

Development of Beam Position Measurement System at LEBRA

K.Ishiwata^{1,A)}, I.Sato^{B)}, K.Hayakawa^{B)}, T.Tanaka^{B)}, Y.Hayakawa^{B)}, K.Yokoyama^{B)}, A.Mori^{B)}, K.Nogami^{B)},
K.Kanno^{A)}, T.Sakai^{A)}, K.Nakao^{A)}, T.Suwada^{C)}

^{A)} Graduate School of Science and Technology, Nihon University
7-24-1 Narashinodai, Funabashi, 274-8501

^{B)} Laboratory for Electron Beam Research and Application, Institute of Quantum Science, Nihon University
7-24-1 Narashinodai, Funabashi, 274-8501

^{C)} High Energy Accelerator Research Organization, KEK
1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801

Abstract

Ten BPMs were added into the beam line at LEBRA, and the total number of BPMs becomes 13 (six BPMs are in an accelerator straight line, four BPMs are in FEL beam line, three BPMs are in PXR beam line). A signal from each electrode of BPM is inputted into a RF detector through RF coaxial cable. The detected voltage is measured by means of the AD conversion board on PC. The beam position is derived from the voltage digitized data by a PC. It is reported about this signal acquisition system.

LEBRAにおけるビーム位置計測システムの開発

1. はじめに

日本大学量子科学研究所電子線利用研究施設(LEBRA)では、高エネルギー加速器研究機構(KEK)との共同研究により、電子線形加速器の高度化とその高度利用に関する開発が進められている。その中の1つとして自動制御システムがある。電子ビームの位置、エネルギー、ビーム電流の変動を制御する制御システムを構築してビーム軌道の長時間安定を試みる。全ビームラインにおいて電子ビームの位置および軌道を知るために、2003年9月および2004年4月にビーム位置モニター(BPM)の増設を行いBPMは全13台となり、ほぼ全ビームラインにおいてビーム位置のモニターが可能となった。これにより自由電

子レーザー(FEL)およびパラメトリックX線放射(PXR)の安定供給につながっていく。

2. BPMの増設

最初に設置したBPM3台がビーム軌道の制御に有効であることが確認されたので^[1,2]、同等のBPMを2003年9月に加速器直線部に4台(BPM1,2,3,5)とFELビームラインの90°偏向系に2台(BPM6,7)の計6台増設した。さらに、2004年4月には加速器出口に1台(BPM10)とPXRビームラインに3台(BPM11,12,13)の計4台増設した。これによりBPMは全13台となり全ビームラインにおいて電子ビームの位置および軌道を知ることが可能となる(BPMの設置場所は図1に

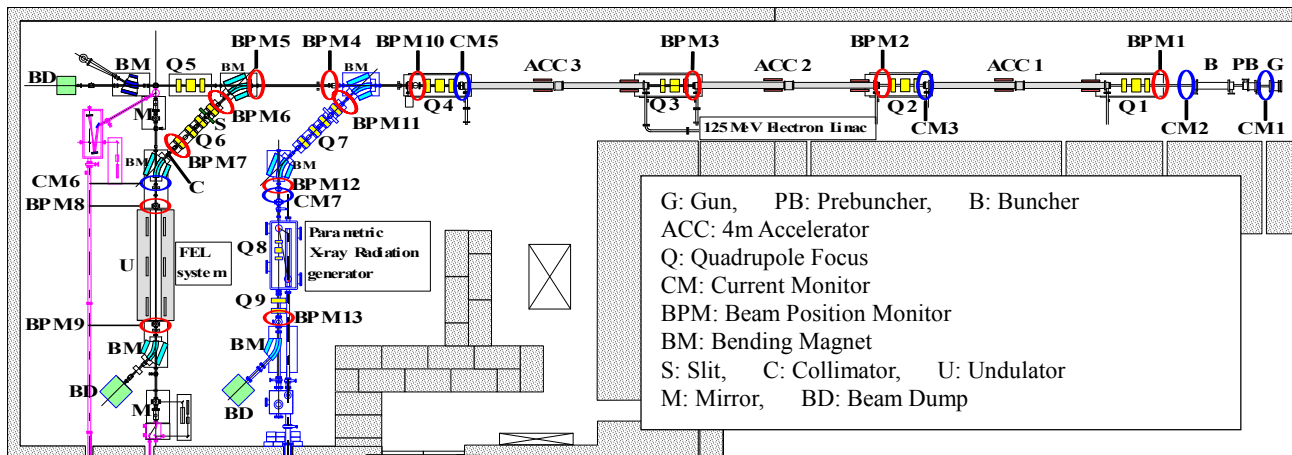


図1. ビーム位置モニターの設置箇所。

¹ E-mail: ishiwata@lebra.nihon-u.ac.jp

示す)。大半のBPMの増設には使用を中止した蛍光板ビームプロファイルモニターと交換することにより設置した。しかしBPM13は空間的余裕がなかったため、4極電磁石のビームダクトを新たに設計・製作したBPM付ビームダクトに交換した。このBPMの主な寸法を表1に示す。

表1. BPM13の寸法

全長	550 mm
モニター外径	67.5 mm
モニター内径	53 mm
電極長	26.25 mm
電極内径	42.8 mm
電極厚	1 mm
電極開口角	45°

