

第 99 回ビームダイナミクスWGミーティング・メモ

日時：2015年11月10日（火） 14:00-16:30

場所：PF 研究棟 2 階会議室

参加者（敬称略）：羽島（JAEA）、加古、宮島、本田（洋）、小菅、島田、田中、加藤、阿達、山本（尚）、本田（融）、中村（KEK）-メモ作成

1. EUV 光源の設計検討 → 発表資料 中村

- ・ EUV-FEL 光源の設計検討の現状について報告した。
- ・ 波長 13.5nm の 10kW 出力を 800MeV の ERL を使って出すことを当面の目標とした。また、開発や準備期間の短縮の観点から、比較的短期に準備できる技術の利用と cERL の資産の活用をまずは考えた。
- ・ (Q) バンチ長が短過ぎると FEL での性能を劣化させないか。(A) 問題ない。(Q) off-crest 加速での空洞位相を一定ではなく、90°や 0°の組み合わせにすることで RF 高次形状の影響は小さくならないか。(A) あまり変わらない。(C) CSR の影響を抑えるのに、アーク部の偏向部の曲率半径を変えてはどうか。(C) 全体の R56 を必ずしもゼロにしなくてもいいので、アーク部でのラティスに別の選択肢を持たせられないか。

2. EUV-FEL 入射器の最適化計算 → 発表資料 宮島

- ・ 前回に続いて EUV 光源用入射合流部の設計についてその後の検討結果を報告した。
- ・ 合流部を含む入射部の配置構成や条件は前回と同じである。即ち、EUV-FEL 用の入射器として cERL 電子銃 2 号機と cERL クライオモジュール（2 セル 3 空洞）2 台の組み合わせである。合流部は 3 ダイポール型でダイポール間に四極電磁石（計 2 台）を入れ、マッチングのために入射空洞と合流部との間に 4 台の四極電磁石を配置した。今回はバンチ圧縮の観点から、バンチ長 1ps 付近に焦点を当てた。バンチ長とエミッタンスを最小化パラメータに選んだ。シミュレーションでの粒子依存が大きいので、10k, 20k 50k と段階的に粒子数を増やしながらか最適化を進めた。
- ・ 最適化の結果、10k, 20k, 50k の粒子数において 1ps で 0.7mm mrad 程度まで下がる条件を見つけることができた。このとき、エネルギー広がり率は 0.31%、運動エネルギーは 11MeV であった。
- ・ コーネル大学の結果と比較してみた。彼らはバンチ長を 3ps と長めにとった条件で低いエミッタンス値を見つけていたが、1ps という条件では我々の結果とそれほど大きな差はないように思われる。

3. 2015 年度冬期 cERL 運転調整の検討 → 発表資料 宮島

- ・ 2015 年度冬期 cERL 運転調整について検討した。

4. Genesis による EUV-FEL 出力の評価（2） → 発表資料 加藤

- ・ EUV-FEL 光源設計における FEL シミュレーション結果について前回別の打ち合せで報告があったが、その後の検討結果について報告がなされた。
- ・ 前回の報告結果は次の通りである。FEL シミュレーションは Genesis で行い、初期分布はアーク部とシケインによるバンチ圧縮後のもので elegant によるシミュレーション結果である電子分布を用いた。アンジュレータシステム前でのベータatron関数をマッチングセクションを用いて変えると、FEL 出力が

10-18kW の範囲で変わる。これまで $b_x=4\text{m}$, $b_y=5\text{m}$ 付近でテーパリングを入れて 15kW 程度の出力が得られている。乱数によって 4%程度のばらつきが起り、計算機の CPU によっても差があった。その他、FEL によって電子のエネルギー広がりが $z=20\text{-}40\text{m}$ で形成されてローレンツ因子の幅（エネルギー幅）で 6 程度になった。

- ・今回の報告では、前回の報告での図の間違いが修正された（1つのシミュレーションの線が抜けていたが、結果は変わらない）。また、計算機の CPU による差は、種類の違いではなくコア数の違いであることが調査の結果わかった。乱数作成のコードは CPU に依らず同じであるので、コア数が同じであれば同じ結果になった。FEL 動作後のエネルギー（ローレンツ因子）の減少幅はばらつきと同じく 6 程度であることもわかった。

- ・ $b_x=4\text{m}$, $b_y=6\text{m}$ の場合には出力はこれまでの最大値 18kW になる。その場合でのビームサイズの変化を調べた結果、場所 z に依存して水平方向のビームサイズは振動していて、バンチ内での変動もあった。従って、ビーム電流密度も変動していた。垂直方向のビームサイズも z に依存して振動するがバンチ内での変動はなかった。ビーム電流密度が z に依らずに比較的一定なのは $b_x=b_y=10\text{m}$ の場合で、ビーム電流密度の変化が小さいにもかかわらず、FEL 出力は 10kW であまり高くなかった。 $b_x=b_y=2.5\text{m}$ では今度は振動が非常に大きくなるが、出力は 11.7kW と大きくなかった。

- ・アンジュレータ磁場誤差の影響を調べるために、Genesis の積分間隔をアンジュレータ磁場の 1 周期から 0.5 周期に変えた。最初に磁場誤差無しで計算したが、積分間隔によって出力結果に差が出て、0.5 周期の場合に 1 周期よりも出力が増える結果となった。次に、誤差を 0.08%, 0.24%のばらつきにして計算すると、磁場誤差がある方がない場合に比べて出力が少し大きくなった。シミュレーションの種を変えて統計を上げてみたい。

- ・(Q) 磁場誤差では軌道はどうなるのか。(A) 磁場誤差はガウス分布だが、軌道の変化は最小になるように誤差の配列が調整されている。(C) ビームサイズの振動振幅と出力の関係が指摘されたが、角度発散とは関係ないのか。(C) 誤差があると増えたのは、elegant からの電子分布の特性に影響されたのではないか。相関のないガウス分布で最初試してはどうか。(C) elegant からのデータ受け渡しでバンチ前後が逆になっていないか。

次回予定

日時：2015年12月17日（木）14：00～

場所：PF 研究棟 2 階会議室