

[14B-01]

SIGNAL PROCESSOR FOR BPM USING LOG AMPLIFIER-DETECTOR

K. Yanagida^{*)}, T. Asaka, H. Hanaki, T. Hori, T. Kobayashi, A. Mizuno, S. Suzuki, T. Takashima and T. Taniuchi

Japan Synchrotron Radiation Research Institute, Accelerator Division,
Kouto 1-1-1, Mikazuki-cho, Sayo, Hyogo, 679-5198 Japan

ABSTRACT

A signal processor of the single shot BPM system has been developed at the SPring-8 linac. The latest design of an each signal processor is composed of a narrow-band BPF, a logarithmic detector amplifier, a peak hold circuit and a 16bit ADC. As a result of the test for a prototype, resolution was several micrometers and an input current range was 0.2~50mA for 40ns pulse beam, 10mA~2.5A for 1ns pulse beam.

対数増幅検波回路を用いたBPM信号処理回路

1. はじめに

SPring-8線型加速器では平成7年頃よりビーム位置モニタ (BPM) システムの設計・開発を行っている。BPM本体は信号強度の大きな静電型ストリップラインモニタとし、シングルパルス、1ns、40ns及び1 μ s等様々なビームパルス幅に対応するため、検波周波数を2.856GHz、即ちストリップライン長を27mmとした。平成10年度にBPM本体の試作を行い、試験の結果が良好であった32mmBPMを平成11年度中に発注した。これら32mmBPMは平成12年度夏期停止期間中に設置される。

一方、信号処理回路は、検出するビーム電流範囲が広いことから、ダイナミックレンジの大きなLOG演算方式を採用することにした。平成11年度に試作機の製作を行い、ベンチ試験および実ビーム試験を行った。その結果、十分な性能が得られたとして、VMEと接続可能な実機対応型の信号処理回路を現在製作中である。本研究会ではこの信号処理回路の設計および試験結果について述べる。

2. 信号処理回路試作機の設計

図1は実機対応型信号処理回路のブロックダイヤグラムである。グレーで囲まれた部分は今回試験を行った試作機分である。BPF (バンドパスフィルタ) モジュール及びディテクタモジュールは共にNIM 2幅のモジュールであり、各々4チャンネル分の回路及び入出力を有する。

BPM本体から出力された信号は約20mの同軸ケーブルで伝送された後、BPFモジュールへ入力される。BPFモジュール中には、2空洞型のBPFユニットが設置されている。中心周波数は2.856GHz (@25 μ m)、バンド幅は10MHzである。このバンド幅は続くLOG増幅器ユニットの立ち上がり特性 (40ns) [1] から必然的に決まる。BPFユニットではパルス幅の短いRF信号を80ns以上へ引き延ばすのと同時に、単一周波数化も行っている。