3. ビーム位置計測システム

ビーム位置計測システムの概念図を図2に示す。BPMの各電極からの信号はRG-55/UもしくはRG-9B/U高周波同軸ケーブルを用いて、クリスタル検波器(Agilent Technologies製, 423B, 0.01~12.4GHz)に入力される。検波器で検波された信号は高速オペアンプ(National Semiconductor製, LM6364N)に入力され20倍に反転増幅される。この信号をビームパルス幅20 μ sの中心部で電圧のサンプル/ホールド(National Semiconductor製, LF398N)を行う(20倍反転増幅・サンプル/ホールド回路の写真を図3に示す)。これをPCIバスに接続されたインタフェース社の12ビットAD変換ボードPCI-3177Cをもちいて全BPM13台×4電極のサンプル/ホールドされた電圧をPCに取り込み、PCに取り込まれた電圧をRF電力に換算し次式によりビーム位置を導出する^[1]。

$$X = \sum_{i,j=0}^3 k_{xij} \left(\frac{\Delta_x}{\Sigma_x} \right)^i \left(\frac{\Delta_y}{\Sigma_y} \right)^j$$

$$Y = \sum_{i,j=0}^3 k_{yij} \left(\frac{\Delta_x}{\Sigma_x} \right)^i \left(\frac{\Delta_y}{\Sigma_y} \right)^j$$

$$\Delta_x = \sqrt{P_1} - \sqrt{P_3}, \quad \Sigma_x = \sqrt{P_1} + \sqrt{P_3}$$

$$\Delta_y = \sqrt{P_2} - \sqrt{P_4}, \quad \Sigma_y = \sqrt{P_2} + \sqrt{P_4}$$

ここで、 X : BPM中心から水平方向のビーム位置、

Y : BPM中心から水平方向のビーム位置、

k_{xij}, k_{yij} は較正係数、 P_1, P_2, P_3, P_4 はそれぞれ+X側,+Y側,-X側,-Y側の各電極からのケーブルケーブル減衰量を含めたRF出力電力である。

4. まとめと今後の課題

2003年9月に加速器直線部に4台とFELビームラインの90°偏向系に2台の計6台増設した。さらに、2004年4月には加速器出口に1台とPXRビームラインに3台の計4台増設した。これによりBPMは全13台となり全ビームラインにおいて電子ビームの位置およ

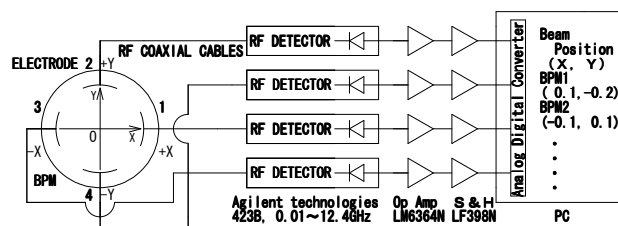


図2. ビーム位置計測システムの概念図。

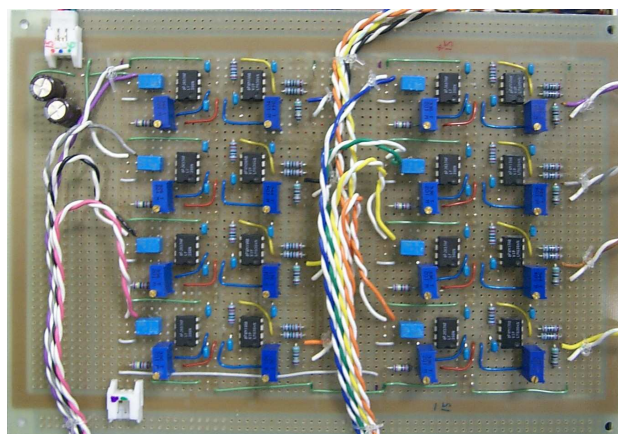


図3. 20倍反転増幅・サンプル/ホールド回路。

基盤1枚にBPM2台分8回路分が組み立てられている。これが10台分用意されている。FELビームラインとPXRビームラインに設置されたBPMは切り替えることによって使用している。

び軌道を知ることが可能となった。

現在、20倍反転増幅・サンプル/ホールド回路でサンプル/ホールドされた電圧をAD変換ボードを用いてPCに取り込むところまで出来上がっている。しかし、20倍反転増幅・サンプル/ホールド回路の校正が終了していないので校正を行い、性能の試験を行なう必要がある。また、ビーム位置を導出しているPCから加速器を制御するPCにビーム位置を送らなければならない。今後の課題として、加速器の運転条件パルス幅20 μ sで1点サンプリングでは加速器直線部では十分であるが、FELおよびPXRビームラインではビームパルス幅20 μ s内でビーム位置変動があり、これを読み取ることができないので、別のシステムを作らなければならない。

参考文献

- [1] K.Ishiwata, et al., "Development of Strip-Line Type Beam Position Monitor" Proceedings of the 21st International Linear Accelerator Conference, LINAC2002, Gyeongju, Korea, August 19-23, 2002, p178
- [2] K.Ishiwata, et al., "ストリップライン型ビームポジションモニターの研究" Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, Tokai, July 30 - August 1, 2003, p431