

## TRIGGER SYSTEM FOR REAL TIME RF PULSE SHORTENING

M. Ikeda, S. Ohsawa, Y. Yano, T. Kamitani, T. Sugimura  
Accelerator Laboratory, High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

### Abstract

When there was RF reflection by electric discharge in the C-Band acceleration unit, the system which suspends RF output immediately on real time was made by means of PIN diode switch in a low-power RF drive system. It requires trigger signals for suspending RF output and making damage small by discharge. A trigger system for the Pin diode switch has been made and in use, which generates triggers in a very short time as short as 25ns.

### リアルタイムRFパルス短縮用トリガシステム

#### 1. はじめに

KEK電子陽電子入射器はKEKBファクトリー実験用リングに8.0GeV電子ビームと、3.5GeV陽電子ビームを入射している。現在検討中のSuperKEKB計画[1]では、陽電子蓄積リング(LER)での光電子によるビーム不安定性の対策として、電子と陽電子のエネルギーを入れ替えて陽電子を8.0GeVに増強しようと考えられている。しかし電子陽電子入射器では、陽電子の加速を行う2セクター後半部分は現状のままでは、4 GeV強の加速能力しかない。そのため、現在の加速電界を2倍にするために、2セクター以降の各加速ユニットをS-Band(2856MHz)タイプから、C-Band(5712MHz)タイプに更新するための試作、試験を行っている。[2] 加速管の第1号試作機を入射器の運転ライン(4-4)に組み込みRFエージングを行っている。エージング中に発生する加速管からの放電による反射波がクライストロンや加速管を損傷させないように保護するために設けられているVSWRメーターのインターロックにより、RFパワーが停止される。しかし、このインターロックでは、放電が起きたRFパルスを直ちに停止できず、1パルス分のRFパワーを出し続けてしまう。ここで用いている加速管に供給するためのRFパルスは、パルス幅500nsec、繰り返しは、50ppsである。[3] 放電により発生した反射波を素早く検知して、RFパルスを直ちに停止すればクライストロンや加速管などに及ぼす損傷を低減できる。今回、その反射波形をDiscriminatorモジュールにより検出して、そのトリガ信号をRF Pin Switchモジュールに送り、直ちに停止させるものである。このシステムでは検出からトリガ信号発生までの応答時間が25nsecで動作させることができた。

#### 2. システム構成

RFパルス短縮用トリガシステムの全体構成は、図1に示すとおりである。クライストロン出口付近の導波管に設けられたベータホールカプラーから反射波のRF信号をもらい、それを検波器で負の信号に

検波する。それをディスクリミネーター回路に入れ、NIMレベルのトリガー信号を発生させる。このモジュールは、負パルスの入力信号が設定した閾値を超えたエッジでトリガを発生させ、決められたパルス幅のNIM信号を出力する。一方Pin diode switchモジュールはTTLで動作するので、NIM-TTL変換モジュールによりTTLレベルに変換した後のトリガ信号をRF Pin Switchモジュールに送る。検出からTTL信号に変換されるまでの遅延時間は約25nsである。

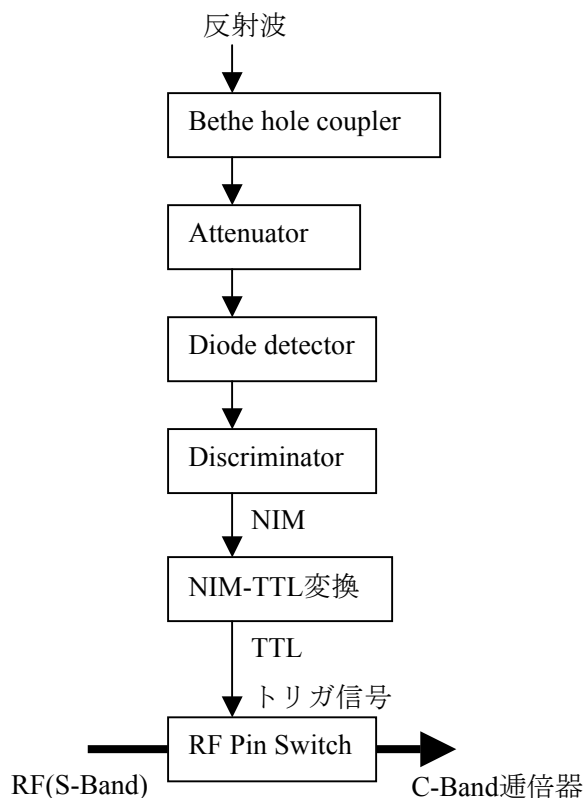


図1: RFパルス短縮用トリガシステムの構成

### 3. 検出用モジュール

今回使用した放電による反射波形の検出に用いた Discriminatorモジュールは、KEK回路室の貸し出し品「Quad Non-Updating Discriminator」である。

