

# A Study of Single Bunch Acceleration at INS 1.3 GeV Electron Synchrotron

T. Fukushima, K. Hasegawa \*, Y. Hosono \*, Y. Miyahara \*\*,  
E. Tojyo, and K. Yoshida

Institute for Nuclear Study, University of Tokyo

\*Department of Nuclear Engineering, University of Tokyo

\*\*Institute for Solid State Physics, University of Tokyo

## Abstract

One of the purposes of the INS electron synchrotron has been to inject electrons into the 300 MeV storage ring (SOR-RING). For the single bunch operation of the SOR-RING, it is needed to accelerate single pulses in the synchrotron, and hence to accelerate short pulses in the injector linac. A short pulse generator for the electron gun has been prepared with use of avalanche transistors.

## § 1 はじめに

東大原子核研究所のキャンパスには物性研究所によって運用されている400 MeV の電子蓄積リング (SOR-RING) があり、核研1.3GeV電子シンクロトロン (ES) がそれへの入射器となっている。電子シンクロトロンでは15 MeVライナックから入射された電子を種々のエネルギー (>500 MeV) に加速して素粒子原子核の実験に使うが、蓄積リングへの入射はシンクロトロン内の電子のエネルギーが300 MeV に達した瞬間にファーストキッカーマグネットを作動させて行う。シンクロトロンの繰り返しは21Hzであり、SOR-RINGへのビームの取り出しは1Hzで行われるので、素粒子原子核実験のためのビームはその平均強度が約5%減るのみである。このようにして約30分で蓄積リングに必要な電流をためることができる。打ち込みは毎日、朝、昼、晩の3回行われる。

ところで電子蓄積リングは放射光利用の必要上、時として単バンチ運転される。SOR-RINGでは現在のところ、全バンチに電子をみたとすうえ、rfノックアウト法で単バンチを得ている。この方法はしかし、始めから一個のバケットに電子をみたとすのに比べ、明らかに蓄積電流値で不利である。そこで核研でも単バンチ入射をやりたいが、ライナックで短パルスを加速して直接、蓄積リングの特定バケットへ電子を打ち込むのと異なり、間にシンクロトロンが介在しているので、少々めんどろである。また、核研の入射ライナックの電子銃は簡便のため、短パルスの発生には極めて不利な構造になっている。このような事情はすべて、強力なグリッドパルサーを作ることに、しわよせされているが、ある程度の予備実験の成果がえられている。

## § 2 SOR-RINGの単バンチ運転

SOR-RING で単バンチ運転を行うためには次の条件を満たさなければならない。 1) SOR-RINGのrfとESのrfの同期がとれること。 2) ESで単バンチ運転ができること、そのために入射ライナックで十分に短いパルスの加速ができること。

### SOR-RINGとESのrf同期

SOR-RINGとESのrfにかんするパラメーターは表1のようになっている。

表1 核研電子シンクロトロンと物性研電子蓄積リングのrf

	rf Frequency	Harmonic No.	Revolution Freq.
ES	138.0 MHz	16	8.63 MHz
SOR-RING	120.8 MHz	7	17.25 MHz

上の表のRevolution Frequencyをみると、ESの周長とSOR-RINGのそれは2 : 1 になっていることがわかる。従って、例えば次のようにして両者のrf同期をとることが可能である。

$$120.8 \div 7 = 17.25, \quad 17.25 \times \frac{1}{2} \times 16 = 138.0$$

つまり、SOR-RINGのrf周波数の1 / 7 分周をとり、それを8 通倍すれば、ESの周波数が得られる。これは実際にテストしてみたところ、問題なく両者の同期運転が行える事がわかった。

#### ESの単バンチ運転

ESとSOR-RINGのrf周波数を比べてみると、SOR-RINGの特定バケットへ入射するにはESで単バンチ運転することが必要にして充分な条件であることがわかる。ESのrfの周期は

$$1 / 138 \mu\text{sec} = 7.2 \text{ nsec}$$

であるから、入射ライナック、従って電子銃で少なくともこれ以下の短パルスが発生する必要がある。

### § 3 核研の電子銃パルサー

核研入射ライナックの電子銃は、もともとボンバーダー型の二極管であった。それを三極管に変えるに際しては、通常なら高圧パルサーのパルストランスのうゑにグリッドパルサー用のステージを設置するか、ないしは絶縁チョークを用いてアースレベルからグリッドパルスを送ることになる。しかしそのどちらもコストとスペースの点で好ましくなく、核研独自の方法を採用した。それは図1に示すように、パルストランスの二次側に同軸ケーブルを巻き、アースレベルに置いたグリッドパルサーからパルスを送るやり方である。これは通常用いている 3 μsec 程度のパルスに対しては全く問題なく働き、成功であった〔1〕。しかしいまの目的

