

cERL phase 1コミッショニング検討(2)

第77回ビームダイナミクスWGミーティング
PF研究棟2階会議室

2013年2月13日(水)14時
加速器第七研究系
宮島 司

はじめに

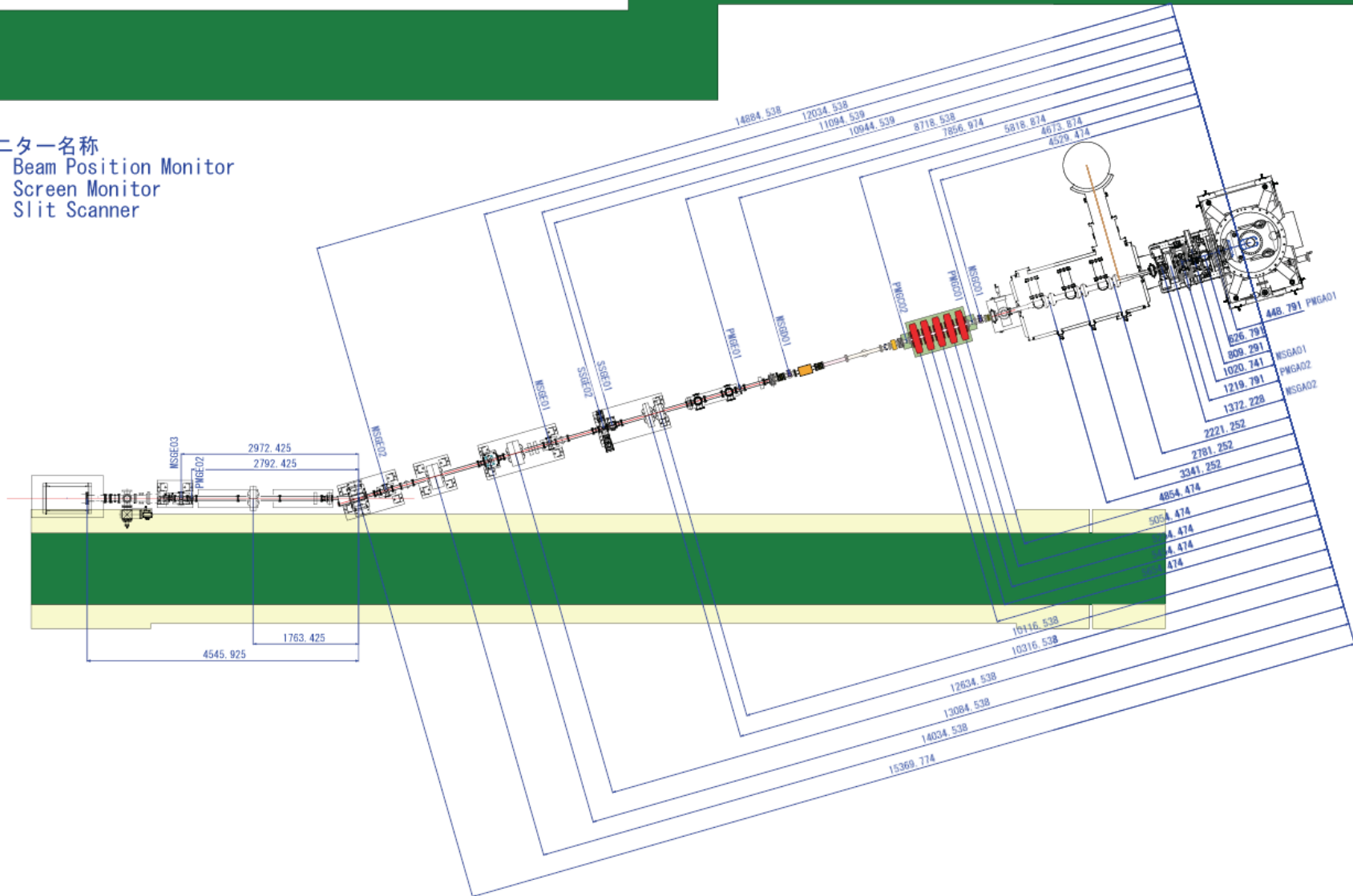
- cERL phase1 コミッショニングに向けてビーム性能、オプティクス等を検討することを目的とする
- 2012年2月1日(金)のcERL建設打合せで、放射線検査に合格するためのビーム性能、配置、励起レーザーの仕様、入射器空洞の加速電圧について紹介
- 検査に合格するためのビーム電流を出すためのレーザーのパルス構造について、全部バーストモードが良いのではということとなった。
- 今回の検討項目
 - バunch電荷(レーザー構造)
 - ビームモニターの方法
 - コミッショニングの流れ

