

第 85 回ビームダイナミクスWGミーティング・メモ

日時：2013年10月22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、Zhou、大見、梅森、佐藤（昌）、宮島、本田（洋）、上田、遠藤、島田、コンスタンティノワ、河田、坂中、小林、中村（KEK）-メモ作成

1. Coherent Thomson scattering → 発表資料 大見

・ビームに密度分布を与えて対応する波長のアンジュレータや電磁波との衝突によりコヒーレント光を放出させるいくつかの方法(HGHG, cooled HGHG, EEHG, Acceleration, Thomson scattering)について紹介した。発振関連は含まれていない。

・HGHG(High-Gain Harmonic Generation)での密度分布とバンチング因子を示した。Cooled HGHG は、分散部に横方向に勾配を持つアンジュレータを設置して、バンチングしている部分の幅を小さくできる。これによって、高次光のバンチング因子が大きくなり、強度が HGHG に比べて大きくなる。ただし、その効果は分散関数などの値に依存する。

・EEHG(Echo-Enabled Harmonic Generation)は、slippage section をさらに設けて、バンチング部にさらに密度変調を発生させている。短パルスレーザーを導入することで、アト秒のパルス光の発生への応用が可能である。

・アンジュレータ中でのレーザーとの相互作用後に、加速空洞とシケインを使っても同様にバンチングが可能である。ただし、そのままと非線形効果が出てくる。

・バンチングしているビームをレーザーと散乱させるとコヒーレントなトムソン散乱が起こりうる。散乱による電子軌道から電子ビームの放射を計算した。アト秒光の発生も同様にトムソン散乱を使って可能である。

・(Q) どのくらいのエネルギを想定しているのか。(A) 100MeV くらいである。(C) 光子数や波長など、より具体的な値があると実用性の判断がしやすい。(A) 今後より具体的に詳細な計算を行う予定である。

・(Q) アンジュレータではなく、レーザーを利用する利点は何か。(A) 短周期アンジュレータが難しい場合でも、波長選択が可能である。ただし、アンジュレータでなくて偏向電磁石でもいいかもしれないので、それも計算してみる。短パルスレーザーを使うことで、超短パルス光の発生も期待できる。

2. BBU simulation for the KEK 3.5-GeV(modified) and 3.0-GeV ERL light source

→ 発表資料 S.Chen

・前回報告した 3-GeV ERL 光源（実際はエネルギー3.5GeV）の主ライナック（全長 670m、空洞加速勾配 12.5MV/m、34 モジュール x 8 空洞）による HOM BBU のシミュレーション

について、修正を行って新たに計算結果を得た。また、主ライナック全長 470m、空洞加速勾配 13.4MV/m、28 モジュール x 8 空洞の 3GeV ERL(旧デザイン)についても電流の閾値を計算して比較した。

- ・前回の計算において、**elegant** から **bi** への入力ファイルの変換において間違いがあり、減速空洞でのライナックの転送行列の **T12** 要素に異常に大きい値が入っていた。今回、そこを修正して再計算した。**HOM** の周波数にばらつきを与えない場合、**BBU** の電流閾値は最小で **240mA** となった。**3GeV ERL** (旧デザイン)では **270mA** であった。どちらも、目標である **100mA** は越える。閾値の周長依存性から、約 **4.0GHz** の **HOM** が支配的であることもわかった。どの空洞の影響が支配的かを見るために、各空洞ごとに閾値を計算した結果、加速始めと減速終りにある空洞の効果が最も支配的であることがわかった。

- ・**HOM** の周波数にばらつきを与えた場合に閾値は改善し、**2MHz** のばらつきで **1A** 近くになった。ただし、**Qext** 値を **0.1-10** 倍の範囲でばらつかせると有意に閾値は下がった。