Discriminatorモジュールの諸特性を表1に示す。[4] また、反射波検出から、トリガ信号出力までのタイミングを図2に、実際の機器を図3に示す。

表1 : Discriminatorの諸特性

入力CH数	4
入力インピーダンス	50Ω
入力信号閾値	-40mV~-800mV
入力最小感度幅	2ns(入力信号-100mV時)
入力保護電圧	+0.7V~-6V
最大周波数	57MHz(入力信号-100mV時)
NIM出力数	3(反転出力数1)
立ち上がり時間	1.2ns(2.2ns:注)
立ち下がり時間	1.5ns(1.6ns:注)
In-Out時間	10ns

注) 反転出力

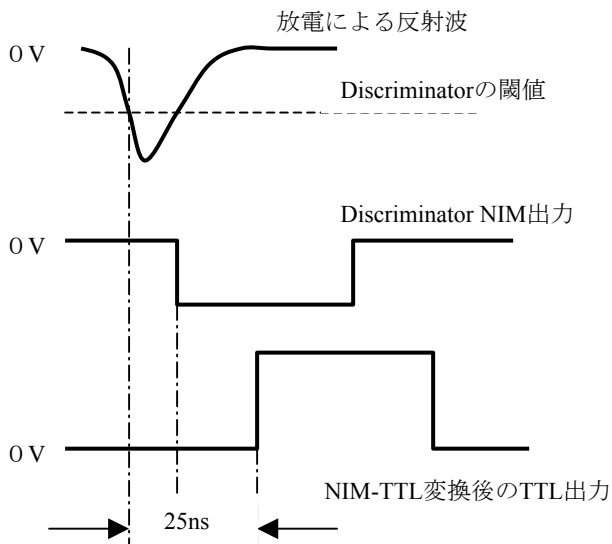


図2 : 反射波検出からトリガ信号出力までの関係

ここで使用した検出用 Discriminatorモジュールは、図3の最上部NIMビンケースの左端に設置されており、そこからのNIM信号をTTL-NIMレベル変換モジュールTTL変換され、ラック中央部にあるRF Pin Switchモジュールに送られている。

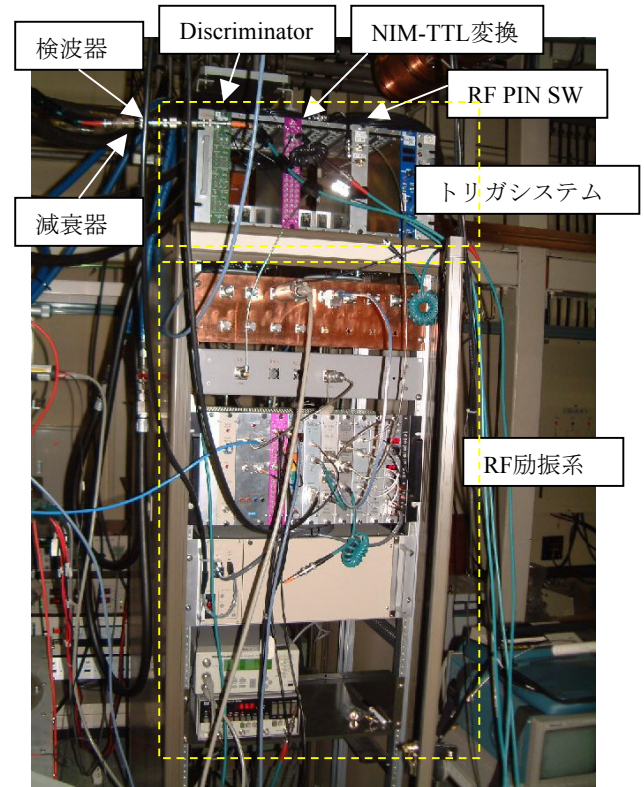


図3 : RFパルス短縮用トリガシステムとRF励振系

### 4. RFパルス短縮動作

このトリガシステムを動作させて、C-Band加速管のエイジングに用いた。放電による反射を Discriminatorモジュールで検出し、RF Pin SwitchモジュールでRF出力パルスを短縮させることを確認し、図4以降にパルス短縮動作を表すオシロスコープ波形を示す。

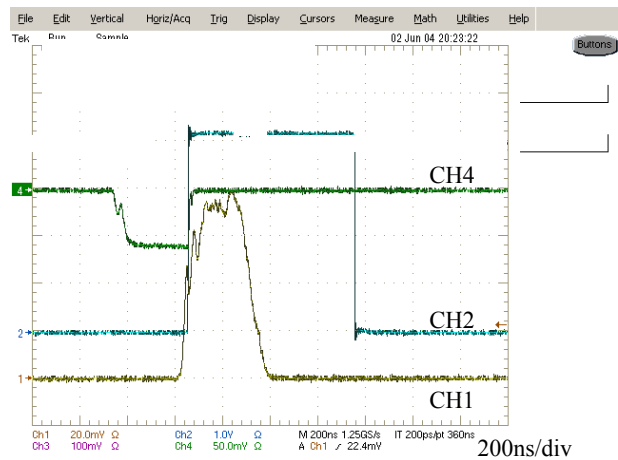


図4 : CH1 加速管からの反射波形  
CH2 Discriminator出力 (TTL変換後)  
CH4 PIN SWモジュール出力RF波形 (S-Band)