Phase 1 コミッショニング

- 電子銃、入射器超伝導空洞、診断ラインから構成されるビームラインでのビーム試験
- 性能
 - 加速粒子の種類: 電子
 - 最大運動エネルギー: 6 MeV
 - 最大出力: 6.0 MeV μ A
- 当面の目標
 - 放射線発生装置の検査に合格するだけの出力(最大出力の2から3割)の電子ビームをダンプまで輸送すること(ビーム性能向上はその後)
 - 最大出力の3割とすると、1.8 MeV μ A
 - 運動エネルギー 5 MeVの場合: 0.36 μ A
 - 運動エネルギー 5.5 MeVの場合: 0.327 μ A
 - とりあえず、300 nA 程度出せれば良い

Phase 1 の時の配置

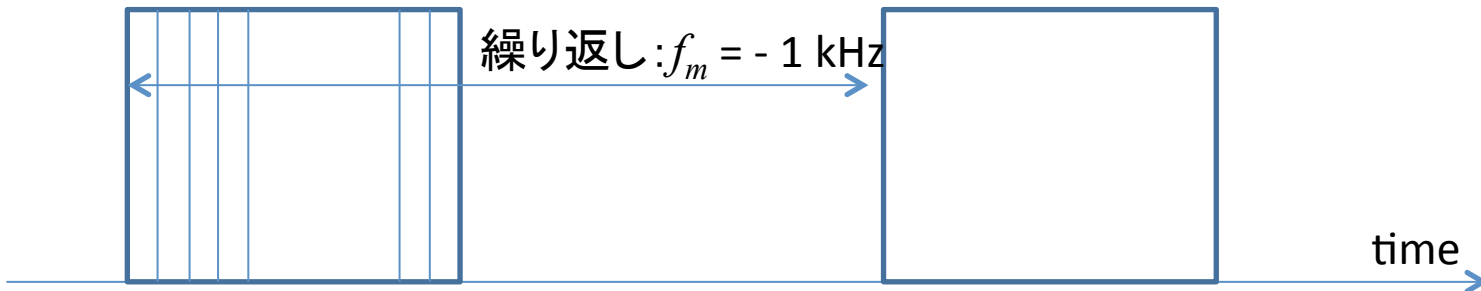
モニター名称
PM: Beam Position Monitor
MS: Screen Monitor
SS: Slit Scanner



Phase 1 の時の励起レーザー

- 基本的にバーストモードで運転する
 - マクロパルス幅: 1 μ s から 100 ns 程度
 - 繰り返し: 1 kHz から遅い方は幾らでも可
 - 1パルスの時間構造: 3 ps rms (Gaussian), スタッキングはなし \Rightarrow 全時間幅 16 psを想定して計算していたので、バンチャー空洞のパラメタの見直しが必要(現在見直し中)

マクロパルス幅: $\Delta T = 100 \text{ ns} - 1 \mu\text{s}$



1バンチ当たりの電荷(Q)

$$Q = \frac{I}{\Delta T \cdot f \cdot f_m}$$

I: 平均電流 (A)

バンチ電荷

- ERL入射器では空間電荷効果が支配的なため、バンチ電荷によってビームオプティクスが変化する
- ビームオプティクス一定で調整するためには、バンチ電荷を一定に保つことが望ましい
- cERL phase1コミッショニングでのバンチ電荷を幾つにするか？
 - 案1: 7.7 pC/bunch
 - メリット: 周回部コミッショニング時と同じ電荷なので、調整が一度で済む。
 - デメリット: 空間電荷効果を見逃すことができない
 - 案2: 極力バンチ電荷を小さくして空間電荷効果の影響をなくす
 - メリット: 空間電荷効果を見逃して調整できる。施設検査まで素早く調整できる(かも)
 - デメリット: 周回部コミッショニング時に7.7 pC/bunchで再調整が必要
- 案1: 7.7 pC/bunchが良いのではないか。
 - ただし、レーザーパルス幅が最初は 3 ps rmsで、周回部コミッショニングではスタッキングして16 ps以上のパルス幅となるので、入射器コミッショニングと単純に同じパラメータとはならない。
 - 入射器コミッショニングの途中で、パルススタッキングしたレーザーに変更したい(エミッタンスを下げるため)。ただし、3 ps rmsで生成したビームを周回部に輸送することも可能だが、エミッタンス等の性能はスタッキングした場合に比べて良くない。

