

# Improvement of S-Band Klystron and its Power Test

K. Nakao S. Anamhi Y. Saito

## Abstract

A gun of the PF high power klystron (PV-3030) was improved to withstand the higher cathode voltage and to achieve stable operation. We obtained an output power of 39MW at a 277KV cathode voltage by decreasing the surface electric field of the gun electrodes. The gun improvement and its power test are reported.

## クライストロン電子銃周辺の改良及びパワーテスト

### 1 はじめに

2.5GeVライナック放射光入射器では、ビーム加速用のマイクロ波源としてSバンド30MWパルスクライストロン (MELCO-3030A) を使用している。これまでもこのクライストロンに関してメーカーの協力のもとで種々の改良を行ってきたが、今回はクライストロンの耐圧向上を図り従来より高いビーム電圧の印加が可能となるように電子銃周辺の電極の形状を変え、表面での電界強度が低下するように改良した。この改良にともなう最適磁場分布のもとで出力試験を行い、従来より高い印加電圧をかけ、当所の目標とした高い出力が得られた。今回は、この出力試験の結果について報告する。

### 2 電子銃周辺の改良

図1にクライストロン電子銃周辺の断面図を示す。

右側が従来のタイプで左側が今回改良したタイプいわゆる低電解型 (LG型) である。収束磁石内径とクライストロンのクリアランスの関係で横方向 (直径) の寸法は変えることができないが、この制約のもとで、カソード及びアノードのRを出るだけ大きくし、それぞれの表面での電界強度を下げている。また、パービアンズも同じ ( $2.1 \times 10^{-6} \text{ A/V}^{\frac{3}{2}}$ ) となっている。結果として従来のクライストロンよりカソードの位置が16.3mm低い位置となった。この為出力試験に際しては最適磁場分布の調整が必要であるが、そのこ

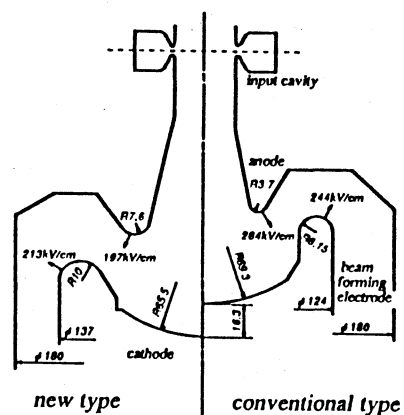


図1 電子銃電極断面

とについては次の出力試験の項で述べる事とする。

### 3 出力試験

図2に収束磁石と従来のクライストロンの位置関係を示す。前述したように改良したクライストロン（以後L G型クライストロンとする）は従来のクライストロンよりカソードが16.3mm低い位置にあることになり従来の磁石をそのまま用いると最適磁場分布は上向にシフトした分布となる。このため出力試験に際してはアノードの上方に取り付ける鉄リングの形状を変えたものを用い、かつ電磁石とクライストロンの取付け面となるアルミシュプールの間に色々な厚さのスペーサーを挿入しクライストロンのかさ上げをおこなった。

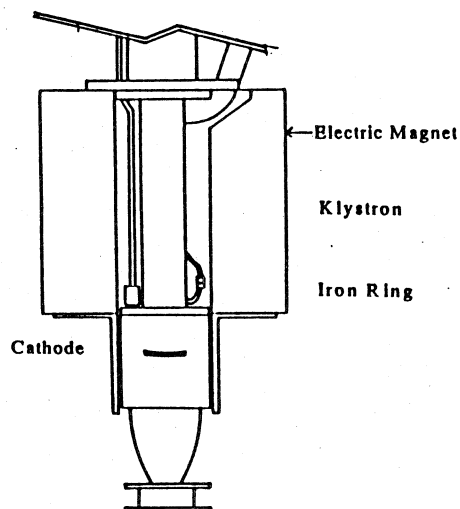


図2 電磁石及びクライストロン

図3に従来のクライストロンに用いる鉄リングとL G型クライストロンに用いる鉄リングの断面図を示す。

旧タイプクライストロン用鉄リング



L G型クライストロン用鉄リング

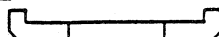
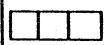
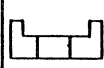


図3

上が従来のクライストロンに用いる鉄リング、下がL G型クライストロンに用いる鉄リングである。L G型クライストロンに用いる鉄リングは厚みを増して、電磁石に対して従来のクライストロンの鉄リングと同じ位置になるように寸法を定めた。