BPFモジュールから出力された信号はディテクタモジュールの2.856GHz LOG増幅器ユニット (図2) へ入力される。このLOG増幅器ユニットは入力保

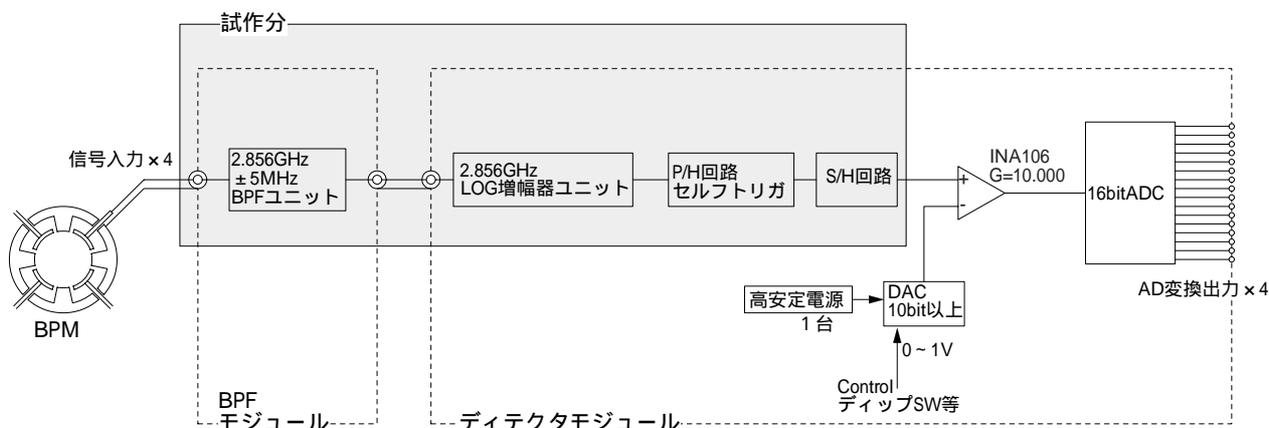


図1 BPM信号処理回路のブロックダイヤグラム

^{*)} K. Yanagida, 0791-58-0851, ken@spring8.or.jp

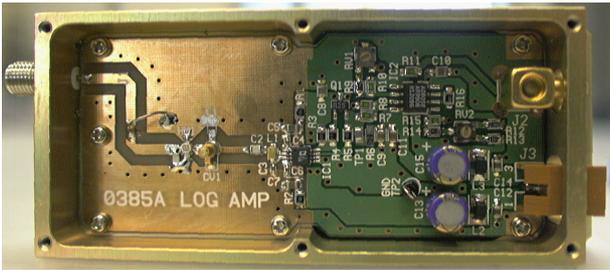


図2 2.856GHz LOG増幅器ユニット

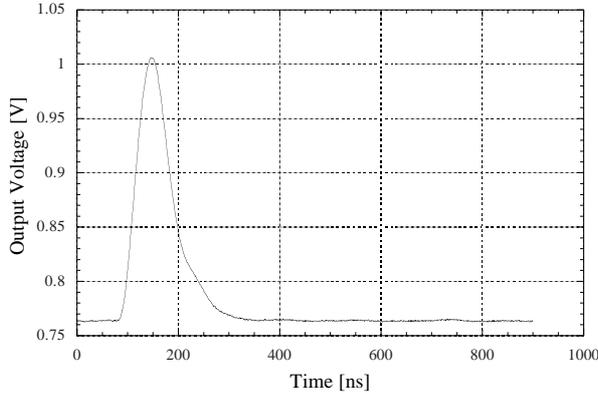


図3 LOG増幅器ユニットの出力信号波形
シングルパルス（パルス幅175ps）入力時

護用LCフィルタ（2.856GHz、バンド幅100MHz程度）、LOGディテクタ（ANALOG DEVICES社製AD8313）及びオフセット&ゲイン調整回路から成る。図3はLOG増幅器ユニットの出力信号波形である。この信号をセルフトリガによってピークホールド（P/H）し、サンプルホールド（S/H）したものを出力する。

3. 信号処理回路試作機の試験

3.1 ベンチ試験

恒温槽を使用し、温度一定条件下及び温度変化をさせた場合に就いてベンチ試験を行った。シンセサイザから出力されたCWの2.856GHz RF信号をLOG増幅器ユニットに入力し出力を測定した（図4）。図中、Ch2の特性が大きくずれているのはオフセット&ゲイン調整（固定抵抗と可変抵抗で調整）を直線域から外れた-60dBm及び-20dBmで行った為である。

図5はスロープ[V/dBm]、即ち出力曲線の微係数である。概ね0.021V/dBm程度でフラットトップを形成している。LOGディテクタはIC内部に9個のディテクタセル[1]を使用しており、ディテクタ切り替えに因るスロープの段差が発生すると思われたが、結果は小さく、数 μ 程度の分解能は可能だとわかった。

計算機による入出力補正（三次曲線で近似）を

行くと仮定すると、フラットトップの90%程度が実用的なダイナミックレンジとなり、入力パワーでは-50dBm ~ -3dBmとなる。

図6はベンチ試験の結果から計算された測定可能なビーム（平均尖頭）電流を示している。但し、ケーブルロスを含んでいない。図からシングルパルスビーム0.04 ~ 10A、1nsビーム0.01 ~ 2.5A、40nsビーム0.2 ~ 50mA、1 μ sビーム0.07 ~ 18mAが測定可能な電流レンジであることがわかる。

