

第 84 回ビームダイナミクスWGミーティング・メモ

日時：2013年9月25日（水） 14:00-16:30

場所：PF 研究棟 2階会議室

参加者（敬称略）：羽島（JAEA）、Chen、大見、梅森、佐藤（昌）、宮島、本田（洋）、上田、島田、原田、清宮、コンスタンティノワ、坂中、小林、中村（KEK）-メモ作成

1. BBU simulation for KEK 3-GeV ERL → 発表資料 S.Chen

- ・KEK で計画している 3-GeV ERL 光源の主空洞による HOM BBU のシミュレーションを行い、電流閾値を計算した。主空洞の加速勾配はフィールドエミッションを考慮して 12.5MV/m、空洞クライオモジュールの数は 34 台で、1 モジュール当り 8 空洞とした。計算コードは bi を使用し、過去の計算結果 (5-GeV ERL) や TESLA 空洞との比較も行った。
- ・主空洞部のベータトロン関数の設計案があるので、そのデータを用いた。HOM の周波数にばらつきがない場合、BBU の閾値はベータトロン位相に依存するが、最小で 83mA となった。TESLA 空洞では 5mA 以下であった。以前の 5-GeV ERL での BBU 計算では、閾値は 580mA で、約 7 倍高い。ただし、加速勾配は 20MV/m、モジュール数は 40 としていた。
- ・HOM の周波数にばらつきを与えた場合、閾値は上がる。1MHz で 200mA、4Hz で 530mA、10MHz で 800mA 程度となった。ただし、Q 値をばらつかせても、大きな変化は得られなかった。周長を変えると、7.4cm の周期で閾値が変化するが、これは約 4.0GHz の HOM が支配的であるためである。
- ・閾電流値を改善する方法としては、空洞の加速勾配を上げて加速空洞の数を減らすこと、大きな周波数広がりをもたらすこと、オプティクスの制御などが考えられる。
- ・(Q) TESLA 空洞の加速勾配も同じ値か。(A) 同じ 12.5MV/m とした。(Q) Q 値のばらつきはどう設定したのか。(A) Q 値の 10% を考えた。(C) クロマティシティの効果で閾電流が上がるという報告がある。
- ・(Q) 5-GeV ERL の計算結果と 7 倍の差があるが、大きすぎないか。(A) 運動量や空洞の数の差、それから空洞の転送行列(R12)などの影響があるのではないか。(C) ベータトロン関数の差はそれほどないように見えるが、7 倍をもう少し詳しく説明できないか。(C) どの空洞の影響が支配的かは空洞に蓄積されているエネルギーを見ればわかるので調べてみてほしい。

2. cERL 入射部におけるビームダイナミクスの課題 → 発表資料 中村

- ・4-6 月の入射部コミッションを終えて、課題を簡単に整理した。
- ・低バンチ電荷での入射空洞後のエミッタンス増加の原因が、空洞オフセットと傾きだけで説明できるのか明確ではない。垂直エミッタンス増加が水平よりも大きい傾向にあるの

で、入力及び HOM カプラーの影響も検討する必要があるかもしれない。

- ・高バンチ電荷でのエミッタンスとバンチ長増加については、レーザーパルス幅を長くしても顕著に改善されず、シミュレーションとも合わない。電子銃、レーザー、バンチャー空洞など、空間電荷効果と入射空洞の設置誤差以外の原因を調べる必要がある。

- ・高バンチ電荷でより顕著に現れる電子ビーム断面の2重構造があり、高バンチ電荷でのシミュレーションとの不一致と関連している可能性がある。バーストモード運転によるレーザーパルスの立ち上がり立ち下がり部分が原因とも考えられているが、十分に調査されてはいない。また、カソード面にレーザーの焦点が合っていないことがわかったので、その影響も評価する必要がある。

- ・(C) レーザーパルスを長くして、垂直方向のエミッタンス増加は多少緩和した。(C) 高バンチ電荷での2重構造とエミッタンス測定と計算の矛盾は大きな関係があるだろう。

