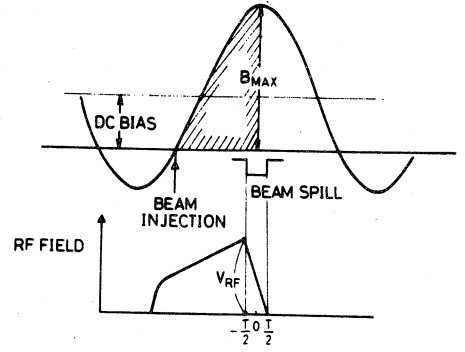


東大原核研究所電子シンクロトロンにおけるBeam Spillの改善

福島敏孝 片山武司 山川達也 (東大核研)

核研1.3GeV電子シンクロトロンでは、加速高周波にAMとFMをかける方法によりBeam Spillを時間的に長く均一にしている。Spillの均一性は、 γ 線、電子線を用いたCounterによる精密実験によって極めて重要である。

シンクロトロンは、21.5 Hzで運転されており図1に示す様に加速の終段で高周波電圧を徐々に小さくして平衡軌道をゆっくりと内側に寄せ、中心軌道内側約20mm位の場所に固定されたRadiatorに電子を当てることにより γ 線に変換している。



或いはCurrent stripを用いてResonant Methodで電子線を取り出している。平衡軌道のshrinkが一様に行く場合は、所要の均一なSpillが得られるが、軌道を与える電子の強度が増加して加速空間と電子の相互作用が大きくなるとshrinkが単調でなくなる。そのためSpillが時間的にBunchした不均一なものとなる。特に電子のエネルギーが低くて軌道放射損失が少ない場合この傾向が顕著である。この問題を解決するため加速高周波にFMをかけるシンクロトロン振動に擾動を与えて電子を徐々に安定領域外に落とすという方法を考案した。

高周波加速装置のBlock Diagramを図2に示す。AMはFunction Generatorによって作られる大体1/4 dutyののこぎり波を8F68のGridに加えて行われ、FMは図3に示すGate回路の信号をCrystal Osc.の変調部に入れて行われる。

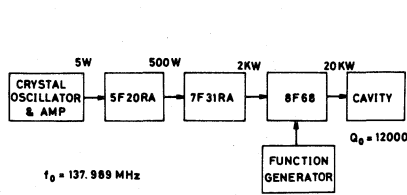


Fig. 2

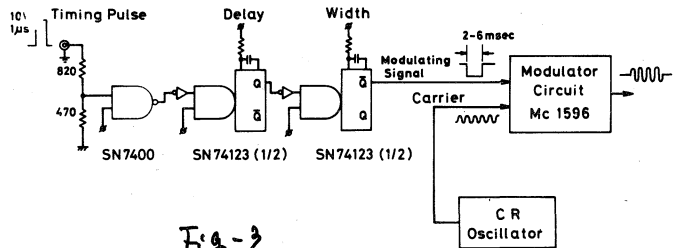


Fig. 3

このSystemは既に5年前にわたって有効に実験に使われてきた。しかし最近Beam Intensityの増大にともなうSpillの均一性を得るためにFM周波数をSweepさせる必要が生じた。FM周波数のSweepは図4にBlock Diagramで示した回路で行った。その結果加速電流が約80mA以上の場合でも3msの幅にわたって一様なSpillを得ることに出来た。

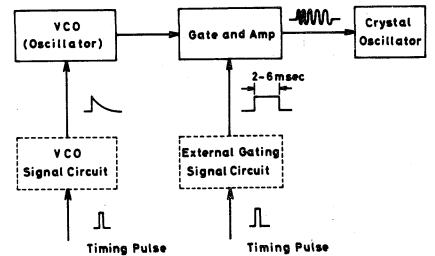


Fig. 4

FMの擾動によってシンクロトロン振動に共鳴を起させて安定領域外にBeamを落とす現象を詳しく調べようために次のような実験を行なった。Beam強度を出さずだけ小さくしてBeamとCavityとの相互作用を少なくし、Top Energyの所でFMにより共鳴を起してBeamが安定領域外にこぼれたRF電圧とFM周波数の関係について調べた。図5~7はこの結果を示す。