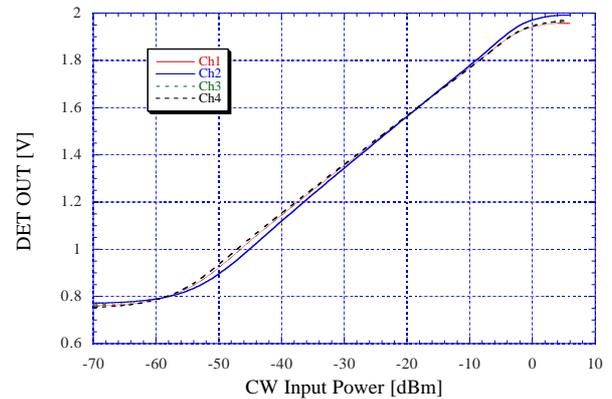


図4 LOG増幅器ユニットのCW入出力特性

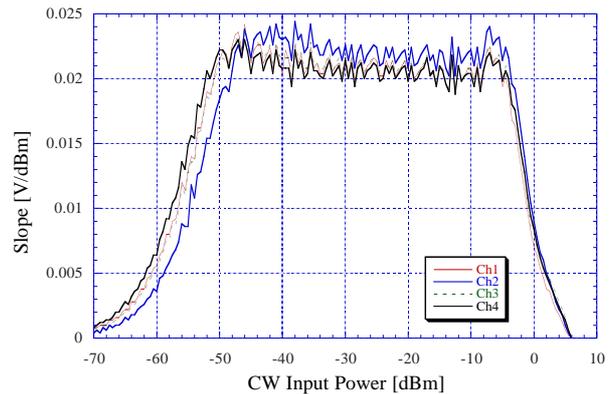


図5 LOG増幅器ユニットのスロープ特性

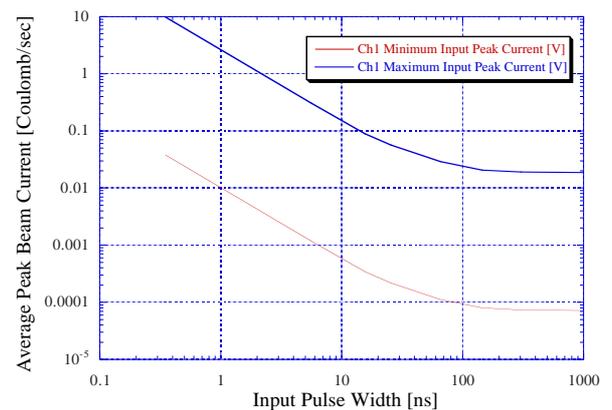


図6 ビームパルス幅に対する測定可能なビーム電流

図7はLOG増幅器ユニットの温度1 当たりの出力変化率である。Ch1、Ch4の変化率が近く、Ch2、Ch3の変化率が近い。これから、温度1 当

たりの位置のずれをログレシオ法[2]で計算すると、X方向が10 μm に対し、Y方向が2 μm となる。

一方、図8はBPFユニットの温度1 当たりの出力変化率である。Ch3のみ特性がずれているのは、調整時の温度が他のチャンネルのものとは異なっていたと思われる。温度1 当たりの位置のずれを計算すると、X方向及びY方向共に2 μm となる。

恒温槽を25 に設定してBPFユニットの中心周波数を測定すると2.8564GHzであった。周波数の変化率が-44kHz/ と測定されているのでBPFユニット付近の温度は34 と云うことになる。これはBIN電源等からの熱が伝導して入り込んでいた為である。

