

Tuning of MEBT-Chopper by using wire scanner monitor

Susumu SATO^{1,A)}, Akihiko MIURA^{A)}, ZenEi IGARASHI^{B)}, Masanori IKEGAMI^{B)}, Akira UENO^{A)},
 Hiroyuki SAKO^{A)}, Takatoshi MORISHITA^{A)}, Hiroshi YOSHIKAWA^{A)},
 Kazuo HASEGAWA^{A)}, Tetsuya KOBAYASHI^{A)}

^{A)} JAEA, J-PARC Center, Shirakata Shirane 2-4, Tokai, 319-1195 IBARAKI.

^{B)} KEK, J-PARC Center, Oho 1-1, Tsukuba, 305-0801 Ibaraki.

Abstract (英語)

In J-PARC, a macro pulse with several hundreds micro seconds is shaped into a pulse with medium bunch structure of about one MHz, by a RF chopper at MEBT section. The comb-like structured pulse is injected into the following DTL section. The remaining fraction of the beam in the bottom of the comb-like structure, is measured by a wire scanner monitor (with preamplifier) located in the downstream. The remaining fraction (compared to the nominal signal) is of the order of 0.1 %.

Wire scanner モニターを用いたJ-PARC MEBTチョッパーの調整

1. はじめに

J-PARCにおいては500 μ s程度時間幅を持ったマクロパルスビームを、LINAC加速器で加速する[1]。後続のRCS加速器のRFバケツ(1MHz程度)に入射するために、MEBT区画に設置したRF-Chopper空腔を用いて、数100ns幅で1MHz程度(RCSのRFバケツに位相同期している)の周期を持つ中間バンチ構造(櫛状構造)を形成する。この櫛状構造の“谷”部分に残るビームは下流実験施設に輸送する前に、ビームロスを引き起こす。ビームロスを最小にする様に、RF-Chopper位相を設定する為に、下流SDTL区画にあるwire scannerモニター(WS)を用いて、(マクロパルス全体をchopperで蹴った時の)蹴り残り割合を測定した。その結果を報告する。

2. LINAC

LINACは、イオン源、LEBT輸送区画、RFQ加速空腔、MEBT輸送区画、DTL加速空腔、SDTL加速空腔をへて加速された負水素イオンビームを、RCSへビーム輸送(AOBT,L3BT)する。現在の所、5種類のモニター(1)ビーム電流:SCT(slow current transformer)(2)ビーム位相:FCT(fast current transformer)(3)ビーム位置:BPM(beam position monitor)(4)ビームプロファイル:WS(wire scanner monitor)(5)ビームロスモニター:BLM(beam loss monitor)を用いて、ビームを診断している[2,3]。今回の報告に用いているモニターは(図1参照)、LEBTのSCT、MEBTのSCT(図2も参照。図2中、①③④)、及び、SDTL入射部にある最初のWS(“WS-S2A”と呼ばれる)を用いている。

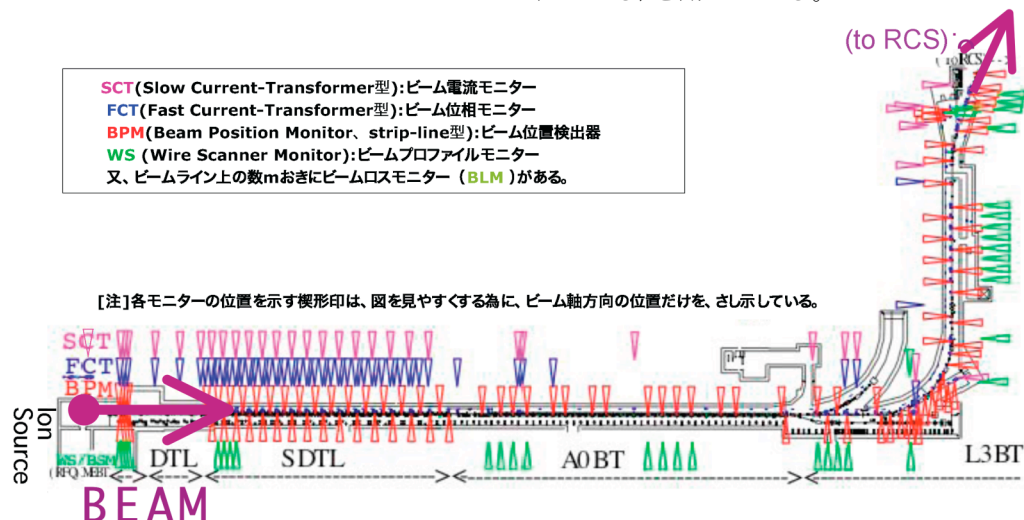


図1: LINACの加速区画名(LEBTは、Ion源とRFQの間にある)と、モニターの配置全体図。

3. 中間パルス構造とRFチョッパー空洞

RCS加速器での捕獲/加速用のRFバケツにビームを入射する為に、LINAC-MEBTの段階で(RF位相同期をかけた)RFチョッパー空洞を用いて、櫛状の中間バンチ構造を形成させる[4, 5, 6]。図2に示したように、RFチョッパーで水平方向に蹴られた(櫛構造の谷に相当)ビームは、Q4磁石、Bend磁石をへて、スクレーパーによってダンプさせる。スクレーパーは、銅にタングステンを蒸着させた板状の物で、0.1mm程度の精度で、ビーム軸に向かって挿入駆動が可能なものである[1]。