3. cERL 入射部の現状とアップグレード案 → 発表資料 宮島、中村

- ・4-6月の入射部コミショニングを終えて、現状と対策を整理してみた。

- ・励起レーザーは 7.7 pC/bunch までは出せたが、カソード面上で強度分布がフラットトップからずれているという報告があったので、焦点を調整するとともにその分布でもシミュレーションを行う予定である。電子銃は 390 kV で安定に運転でき、電極による収束力やカソード面上の rms サイズも推定できた。

- ・入射部の軌道調整の手法を確立したが、補正電磁石の数から2台のソレノイド(SL1,SL2)とバンチャー空洞の中心を一度に通すことができない(現状では、SL1とバンチャー空洞の中心を通し、SL2中心はずれている)。また、入射空洞 CAV#1の中心は通せているが、角度は十分に制御できていない。2台のソレノイドの架台にリモート位置調整機構を付けて対応したい。

- ・バンチャー空洞では、低電荷(空間電荷なし)でバンチ圧縮できていることを確認したが、高電荷(空間電荷あり)ではバンチ長の測定と計算が大きく異なる。バンチ長の他に、横方向キック力や非対称性への影響も評価したい。

- ・入射器超伝導空洞は 5.6 MeV までの安定な加速ができた。ただ、測量結果の空洞オフセットを入れた計算で低電荷でのエミッタンス増加量や xy 非対称性を説明できない(角度も今後考慮したい)。そのために、HOM カプラーによるキック力評価を行う準備をしている(HFSSを使用)。高電荷ではエミッタンス増加 0.7 mm mrad で、水平垂直プロファイルが非対称になって計算と合っていない。

- ・入射器診断ラインでは、エミッタンス、バンチ長、エネルギー広がり、バンチ電荷を測定できた。ステアリングの励磁電流は大きいですが、4極電磁石の中心を通せた。

- ・(C) レーザーの強度分布以外にカソード面の QE のばらつきも電子分布に影響する可能性がある。

- ・(Q) 入射空洞後のビームの xy 非対称性で、HOM カプラーよりも入力カプラーの可能性

が高くないか。(A) 入力カプラーは上下で相殺される。(C) 上下で微妙に相殺されていない可能性もある。四重極モードによる可能性もある。(Q) 時間変化も入れるべきか。(C) コーネルの論文が参考になるのではないか。(C) 入射空洞のカプラーからの信号でビーム位置が測定できるのではないか。

・(Q) エミッタンス増加では入射空洞のファンの影響も含まれていないか。(A) ファンの代わりに検討してもらいたい。

4. cERLでのレーザー変調の案 → 発表資料 本田(洋)

・cERLをコヒーレント光源として使用する検討をしてみた。2ループ250MeVを仮定して、1ループ目で1 μ mの密度変調を作り、2ループ目にパルス圧縮で約30nmの疎密構造を作った後にアンジュレータ(周期10mm)を用いてコヒーレントVUV光を生成する。

・エネルギー変調は、130MeVでアンジュレータ周期45mm、 $K=2$ に対して1 μ mのレーザーと共鳴する。レーザーは共振器方式とし、共振器の平均パワー10kWで400 μ mまで絞ると、100keV程度(約0.1%)の変調が可能になる。距離もしくは分散を調整して、密度変調を生成する。

・エネルギー30MeVでも変調の試験できるか検討した。この場合、アンジュレータ周期5mmにする必要がある。ギャップ2mmとすると、100 μ mのレーザーサイズとしてぎりぎりである。30MeVの電子速度が光速よりも遅いため伝搬するうちに密度変調が崩れるので、シケインやアーク部でうまく調整する必要がある。

・アンジュレータを使わずにレーザーだけで変調することを考えた。レーザーで縦方向電場を生成するために、TM波の高次モードを考えた。共振器にオフセット入射して、横方向電場の $1/k$ 程度の加速電場を得る。加速距離は、レイリー長程度とし、パワー1MWで20keVのゲインがある。電子ビームはレーザーと同程度に絞る必要がある。

・レーザーコンプトン散乱X線発生部と似たようなセットアップであるが、相乗りするには逆向き入射して交叉角をほぼゼロにする必要がある。現状のセットアップでは難しいが、シケインがあれば可能である。

・(Q)他にやった例はあるか。(A)共振器方式ではないが、BNLでCO₂レーザーを用いた例がある。

次回予定

日時：2013年10月22日(火) 14:00～

場所：PF研究棟2階会議室