図4は、PIN SWモジュールで短縮されたRFパルス波形(CH4)を示している。図5に見られるように正常であればパルス幅が500nsecであるが、図4では300nsec程度に短くなっていることがわかる。

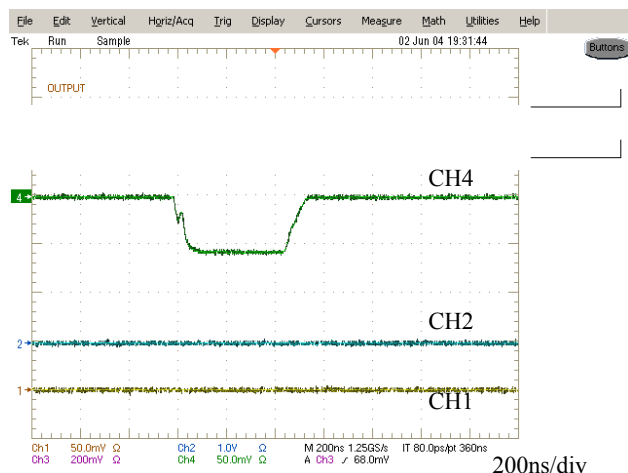


図5：反射波がない場合

図5はパルス短縮動作が発生しない正常な時の、PIN SWモジュール出力RF波形(CH4)である。

図6と図7は、実際にC-Bandエージングに使用した時のパルス短縮動作を示す。

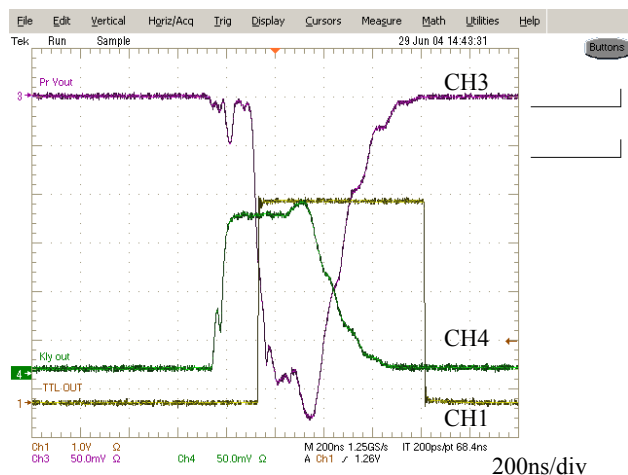


図6：放電を検出しトリガ信号がRF波形を短縮した場合の波形

- CH1 Discriminator出力 (TTL変換後)
- CH3 加速管からの反射波形
- CH4 クライストロンの出力RF波形

クライストロン出力波形(CH4)を放電発生時(図6)と正常時(図7)を比較すると明らかに放電発生時にRFのパルス幅が短縮されている。但し、Discriminatorモジュール出力発生からクライストロ

ン出力が減少するまでに約200nsの遅れがある。これはDiscriminator回路からクライストロンまで色々な素子があるためである。[3]

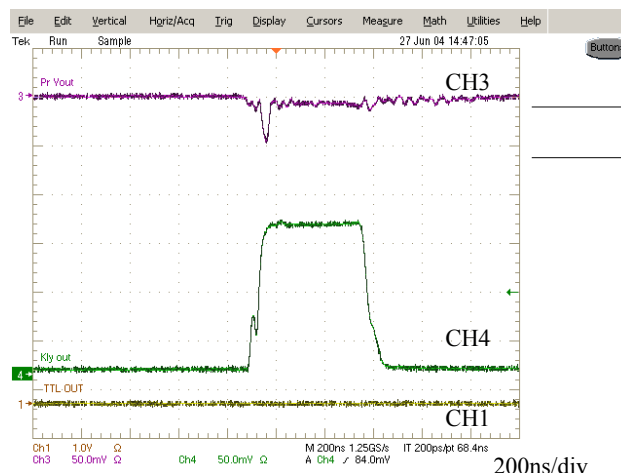


図7：反射波がない正常な場合閾値に達しないため、短縮動作が起きていない

## 5. 今後の課題

反射波のオシロスコープ画像からわかるように、放電による反射が起こった場合に確実にRFパルス幅を短縮していることが確認できた。今後はより早い時間にトリガがかかるように改善したい。

## 6. 謝辞

今回のシステム構築に際して使用することになったDiscriminatorモジュールを快くお貸しいただいたKEK素核研の回路室の方々に深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] "Expression of Interest in A High Luminosity Upgrade of the KEKB Collider and the Belle Detector", By I.Abe, et al., Jan. 2002  
<http://www-kekb.kek.jp/SuperKEKB/Document/EoI.pdf>
- [2] 紙谷琢哉ほか、"SuperKEKB計画のためのCバンド加速管開発の現状", Proceedings of the 14<sup>th</sup> Symposium on Accelerator Science and Technology, Tsukuba, Japan, November 2003
- [3] 矢野喜治ほか、"リアルタイムRFパルス短縮システム", in these proceedings.
- [4] Susumu Inaba, et al., "NIM Standard module for counter experiments at the KEK" KEK-EXP. FACILITIES-77-2, June 1977