

# リニアックビームパルスについて (F13)

2002.6.28 リニアック全体設計 T. Kato

リニアックのビームパルス生成についての提案を行う。予算措置を伴う事もあるので、最終的な形を早急に決める必要がある。

## 1. リニアックビームパルスの数の選択

定常運転は 25 又は 50Hz であるが、場合によりビームパルス数を減らす運転が必要である。パルス数を変えるには、以下の方法が考えられる。

- 1) アークトリガー数を調整する。  
イオン源の安定性から望ましくない可能性が高い。
- 2) イオン源とRFQの間に、何らかの方式の横方向に蹴るチョッパーを入れる。
- 3) イオン源の引きだし電圧を変化させ、RFQの縦のアクセプタンスからはずす。
- 4) RFQ電圧を下げて、ビームを加速しないようにする。  
空洞の安定性から望ましくないと思われる。
- 5) RFQ電圧のタイミング（あるいはアークのタイミング）をずらして、ビームを加速しないようにする。
- 6) プリチョッパーとRFチョッパーを組み合わせ、ビームを蹴る。
- 7) その他

第2番目の横に蹴る方式は、RFQ内部でのビーム損失がなく、しかも確実な方法と考えられるので、第1の候補とする。

いずれにせよ、DTL入射の前の段階でビームを止める必要がある。

ビームパルスに同期するビームトリガーが必要である。

## 2. ビームパルス端部の整形

MEBTで測定したビーム波形を図1-1, 1-2に示す。500  $\mu$ sec幅(図1では50 $\mu$ sec)のビームの立ち上がり立ち下りの部分は、なるべく短い事が望ましい。この部分は、ビーム電流等が異なるので、空間電荷効果が異なる可能性があり、ビームロスの原因となりやすい。そこで、RFチョッパーを使って、パルスの過渡部分を全て蹴り出す方法を提案する。図2に方法を示す。