マクロパルス幅を固定した場合

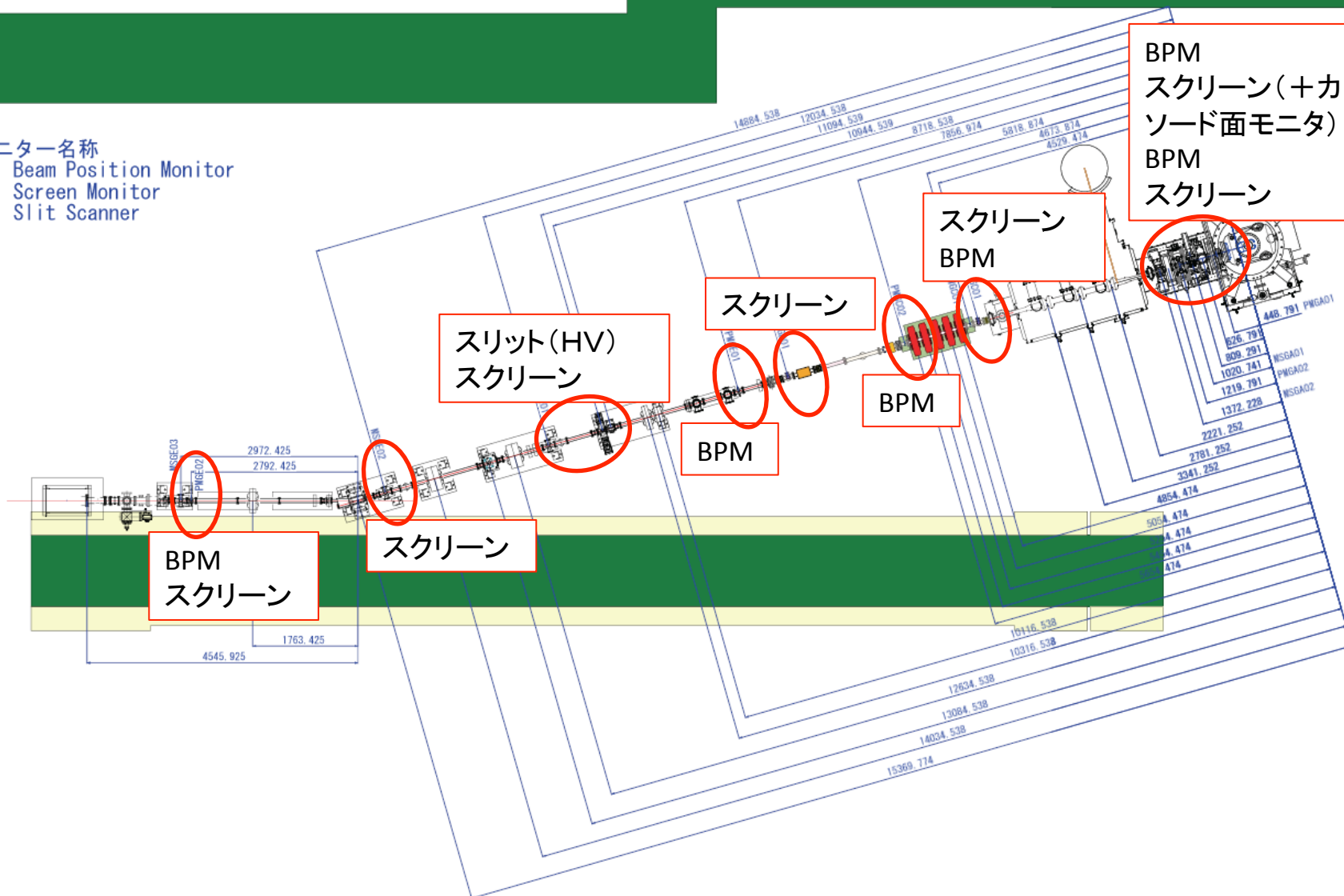
- マクロパルス幅を $1\ \mu\text{s}$ に固定した場合
- マクロパルスの繰り返しを変えることになる
- バンチ電荷は $7.7\ \text{pC/bunch}$ に固定

