

T. Shidara, S. Anami, S. Fukuda, Y. Saito, H. Honma,  
K. Nakao, H. Hanaki and J. Tanaka  
National Laboratory for High Energy Physics

## ABSTRACT

The rf system of the Photon Factory 2.5 GeV electron linac injector was operated for about 3,500 hrs during the last year. The present status of the rf system will be reported. Troubles encountered during this operation will also be reported.

## 1. まえがき

放射光実験施設入射器用 2.5 GeV 電子線型加速器のマイクロ波源は、昨年 6 月の営業運転開始以来 7 月までに約 3500 時間運転されている。本稿ではマイクロ波源各部<sup>1)</sup>の故障状況とその改造点及び運転状況について報告する。

## 2. メインブースター増幅器

今年 6 月、メインブースター増幅器に使用していたクライストロン(ウァリアン社製; 3 KM 3000 LA) の focus electrode-cathode 間の絶縁耐圧が劣化したので予備品と交換した。原因については現在調査中である。メインブースター増幅器の改造点としては、入力の電力ラインに AVR を増設したことがあげられる。Proton Synchrotron 運転時に起こる 1/2 Hz の入力変動を抑制することにより、出力 RF の短時間及び長時間安定度が向上した。

## 3. サブブースター増幅器

モジュラーのスイッチャー<sup>2)</sup>として使用している 4PR60 を耐電圧劣化により 4 回交換した。完全に Break down したわけではなく放電回数が多くなったためである。現在、4PR60 用のエージング装置である程度選別してから現場で使用するようにしている。

## 4. 大電力クライストロン増幅器

昨年度故障により交換したクライストロンのセットは合計 9 台で故障の内訳は耐電圧の劣化によるもの 5 台、出力 RF 窓に Pin hole のあったもの 4 台であった。耐電圧の劣化という現象については前回報告されている<sup>3)</sup>。今回、耐電圧の劣化したクライストロンを分解して調べてみると、カソード電極-アノード間に放電の跡が見られカソード面上に Cu の粒子が多数付着していた。Cu の粒子はコレクター部<sup>4)</sup>の一部を汚したもので、これは出力空洞通過後の電子ビームがコレクター部において適当に分散しなくてごく一部の領域に集中したためと考えられる。我々のクライストロンにおいては集束磁石として永久磁石を採用している。永久磁石のコレクター部における磁界分布を測定した所、広範囲にわたる強い磁界が残っていることが判明した。(図 1 参照) この永久磁石特有の反転磁界によりコレクター部に到達した電子ビームが散

すると逆に集束されたものと考えられる。このコレクター部の反転残留磁界をなくすために、我々はコレクター部の放射線シールド用鉛円筒の内側に鉄パイプを挿入した。その結果図1の点線に示されるようにコレクター部の30cm以上にわたり300G以下の磁気シールドが達成された。耐圧劣化の顕著である他のクライストロンについても同様の現象が進行しているのと考えられるので全数についてコレクター部の磁気シールド処理を施した。

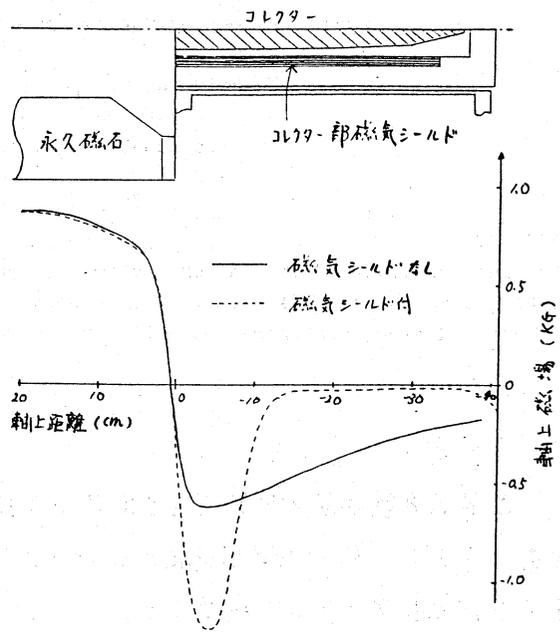


図1 コレクター部における磁界分布

出力RF窓に Pin hole があり交換1スクリューネード4本アスタが、現在稼働中のクライストロンの中には確実に3本 Pin hole があるものと推定される。図2に Pin

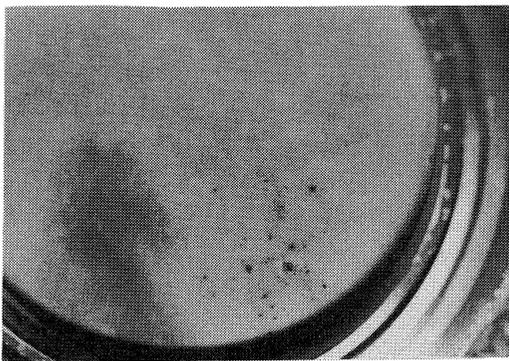


図2 Pin hole のあるクライストロン出力窓

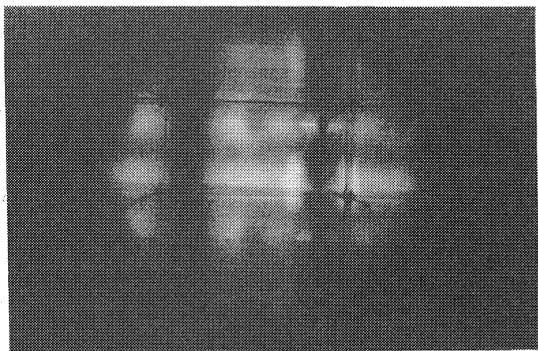


図3 クライストロン出力窓の放電

hole のあるクライストロンの出力RF窓の写真、図3に放電の様子を示す。この原因については現在調査中であるが<sup>3)</sup>、真空度、残留気体の種類、ベーク処理の違い、表面処理の違い、使用材質の違い等種々の要因が複雑にかかわっており解明は困難をきわめるものと思われる。