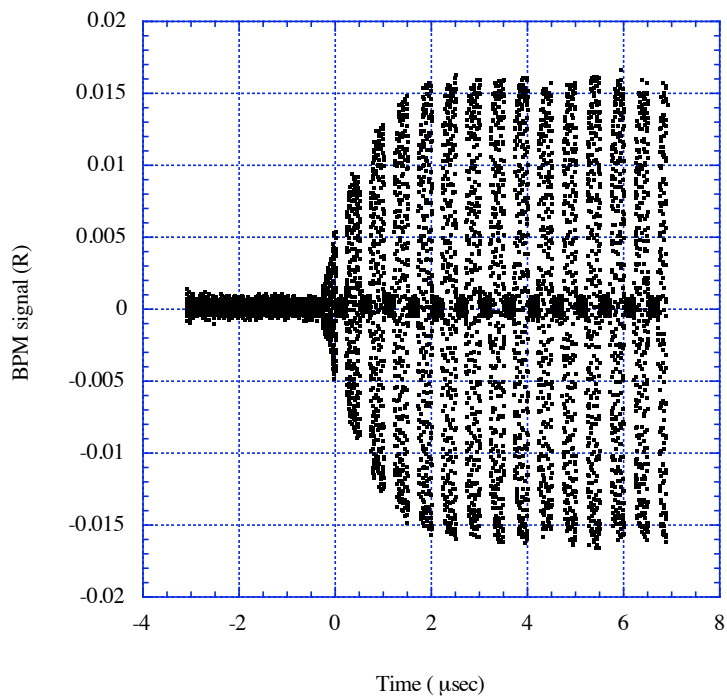


図1-1 MEBT で測定した、チョップビームの、ビームパルス全体の立ち上がり部分。この場合、約2マイクロ秒の幅の過渡部分がある。

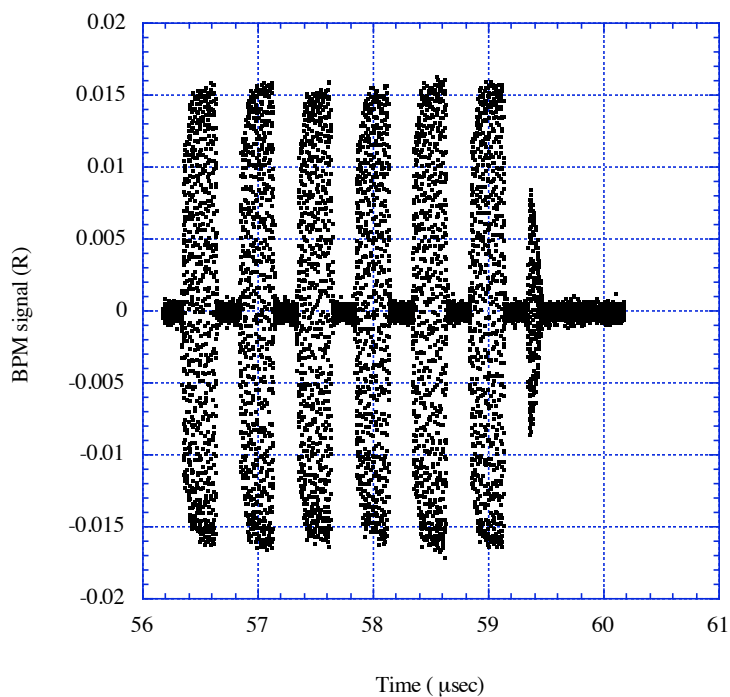


図1-2 MEBT で測定した、チョップビームの、ビームパルス全体の立ち下がり部分。この場合、約0.2マイクロ秒の幅の過渡部分がある。

スクレーパの発熱等を考えると、チョッパーをフル運転させるビームパルスの両端部分は、短時間である事が望ましい。この方法の為には、やや複雑なチョッパー用低レベルコントローラが必要となる。空洞のビーム負荷効果の過渡状態を考えると、ビームパルスの立ち上がりがなだらかな事が望ましいとする議論はあるが、別の問題（別途 beam study が必要）と考える。

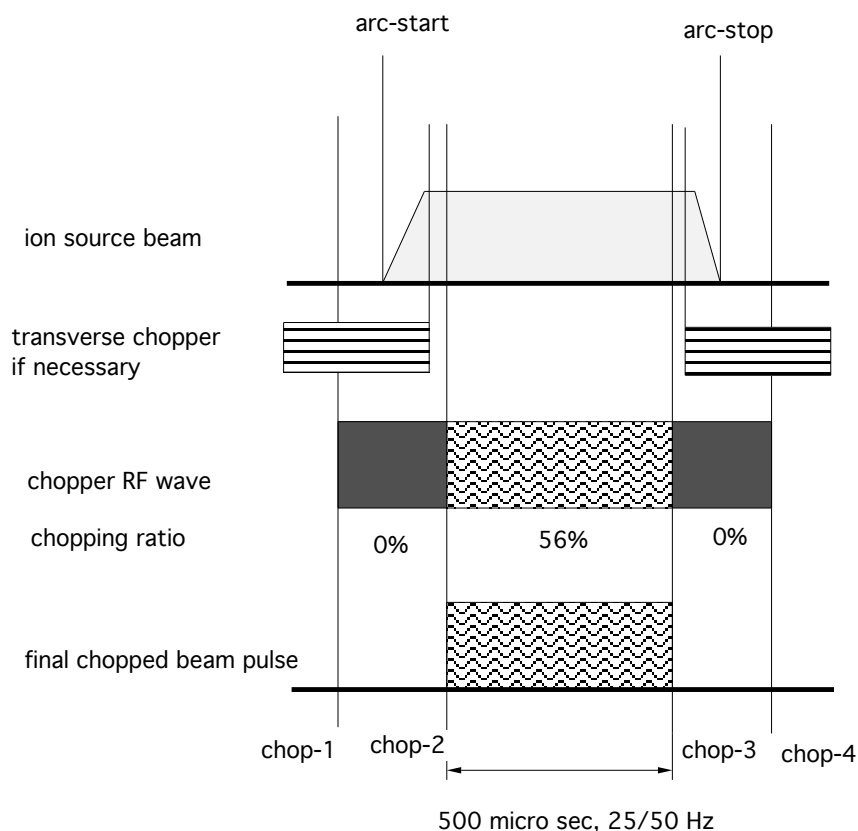


図2 立ち上がりの速いビームパルスを作る方法。チョップ2とチョップ3のタイミングにより、幅500マイクロ秒のチョッピング比56%のビームパルスを作る。チョップ1-2, 及びチョップ3-4の区間は、チョッピング比を0%にして、すべてのマイクロバンチをけり出し、立ち上がりを改善する。プリチョッパーは、本図には入れてないが、RFチョッパーによりけり出すビームの割合である34%を減らす働きをする。本図に示す方法は、RFQが正常に運転している事を仮定しているので、ビームパルス数を規定する方策としては、他の方法（横方向の静電チョッパーなど）が、安全面より必要となる可能性がある。

### 3. ビームパルス幅の調整

ビームパルス幅（500マイクロ秒の部分）は、図2に示したチョッパートリガーのタイミング（チョップ2とチョップ3の間隔）を変化させて行う。単位変化量は、基本的には、中間周波