- 平均電流: $360\ \text{nA}$ の場合
 - 繰り返し: $36\ \text{Hz}$
- 平均電流: $1\ \mu\text{A}$ の場合
 - 繰り返し: $100\ \text{Hz}$

- スクリーン等に当てる場合には、より小さい電流とする
 - 繰り返しを変えるか、マクロパルス幅を変える
 - マクロパルス幅固定の方が、フィリングタイムの影響等は同じにできる
 - 例えば、繰り返し $1\ \text{Hz}$ とすれば、平均電流は $10\ \text{nA}$ となる

Phase 1 の時のモニター

モニター名称
PM: Beam Position Monitor
MS: Screen Monitor
SS: Slit Scanner



診断すべきもの

- バンチ電荷、平均ビーム電流
 - 電子銃(高圧電源の出力電流)
 - 入射部ビームライン(ストリップライン)
 - 入射部診断ライン(ビームダンプ)
- 軌道(ビーム位置)
 - Beam Position Monitor(BPM): ストリップライン電極による重心測定
 - Screen Monitor: スクリーン上の投影されたビームの形状を測定し、重心位置を計算
- ビーム形状
 - Screen Monitor
- エネルギー
 - エネルギーは加速する要素の直後で必ず測定する必要がある
 - 場所: 入射部診断ラインの偏向電磁石下流あるいは、診断ラインでのtime of flight
 - エネルギー領域
 - 電子銃: 500 keV
 - バンチャー空洞: 500 keV前後
 - 入射器超伝導空洞: 500 keV - 10 MeV (当面は 5.5 MeV)
- エネルギー拡がり
 - 場所: 入射部診断ラインの偏向電磁石下流
- バンチ長
 - 入射部診断ライン: 偏向空洞法、5.5 MeV、バンチ長 1-3 ps rms
- エミッタンス
 - ウェイストスキャン法
 - スリット法

コミッショニングの流れ

- 基本条件
 - (当然ながら)上流から調整
 - 絶対に避けたいこと: 入射器空洞にビームを当てること
- コミッショニングの流れ(永井さんからのメールに、エネルギーを追加)
 - 電子銃直後のスクリーンで像を確認しながらビームを出す。
 - 電子ビームのプロファイルが確認できる程度までレーザー出力を徐々にあげる。
 - 超伝導加速器直前のスクリーンでプロファイルを確認後、超伝導加速器を通す
 - ビームをダンプまで運ぶ。(500 keVビームをダンプまで通すことになる)
 - バンチャにRFを入れて位相を測る。(位相調整に偏向電磁石を使う場合、500 keV + α のエネルギーのビームをダンプまで通すことになる)
 - バンチャのRFを所定の値にセットしてダンプまで運ぶ。(500 keVビーム)
 - 超伝導#1にRFをいれて位相を測る。
 - 超伝導#1のRFを所定の値にセットしてダンプまで運ぶ。
 - 超伝導#2、#3と順次同様に行う。(#3まで通して 5 MeVビームとなる)
 - ダンプでの電流値をみながらレーザー出力をあげる。
 - 1 μ Aをダンプで確認して終了。
- 複数のビームエネルギー値
 - 電子銃、バンチャー、超伝導空洞とエネルギーを段階的に上げていくことになる
 - エネルギーに合わせて、診断ラインの調整が必要

まとめ

- 決めたいこと: phase 1 コミッショニングで施設検査を受けるまでのバンチ電荷。7.7 pC/bunchで良いか？
- モニター類の配置とコミッショニングの流れのたたき台を紹介。
- 上流側の機器からコミッショニングを開始すると、診断部を通過するビームエネルギーが段階的に上がる。このため、複数のビームエネルギーのビームを通す光学が必要。
- 現在、初期レーザーパルス幅 3 ps rmsとして、診断ラインまで輸送する光学を計算中。5 MeV, 7.7 pC/bunch, 電子銃電圧500 kV。
- これを元に、バンチャー空洞・入射器空洞の位相調整時の光学を検討する予定。
- また、電子銃電圧についても、500 kVから300 kVまで、50 kV間隔で変えて光学を計算している。