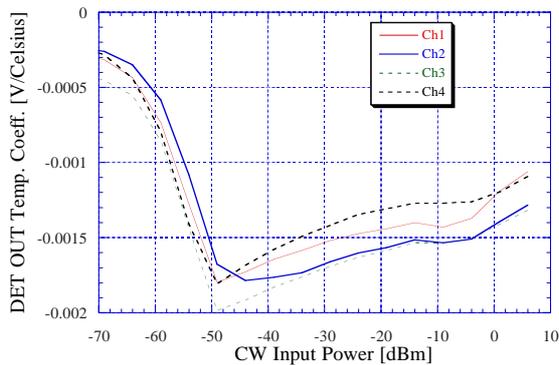


図7 LOG増幅器ユニットの出力温度変化

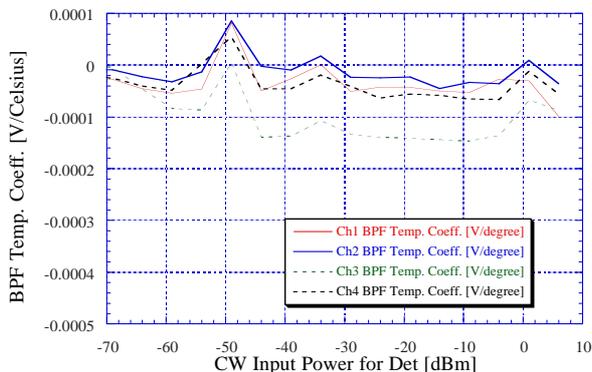


図8 BPFユニットの出力温度変化

3.2 実ビーム試験

マシン運転環境下でのノイズレベル等を評価するため、信号処理回路をクライストロン室に置き実ビームのRF信号を入力して信号処理回路出力を観測した。

図9はステアリング電磁石励磁電流を変化させた時にBPMからの信号を処理し、差分を取ったものである。X方向は直線的に変化しているのに対し、Y方向は揺らぎを持って変化している。Y方向の変化はステアリング電磁石及びBPMの基準面が完全に一致していない為である。この揺らぎは位置に換算すると $\approx 6.7\mu\text{m}$ である。この値はビーム自身の揺らぎを示していると思われる、BPMシステム自

体の分解能は数ミクロン程度だと思われる。

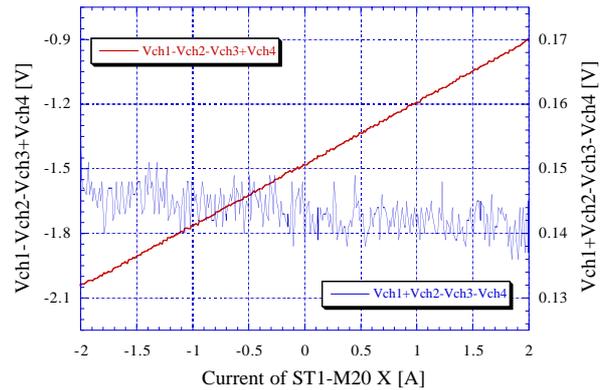


図9 実ビームをX方向に動した時の出力差分

4. 実機対応型信号処理回路の設計

基本的には試作機を踏襲し、その後段に差動増幅器 (BURR-BROWN社製INA106) を置く。差動増幅器のオフセット電圧をDACで調節し、ケーブル・コネクタ等によって発生する減衰の個体差を吸収する。最終段には16ビットADCを置き、VMEへの出力はデジタル信号により取り合う。

5. まとめと今後の課題

LOG増幅器ユニットに就いて、ゲイン&オフセット調整は-45dBmと-15dBmの2点で行うのが適当であろう。スロープは0.0200V/dBmとする。温度変化の対策としては特性の揃ったものを4台選別して使用するのが適当であると考えます。

BPFユニットに就いて、試作した2空洞型 (バンド幅10MHz) がスペクトルのフラットネス (図10参照) から適当と考える。但し、4台のBPFの中心周波数一致精度は0.1 で10kHz程度は必要である。中心周波数は設置環境温度に合わせて調整する必要がある。

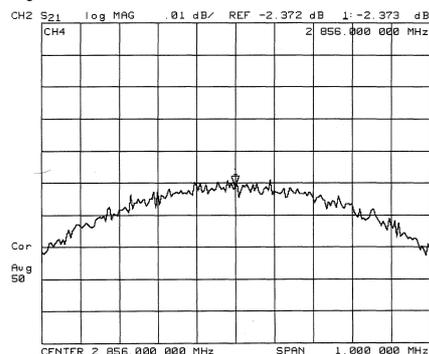


図10 BPFユニットの透過スペクトル

(@33.8 、横軸100kHz/div.、縦軸0.01dBm/div.)

参考文献

- [1] Data Sheet of AD8313, ANALOG DEVICES
- [2] F. D. Wells et al., "Log-Ratio Circuit for Beam Position Monitoring", AIP Conf. Proc. **229**, p. 308 (1991)