- ・**5GeV** での計算結果とも合わせて比較した結果、電流閾値が空洞の数、エネルギー、空洞の加速勾配の3つでうまくスケールリングできた。

- ・(C) スケーリングは3点でのデータしかないので、成立しているかどうかは見るには、もういくつかデータが必要ではないか。

3. トシエック散乱によるビームロス計算結果修正

→ 発表資料 コンスタンティノワ

- ・**cERL** におけるトシエック散乱によるビームロスをエネルギー等のパラメータを変更して計算した。また、解析式とも比較した。

- ・電流 **10mA** (**7.7pC/bunch@1.3GHz**) とし、エネルギーを **35 MeV** から **20 MeV** に変えて計算した。計算結果として、**20MeV** ではビームロスが増えることがわかった。また、エネルギー**20 MeV** で他の各パラメータを変化させて(規格化エミッタンス **0.3 --> 1.0 mm mrad**、バンチ長 **3 --> 2 ps**、エネルギー幅 **3e-4 --> 1e-3**) 計算・比較した。ビームロス点の分解能を **1m** から **0.1m** まで上げた。バンチ長が短く、エミッタンスが小さくなるとビームロスが大きくなることがわかった。エネルギー幅の変化では、ビームロス分布の変化が相対的に大きかった。

- ・**Piwinski** の解析的な式(ガウス分布)とシミュレーションを比較した。電子が損失する散乱場所の電子分布が良く合うことが確認できた。

- ・(Q) ビームはガウス分布を仮定しているのか。ガウス分布以外のシミュレーションも可能ではないか。(A) パラメータ依存性を調べるのにガウス分布が便利である。ガウス分布を仮定したが、ガウス分布以外も可能である。入射ビーム分布が決まれば検討したい。

4. 残留ガス散乱の elegant への実装経過報告

→ 発表資料 コンスタンティノワ

・残留ガス散乱によるビームロスを計算するルーチンを elegant に実装しつつあるので、その経過報告をした。

・elegant にトシエック散乱によるビームロスを計算するルーチンが既にあるので、それを解析して残留ガス散乱によるビームロスを計算するルーチンを作成した。最初に、弾性散乱（クーロン散乱、メラー散乱）を組み込んだが、非弾性散乱についても組み入れつつある。

・現状では入力パラメータを読み込んで、弾性散乱についてシミュレーションを行える状態にある。実際にビームロスを求めると、トシエック散乱よりも1桁程度小さい結果となった。分布やロス量の妥当性については、今後チェックする必要はある。非弾性散乱についても試しているが、デバッキング中である。

・(Q) 真空度はいくつを仮定しているのか。(A) 真空度を 10^{-6}Pa とした。(Q) ガスは何を想定しているのか。(A) CO 換算で計算した。(Q) 真空度の分布を入れられないか。(A) 検討する。

5. cERL 入射部の現状とアップグレード案 → 発表資料 中村、清宮

・cERL 周回部の電磁石・主空洞の設置誤差を与えて、ビームシミュレーションによって軌道、エミッタンス、周長などへの影響を評価した。

・今回のシミュレーションでは、周回部エネルギーは 20MeV 、入射エネルギーは 3.37MeV とし（運動量比 6:1）、電磁石設置誤差（標準偏差：位置誤差 0.1mm 、傾斜誤差 0.1mrad ）と主空洞設置誤差（位置誤差 $\pm 1\text{mm}$ ）を仮定した。また、主加速空洞とその前の電磁石の設置誤差を与えられるように出発点を合流部出口からとし、前回の計算では加速・減速ビーム各々に対して同じ電磁石に異なる設置誤差を与えていたので同じ誤差になるように修正した。

・シミュレーションの結果、軌道歪みは誤差の蓄積で後半が相対的に大きく、電磁石・主空洞両方の設置誤差を考慮した場合に、最大で水平・垂直で各々 15mm 、 30mm 程度になった。空洞誤差のみでは、およそその半分程度であった。規格化エミッタンスへの影響は小さくなく、周長の変化も $\pm 1\text{mm}$ の範囲内に収まった。周長への空洞設置誤差の影響は小さい。今後、軌道補正の効果について調べる予定である。

・(Q) バンチ電荷の設定を 7.7pC とした意味は何か。(A) 空間電荷効果の影響は含まれないが、CSR wake の影響は含めた。エミッタンスについては厳密ではないが、設置誤差による影響を見るために設定した。

次回予定

日時：2013年11月27日（水）14:00～

場所：PF研究棟2階会議室