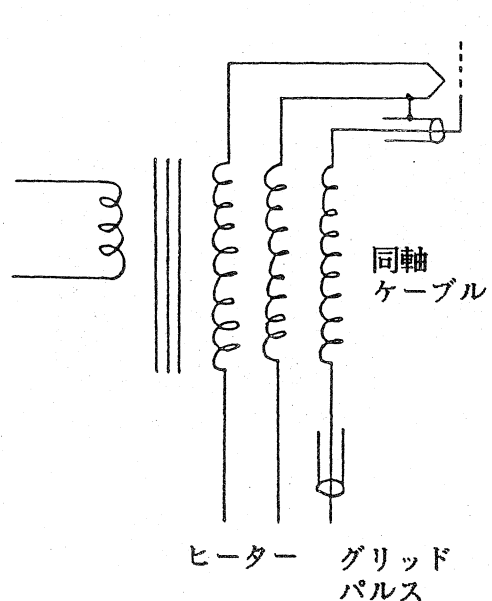


図1 核研電子銃高圧のパルストランス

のようにnsec程度の短パルスを送ろうとするときは決定的に不都合である。なぜならば約70mに及ぶ同軸ケーブルのなかでのロスが高周波成分にたいしてきつく、短パルスは立ち上がり立ちさがりが著しく、なまってしまうからである。現在、少しでも速く、少しでも高い電圧のパルサーが求められている折りに、とんでもない話のようだが我々は同軸ケーブルにロスの少ないものを選ぶことによって、またグリッドパルサーに高電圧を発生させることによって、あえてこの方式でやってみるつもりである。この計画はSOR-RINGの単バンチ運転の目的が設定されて始めたというより、東大工学部長谷川研、特に細野氏に核研の高電圧パルサーの固体化について種々協力していただいていることの一環でもあるからである。

さて、問題の同軸ケーブルであるが、パルストランスへの巻きやすさも考慮して表1のような特性のケーブル（潤工社DSF040）を選んだ。このケーブルを約70m通した後、電子銃のグリッ

表1 グリッドパルス伝送用同軸ケーブル (DSF040) の特性

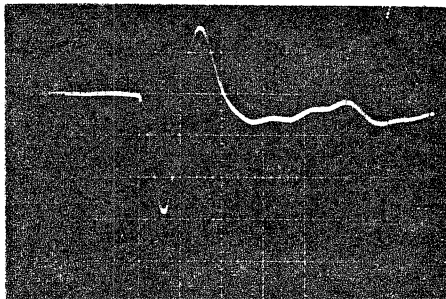
内部導体径	0.96mm	インピーダンス	50Ω	絶縁耐圧	1000V /min
絶縁体外径	2.65mm	静電容量	95pF /m	絶縁材料	FEP
仕上り外径	3.95mm	導体抵抗	33 Ω/km	波長短縮率	70 %

減衰量 (dB/km) 17 (1MHz), 56 (10MHz), 180 (100MHz), 360 (400MHz)

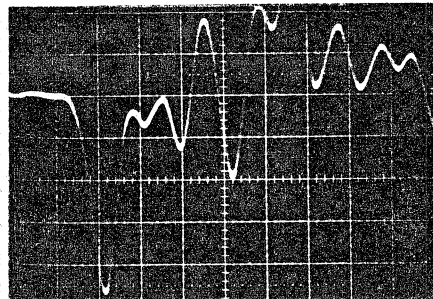
ドにかかっている-200Vの電圧の上へ500~800V、幅5nsec程度のパルスが頭を出すことをめざしている。

#### §4 テスト結果

グリッドパルサーはアバランシェトランジスターを15段重ねたもので、最大5kVをかけられる。ケーブルでのパルスの減衰はパルスの幅によるが2~3nsecでピーク値が1/3くらいになる。従って相対的にパルス幅が拡がることになる。図2に得られた結果の例を示す。この例では電子銃の端子のところに適当な長さのケーブルと抵抗をつけてパルスをクリップし、立ちさがりをシャープにしている。



a) 電子銃端子でみたグリッドパルス  
10nsec/div  
2V/div (1/100 減衰器つき)



b) ファラディカップでみた  
電子銃ビーム  
10nsec/div  
130mA/div

#### 参考文献

- (1) E.Tojyo et.al., Proceedings of the 7th Meeting on Linear Accelerators, p.20