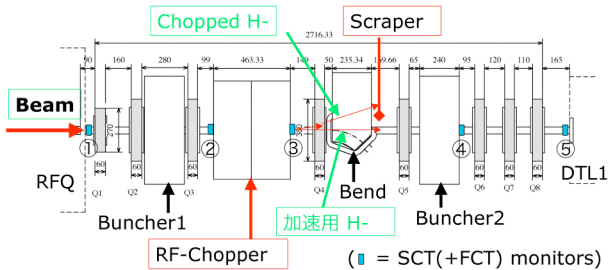
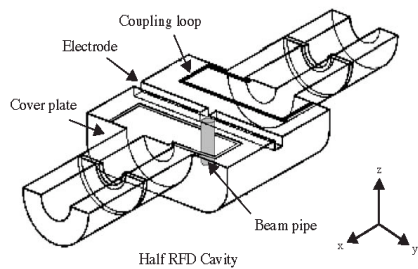


図2:MEBTの機器配置関係[Topview] (チョッパー、スクレーパー、及び,SCTモニターの位置)。

RFチョッパーでは、図3([4]より転載)にあるように、入射したマクロパルス(図3では、z方向)に対して、2本のElectrode間に共鳴電場を(図3では、y方向。ビームライン設置時には水平方向に相当)作る。これにより、RCS-RFに同期して、ビームに蹴りを与



える事が出来る。

図3 ([4]より転載) : MEBT-RFチョッパーの構造。Electrode間に(本図ではy方向)に共鳴電場を作り、ビームを蹴る(本文参照)。[他の図とは、x, yが入れ替わっている事に注意]

4. SCTモニターとWire scanner モニター

測定に用いられたSCTモニターは、ビーム軸を中心軸とした円環形状Finemet製コアに、信号線を1巻きして読み出し信号としている。信号線の他に、Finemetコアには、較正用線が1巻きまいてあり、ビーム電流との較正に用いている。

又WSモニターは、図4の様な形状をしており、駆動部ヘッドに直径30 μ mの(金メッキされた)タング

ステンwireが接続(x, y方向独立に)されており、ビーム断面に挿入し残留しているビームを測定する(図3参照)。信号はpreampを通して地上に送られているが、残留ビームを測定する時は、ゲインを100倍に上げて、測定をした。

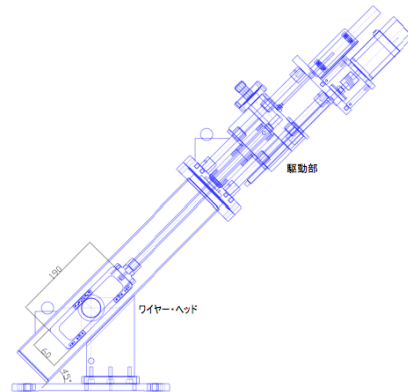


図4:wire scannerモニターの構造[ビーム軸断面図]。

5. 測定結果

5.1 SCTによる測定

RF-Chopperの位相を変化させると、図5にあるように、Chopper通過後のSCTで蹴り残しは見えなくなった。位相の最適値を求めるには、感度の良いwire scannerを高ゲイン読出しで用いる。

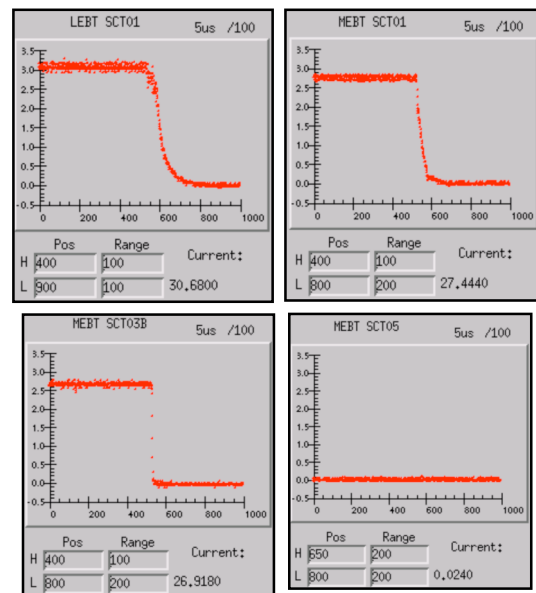


図5 : SCTによる蹴り残しの測定。四つの図は: 上(左右)、下(左右)の順に、(図2参照)、LEBT(MEBT-SCT01), MEBT①(MEBT-SCT01), MEBT③(MEBT-SCT3B), MEBT④(MEBT-SCT05)。

