

大電力クライストロンの特性

高エネルギー物理学研究所

福田茂樹 滝見昌三 設楽哲夫

斎藤芳男 田中治郎

日本原子力研究所

益子勝夫

(1) 序

高エネルギー物理学研究所、放射光実験施設、入射器に用いる大電力クライストロンは54年度 回台が納入された。55年4月の中旬迄に試作器及び納入クライストロン/台の大電力テスト及び加速管のマイクロ波テストを行った。放射光実験施設入射器棟の建屋が55年5月に一部使用可能となり、6月中旬迄の仮設の冷却系と新しいモジュレータを用いてクライストロンの電力テストが始まった。現在クライストロンビームを束束するために永久磁石を予定しているが、その最適磁場分布及びその許容範囲の設定が一つの課題となっている。

(2) クライストロン電力測定

2-1 測定条件

大電力クライストロン(三菱電機 PV-3030A)のRFテストは図1のセットアップで行った。主発振器から476MHzのマイクロ波を発生し、トランジスタアンプで増幅後周波数逓倍器で6逓倍し2856MHzにする。その後PINダイオードでパルス変調し、ステップアテネータを経て、サブブースタークライストロンTH-2436で約7KWに増幅する。このマイクロ波を導波管減衰器又はIΦAユニット(Isolator, phase shifter, attenuator)

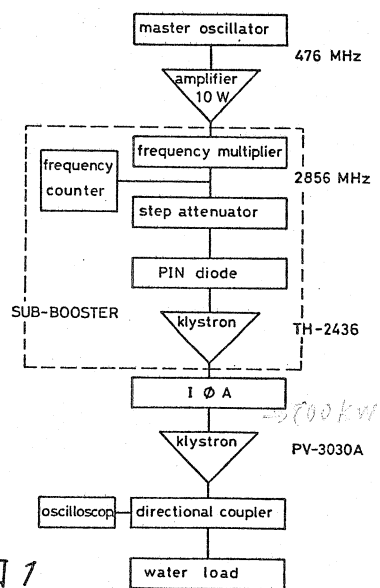


図1

を通して大電力クライストロンへ供給する。マイクロ波出力は方向性結合器で透過波及び反射波をモニターすると同時にバリアソ社の水負荷(L284BA16)に吸収させ、電力測定はカロリーメトリック測定で行った。温度計はYHP 2801A, 水素温度計を用いた。導波管はSF₆ガスを2.5 kg/cm²に相圧している。クライストロンへ印加するパルスは、クライストロンモジュレータより発生したパルスをパルストランスで1:12に昇圧して供給している。電圧は1次側(高圧プローブ), 2次側(容量分判器)両方でモニターし、電流は1次側, 2次側両方に電流トランスを入れてモニターしている。測定は主に、パルス繰返し10pps

マイクロ波パルス幅を μ sで行う。又クライストロンのビーム集束は7分割(1つはカウンターコイル)のパンケーキから成る電磁石を用いて行う。

2-2 測定結果

PV-3030Aの#2(N679502)に関する電流・電圧特性から求めたパービアンスは2.7であり設計値と一致した。加圧電圧対出力マイクロ波電力の特性は図2に示す。この測定は各電圧毎に最大電力を得るよう集束磁場を調整した時の特性である。図3に入力マイクロ波電力対出力マイクロ波電力の特性を示す。この測定は各電圧毎に集束磁場を調整し、入力の減衰器で入力電力を変えた時の最大出力を得た点を示している。この結果出力30 MWの時、利得50 dB効率は41%であった。

クライストロン単体のRFテストの後、マイクロ波窓と加速管の大電力マイクロ波に対する耐圧テストを行うため、尖頭値最大30 MWのマイクロ波を一本の加速管へ供給した。(ref. 1) この時繰返し最大50ppsのランニングテストも行った。現在引き続き本目のクライストロンを新しい建屋で継続テスト中である。

(3) 集束用永久磁石

クライストロンから大電力マイクロ波を出す際、重要なのは集束磁界をどう設定するかである。我々はセット後のメンテナンスを考慮して永久磁石を採用したが、集束磁界を自由に変えられないため、その設定は特に重要である。三菱電機側からのクライストロン製造時のテストにより決められた集束磁界分布の範囲及び納入されたクライストロンの最適磁界を図4に示す。