運転中に我々を悩ませたものに Diode Oscillation による出力RF波形の変動がある。(図4参照) 現象としては、空間電荷制限領域で使用している時に、何らかの原因で入力空間に 3.1GHz ~ 3.5GHz 程度のマイクロ波が誘起されてくる。このマイクロ波は電子ビーム自身によって起るもので、この結果出力RF波形を変調する変動しているようである。この原因についてはまだよくわ

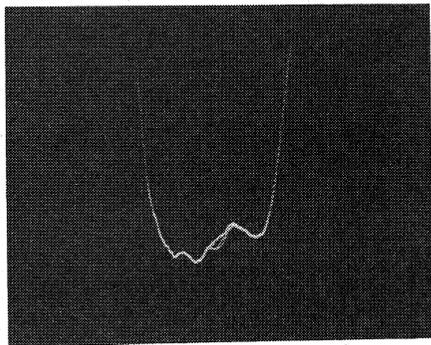


図4 Diode Oscillation による出力RF波形の変動

ってはいるようであるが、オソードから出た電子流がカソード-アノード間及びその周辺で構成される Cavity の特定のモードとオソードを起し、発振を起すものらしい。稼働中のクライストロンの中にはほぼ同様の現象を示すものがある。

るため、現在はヒーターの電力を下げ Diode Oscillator の起振率を温度制限領域で使用するようにしている。

### 5. 大電力立体回路

クライストロンと加速管の間にある RF 窓については昨年 10 月以降 9 回 Break down により交換している。我々の RF 窓は図 5 に示す様な構造である。図 6 に破壊したセラミックの写真と、図 7 に放電の写真を示した。写真からわかるように放電

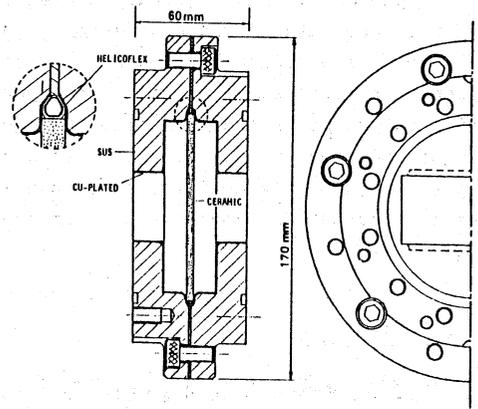


図 5 Wave Guide RF Window

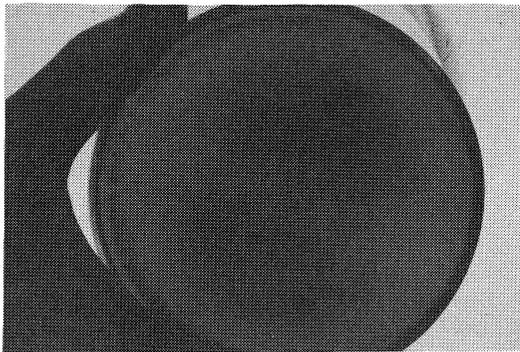


図 6 破壊したセラミック

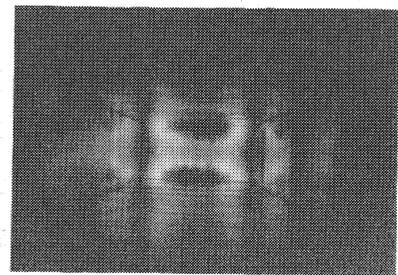


図 7 RF 窓の放電

のバターン及び破壊の著しい所はそれぞれ fundamental 系 TE<sub>11</sub> モードではなく higher order mode が関与していると考えられる。クライストロンの出力窓と同様に現在調査を進めており<sup>3)</sup>、今年度中には Resonant Ring による実験を開始する予定である。

### 6. 運転状況

マイクロ波源は昨年 6 月の営業運転開始以来約 3500 時間運転されてきている。マイクロ波源の全システムで何らかの原因によりインターロックが働いて電源が OFF する頻度は 1 時間に約 4 回であった。これは前回報告した頻度よりも頻繁であるが、OFF する原因の 80% 近くがクライストロンの放電を扱ったものであり、インターロック感度設定を適切にしているためである。7 月現在で毎日順調に運転が続けられている。

### References

- 1) T. Shidara et al. Proceedings of the 7th meeting on linear accelerators in Japan (1982) 71
- 2) J. Tanaka, ibid., 47
- 3) Y. Saito et al. Proceedings of the 8th meeting on linear accelerators in Japan