この際すべて同じ厚さにしなかったのはクライストロンの冷却水のパイプや入力ケーブルとのすき間に制約があるためである。表1にこれらの鉄リングを用い0mmから2mmくぎりまで6mmまでL G型クライストロンをかさ上げして行なった出力試験の結果及び85年から89年までに納入されたクライストロンの出力試験での印加電圧と出力及び効率の値を示す。

表1 クライストロン印加電圧、出力、効率

Iron ring	Lift up (m m)	Beam Voltage (KV)	Output Power (MW)	Efficiency (%)
	0	254	30.9	44.1
	2	254	30.8	44.9
	4	256	31.5	45.5
	6	254	30.9	44.1
	0	254	32.6	46.5
	2	255	32.8	46.6
	4	253	32.8	48.0
	6	253	32.7	46.8

どちらの鉄リングを使用しても印加電圧255KV前後で出力は30MWを満足しているが従来の鉄リングよりもL G型クライストロン用鉄リングを用いた方が出力の出が良く、またかさ上げを行ったほうがわずかではあるが出力が向上している。図4にL G型クライストロン用鉄リングを用い、かさ上げ2mmでより高い印加電圧をかけて行なった出力試験での入出力特性を示す。

Kly Type	Number of Klystron	Average Beam Voltage (KV)	Average Output POWER (MW)	Average Efficiency (%)
BI	41	255	29.1	42.3
Normal	34	263	29.2	42.1

これによるとと印加電圧は、最大で277KV、出力は39.5MWととなっている。以上の結果からL G型クライストロンは従来のクライストロンに比べ高い印加電圧をかけることができ、そのことにより高い出力が得られる事がわかった。また効率については印加電

圧260KVをこえたあたりで低下しているものの、277KVで45.9%と従来のクライストロンに比べかなり高い値となっている。加えてカソード面が16.3mm下がることによる磁場の調整についても従来のクライストロンに対する最適磁場分布を大幅に変えることなく、鉄リング及びクライストロンのかさ上げで十分に補う事が出来る。この為、LG型クライストロン用の収束磁石を用意する必要はなく従来の磁石を使用しても効率の低下はなことが確認された。さらにハイパワークイッククライストロンSLAC5045（印加電圧350KV、出力60.7MW、最大電界強度201KV/cm）程度まで電界強度を下げる事は、現在使用している収束磁石の内径を広げクライストロンの電子銃外径を大きく取る事によって可能であるが、その場合効率の低下を防ぐ為に高周波回路部分の構造を変え、クライストロンを大型化しなければならない。これらの事によりLG型クライストロンはハイパワークイッククライストロンの様に出力60MWを越える事は出来ないが、従来の大きさ（全長1316mm、電子銃外径190φ、カソード80φ）のままに於いて出力40MWを確保出来るものと予想される。尚、今回の出力試験での最大印加電圧277KVは、現在稼働中のパルス電源によって制約されている値である。

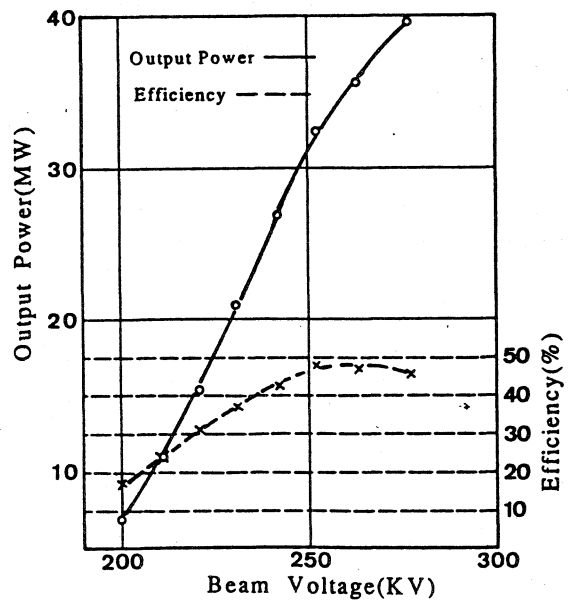


図4 出力特性

#### 4 今後の課題

LG型クライストロンの出力試験の結果、一応高い印加電圧で高出力が得られたが、今回の出力試験に於てカソード周辺の磁場の調整用のカウンターコイルは都合により使用しなかった。次回のLG型クライストロンの出力試験ではこのカウンターコイルを使用し出力がどのように変化するか確認するものとする。また鉄リングについても種々の形状のものを用意して試験を行なう予定である。最後に、今回の出力試験では印加電圧277KVに於て試験はわずかの時間であったが、今後は実際のライナックの運転に使用して高い印加電圧で長時間運転しても管内放電が起こらず安定して稼働することを確認することとする。