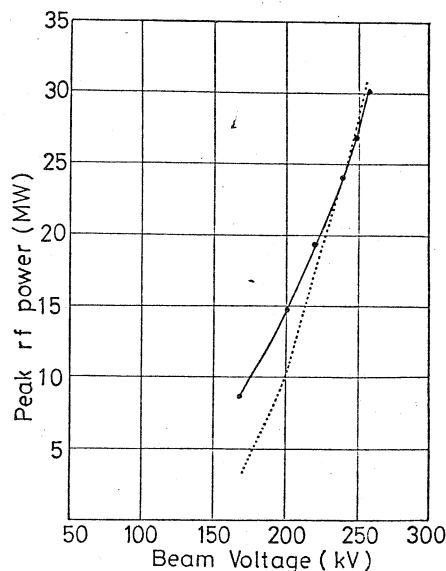


図2 PV-3030Aの電圧特性、破線は三菱電機データ、実線 測定値

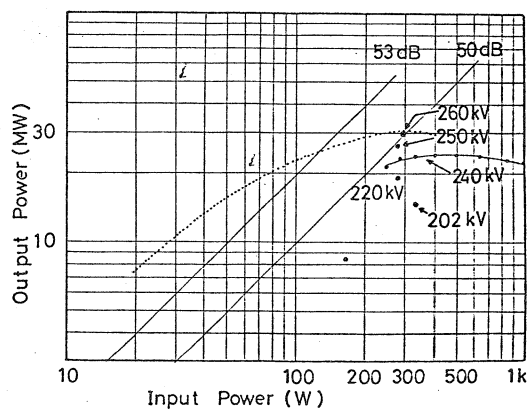


図3 入力特性、破線は三菱電機のデータ

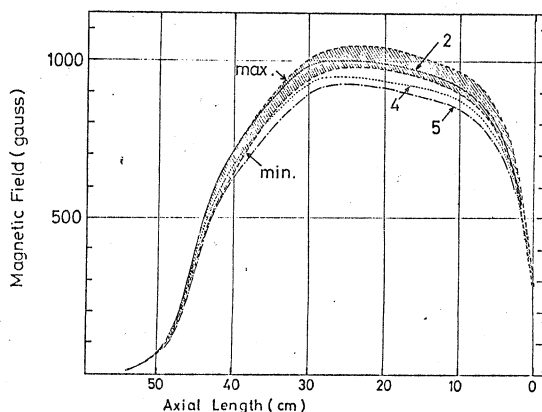


図4(右) PV-3030AK 対する集束磁界、斜線部は設計範囲(三菱電機提供) 数字はシリアル番号に対応する。

永久磁石は図5に示すように磁石本体，上下の鉄ヨーク，鉄スカート部及びカソード付近の磁場調整用調整磁石から成っている。永久磁石の磁界分布に関して厳しいのはカソード付近の磁界分布，及びクライストロンの第一空洞付近の磁場の並上部を範囲内（図々の斜線部）に収める事である。この部分は鉄スカートの厚さや長さ，ボトムヨークの厚さ等幾何学的寸法で決まってしまうので，製造時，図々の斜線部の範囲内に収まるように，鉄スカートの長さ，厚さを決め，電磁石の場合と同様に鉄プレート（図々の *klystron bottom plate*）を入れて所定の分布を得た。勿論調整用調整磁石により微調は可能である。集束磁界のフラット部はコンデンサー着磁器による部分減磁で容易に調整可能である。

一方図6に於てが前項で述べたテストの時電磁石で得た最大出力に対する磁界分布を示したが，これは図々とはかなり異なる分布と存している。従ってこの違いがどうクライストロンの特性に影響するかについて現在テスト，検討中である。

参考文献

- (ref 1) PF入射用加速管の大電力テスト
 坂本浩之他， 本研究会発表予定

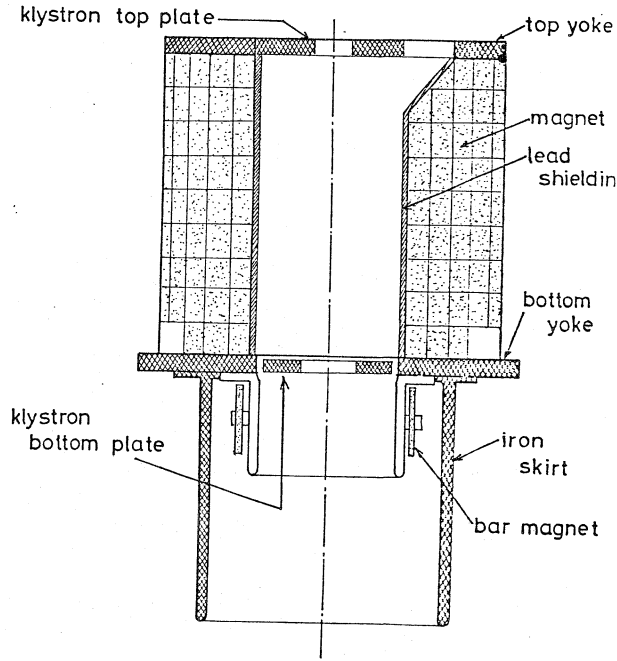


図5 Cut-away view of magnet

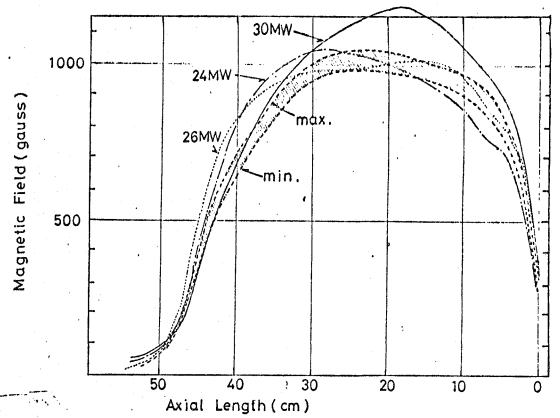


図6 24, 26, 30MWの出力の時の最直磁場 (電磁石によるデータ)