数の周期（リング RF 周期）とする。

#### 4. 中間パルスの過渡部分の微調整

中間パルスのスタートタイミングは、リングからの RF 周波数と 324MHz の同期をとって決められる。従って、そのユニットステップは 3.086 ナノ秒となる。このユニットステップの中どのタイミングでチョッパー動作を開始させるかにより、中間ビームパルスの過渡部分によるビームロスが微妙に変化する可能性がある。そこで、ユニットステップを 360 度相当とすれば、例えば、30 度ステップ (0.26 ナノ秒) のディレイが必要である。この過渡部分の微調整は、立ち上がりと立ち下がり両方について、独立に必要である。

#### 5. チョッパーオフパルスの生成

コミッシュニング等で、少ない繰り返し、短いパルス幅のチョッパーオフのパルスが必要な場合がある。その為には、

- 1) 第 1 項によりパルス（数）を選択し、
- 2) 第 3 項により、パルス長さを選択し、
- 3) パルス長さ部分のチョッピング率を 100%にして（チョッパーオフ）、

希望の繰り返しで、希望する数と長さのビームパルス生成する。

この場合、ビームパルスの前後では、チョッパーがフル運転して、ビームパルス端部の形を整形している。

#### 6. 極短パルスの生成

RCS コミッシュニング等で、少ない繰り返し、非常に短いパルスが必要な場合がある。その為には、

- 1) 第 1 項によりパルス数を選択し、
- 2) 第 3 項により、パルス長さを選択し、
- 3) チョッピング率を下げて、中間ビームパルス長さを調整する、

の手順により、希望の繰り返しで、希望する数と長さの中間パルス生成する。

図 3 に、MEBT チョッパーテストで得られた、短いチョップ例を示す。この場合、ピーク電流は、変化しないという特徴がある。イオン源を調整して、ピーク電流を少なくする事は可能である。

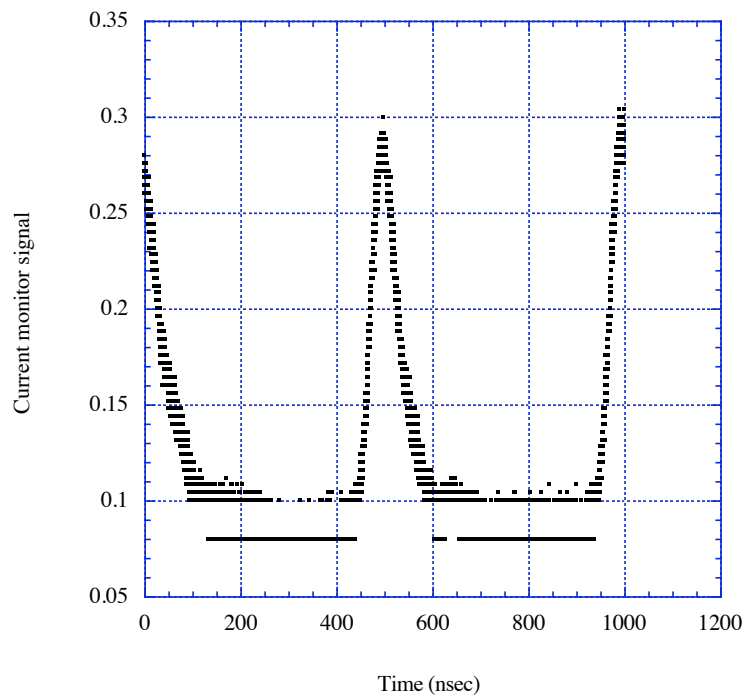


図3 MEBT で測定した極短中間パルスの例。本図は、周波数応答の遅い CT 出力である事、及び現在使用しているチョッパー低レベルコントローラーが、極短パルスを作る事を想定したデザインとなっていないために、波形が悪い。

## 7. ビームパルス時間内の緊急ビームストップ

第2項に述べた方法を使って、あるトリガー信号（緊急停止）以降のチョッピング率をゼロにすれば（RF チョッパーフル運転）、そのパルス内で、即座にビームをストップさせる事が出来る。25あるいは50Hzの次のビームパルスは、他のストップ機構によりオフするようにデザインすれば、スクレーパの熱負荷、チョッパー電源の負荷等は、問題とならないと思われるが、チョッパーフル運転を、そのパルス内だけにとどめる為の、安全確保のロジックは必要である。

本稿に述べた事を議論し、考慮して、

- 1) 実機用のチョッパー用低レベルコントローラーのデザインと製作、
  - 2) ビームパルス数規定用の機器のデザインと製作、
  - 3) チョップビーム（チョップ2）に同期したトリガー、
  - 4) ビームトリガー、
  - 5) チョップビームである事を考慮して、各種ビームモニターの信号処理を行う、
  - 6) 最速の緊急ビームストップの方策、
- 等が必要である。