパイプでビームをロスすることがわかった(後半は45mmに広げている)。結果として 1×10^{-3} 以下の安定度が必要である。ただ、初期のコミッショニングを考えると、取出し・ダンプリン前半でのアパーチャを広げておくことが望ましい。

- ・(Q) LCSオプティクスの誤差等への依存性は何で決まっているのか。(A) Q3で影響が大きいことを考えると、ベータatron関数であろう。

- ・(C) LCS実験はそもそも小さな運動量広がりで行うべきである。ERLの長所を活かす必要がある。(C)シミュレーションでは運動量広がり 10^{-4} 前半で、LLRFへの要求仕様では当面は 1×10^{-3} 以下としている。(C)コミッショニング初期にはタイミングジッターやRF安定度等が悪い場合があるので、そこは考慮する必要がある。

- ・(C) LCSモードではLCS部のアパーチャとの関係から規格化エミッタンス $10 \text{mm} \cdot \text{mrad}$ 以下で運転することが望ましい。いきなり通常オプティクスからLCSオプティクスに移行するのではなく、その間に少し緩いLCSオプティクスを用意しておく方が良さそう。

- ・(C)運動量アクセプタンスを上げるために、取出し・ダンプリン前半でのビームラインの変更を関係者で検討する。

3. cERL周回部のエミッタンス測定について → 発表資料 中村

- ・南側直線部のラティス&オプティクスをもとにQ-Scan法によるエミッタンス測定の可能性を3つのモード(Normal,LCSH,LCSV)について調べた。

- ・候補となる四極電磁石とスクリーンモニタの6つの配置に対して、Q-Scan法によるビームサイズの四極電磁石k値依存性と最小のビームサイズを求めた。また、空間電荷効果の影響を示すR値(エンベロープ方程式の空間電荷効果の項とエミッタンス項との比)のk値依存性やモニタ位置の依存性を求めてエミッタンス測定への影響を評価した。

- ・エネルギー35.5MeV, バンチ電荷7.7pC, 規格化エミッタンス $1.0(0.3) \text{mm} \cdot \text{mrad}$, バンチ長2psに対してビームサイズが0.1mm以上(YAGスクリーンで測定可能なサイズ)にな

るモニタ設置場所を Normal mode で3カ所選んだ。このパラメータでは空間電荷効果の影響は限定的であった。

・さらに低エミッタンス、大バンチ電荷、短バンチ（バンチ圧縮）などの運転では空間電荷効果が大きくなるので、他のエミッタンス測定方法について検討しておく必要がある。特に非破壊測定は、大電流運転中でも測定できるので魅力的である。

・(Q) 複数のスクリーンモニタからエミッタンスを測定する方法もある。どちらがいいのか。Q-Scan 法では、最小ビームサイズ付近の測定誤差が気にならないか。(A) 誤差を小さく抑えるには R 値が小さい k の範囲をなるべく広くスキャンするべきだろう。(C) Q-scan しない測定では、光学パラメータの誤差や空間電荷効果の誤差が大きくなるか。(C) 2つの方法を比べてみるのもいいだろう。

・(C) 空間電荷効果の影響を示す R 値は入射部の解析では 1.0 に近くても Q-scan の2次曲線が歪むが誤差は 10%程度で収まった。

・(Q) 北側の直線部ではエミッタンス測定は行わないのか。(A) スクリーンモニタを2カ所に配置した。ベータトロン関数が水平・垂直各方向でそれぞれ大きい場所なので、可能ではないか。ただし、入射部とのマッチングによってはオブティクスが変わるので、注意が必要だ。

次回予定

日時：2012年12月6日（木）14：00～

場所：4号館2階輪講室2