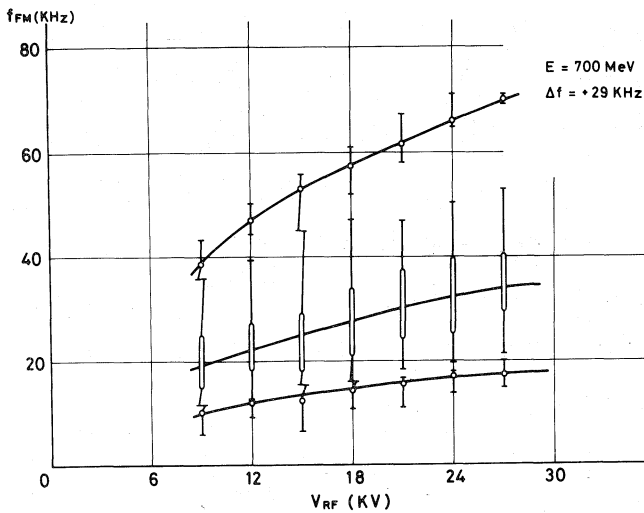


Fig. 5

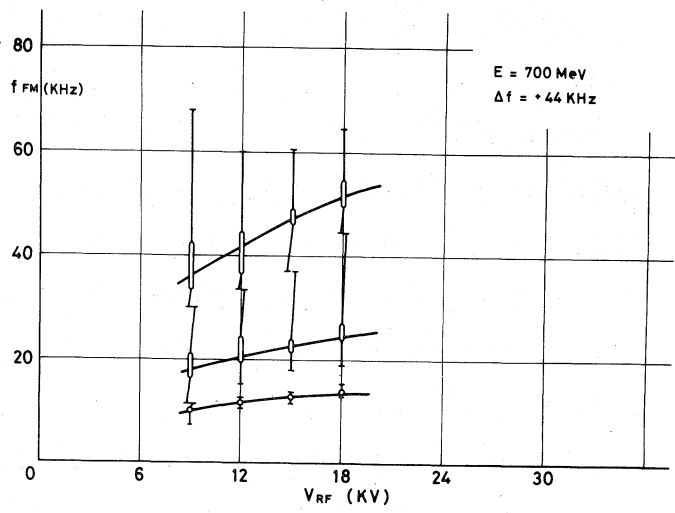


Fig. 6

共鳴を起す系列がいくつか存在すること判明した。次にRF電圧を一定に保って、FM周波数によりBeamが安定領域外にこぼれる程度を測定した。図8はその結果を示す。一番共鳴の強いFM周波数を Ω とすると、 2Ω 、 3Ω 、 \dots の順となった。一般にパラメトリック共鳴は、擾動周波数(今の場合は ω_{FM})と擾動のない場合の系の固有振動数(Ω)との間に次の様な関係がある時共鳴を起す。 $\omega_{FM} = \frac{2\Omega}{n}$ n : 整数 として次数の低い程共鳴が大きいことが知られている。我々の場合にもFMによって上記のパラメトリック共鳴を起しているものと思われる。

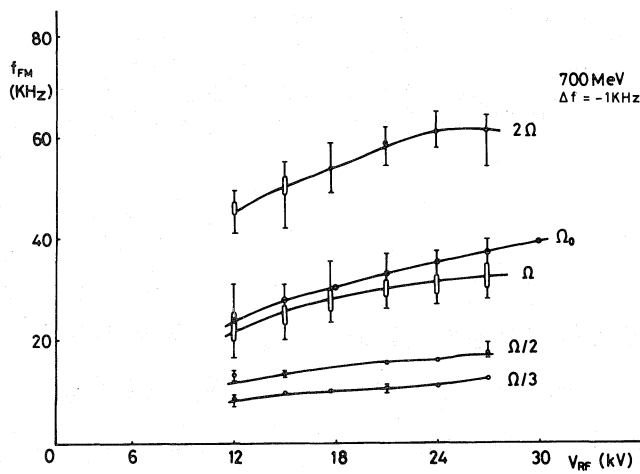


Fig. 7

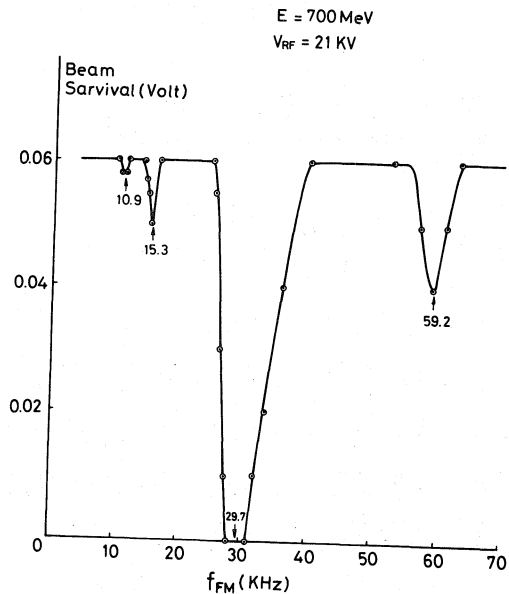


Fig. 8

参考文献 Annual Report of Institute for Nuclear Study University of Tokyo, 1967, The Electron Beam Debunching with RF perturbations. p31~32

T. Fukushima et al. (INS, TH. 72) 1971