5.2 WSによる測定

SDTL入射部にある4台のWSの内、最上流のWSをゲイン100倍にして測定した(ビームはゲイン1倍で1000mV程度の信号が検出出来る)。図6は、Chopperの位相を変化させた時の、WSで測定したマクロパルスの信号(マクロパルス全体を、中間パルス櫛構造の“谷”にする事で、最適位相を見つける)。single shotでみると、「左上」->「右上」->「左下」の順に蹴り残しが減少している。「右下」は、100shots平均をとった物だが(条件は「左下」のまま)やはり、蹴り残しは、検出限界(±約10mV、ゲイン100倍設定)以下である。通常の波高(1000mV、ゲイン1倍設定)との比をとることにより、0.1%程度以下である事が分かる。

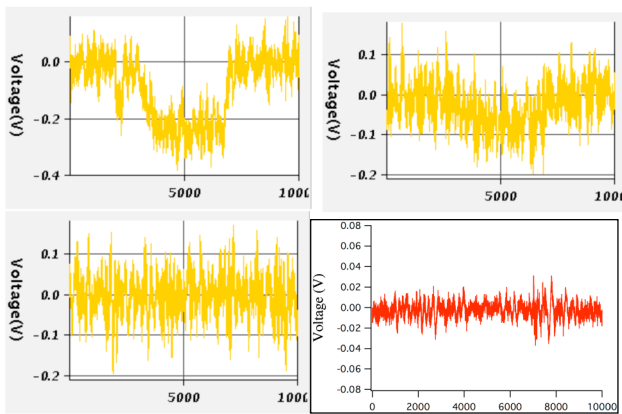


図6：Chopperの位相を変化させた時の、WSで測定したマクロパルスの信号(shingle shot)。但し、「右下」は、100ショット平均(位相は「左下」の条件のまま)。「左上」->「右上」->「左下」の順に蹴り残しが減少している(本文参照)。

又、MEBT-RFチョッパーの位相と、WS高ゲイン(100倍)読出し信号での、波高の相関をプロットした物が図7である。これに従い、フィットを行って設定位相(265度)を求めて、運転に用いた。

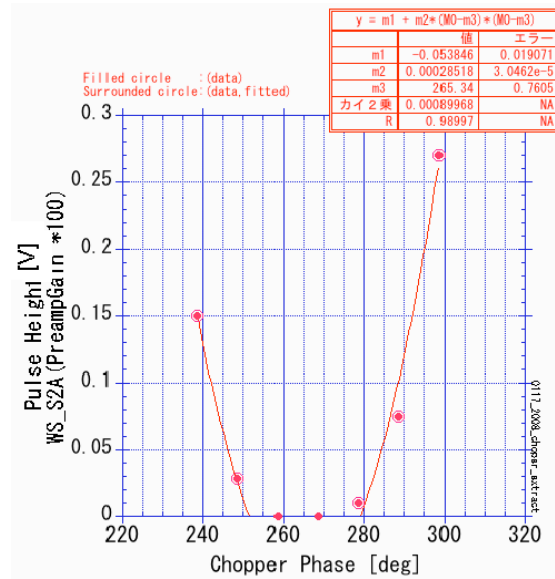


図7：MEBT-RFチョッパーの位相と、WSでの検出信号の相関。

6. まとめ

J-PARC では、数百マイクロ秒の幅を持ったマクロパルスを、MEBTにおいて程度のRFチョッパーを用いることにより、中間バンチ構造を形成させて、下流のDTL加速空洞に入射する。ビームの蹴り残しは、チョッパーより下流に設置されたワイヤースキャナーからの信号を、直後におかれたプリアンプで増幅することにより、測定した。ビームの蹴り残しは、チョップされていないビームとの比を取ることによって測定され、測定器の検出限界である0.1%程度以下であった。

参考文献

- [1] J-PARC Design Report (JAERI-Tech 2003-044, KEK Report 2002-13)
- [2] S.Sato et al., "Installation of Beam Monitors in the LINAC Section of J-PARC", Proceeding of EPAC 2006 (2006) pp. 1151-1153, and the references therein.
- [3] S.Sato et al., "Upgrade of Beam Diagnostics in LEPT and MEBT of J-PARC LINAC", Proceeding of LINAC 2006 (2006) pp. 268-270, and the references therein.
- [4] S.Wang, S.Fu, T.Kato; "The development and beam test of an RF chopper system for J-PARC" NIM-A 547 (2005) pp. 302-312, and references therein.
- [5] S.Fu, T.Kato, "Design study on a medium-energy beam-transport line for the JHF proton linac", NIM-A 457 (2001) pp. 423-437.
- [6] S.Fu, T.Kato, "RF-chopper for the JHF proton linac", NIM-A 440 (2000) pp. 296-306.