

PLA - 90 - 23

1 / 11 / 90

1 GeV リニアック 検討資料

1 GeV LINAC DESIGN NOTE

題目 (TITLE) L-Band Klystron High Power Test

著者 (AUTHOR) K. Kudo et al.

概要 (ABSTRACT)

A width of an output pulse from the modulator for the proton linac of the Japanese Hadron Facility was increased from 200 μ s to 400 μ s. A high power test of the L-band klystron (TH2104A) was successfully carried out by using this modulator. An output power from the klystron was 5.2 MW at a cathode voltage of 130 kV.

KEY WORDS:

Ion source, RFQ, DTL, CCL, Magnet, Monitor, Beam Dynamics,
Transport, Vacuum, Cooling
Klystron, Low level rf, High power rf, Modulator
Control, Operation, Radiation, Others

L-BAND KLYSTRON HIGH POWER TEST

Kikuo KUDO, Shozo ANAMI, Zen'ei IGARASHI, Masaaki ONO, Masato KAWAMURA,
Tadashi KUBO, Chikashi KUBOTA, Eiichi TAKASAKI, Tateru TAKENAKA,
Hirofumi HANAKI and Motohiro KIHARA

National Laboratory for High Energy Physics

ABSTRACT

A width of an output pulse from the modulator for the proton linac of the Japanese Hadron Facility was increased from $200\ \mu\text{s}$ to $400\ \mu\text{s}$. A high power test of the L-band klystron (TH2104A) was successfully carried out by using this modulator. An output rf power from the klystron was $5.2\ \text{MW}$ at a cathode voltage of $130\ \text{kV}$.

1. はじめに

大型ハドロン $1\ \text{GeV}$ 陽子リニアックはRFQ, DTL, CCLと呼ばれる線形加速器で構成されている。このなかのCCLは、 $1296\ \text{MHz}$ 、高周波出力 $4.5\ \text{MW}$ 、パルス幅 $600\ \mu\text{s}$ のクライストロン36個が要求されている。したがってこの要求を満たすためのパルス変調器として、またさらに $6\ \text{MW}$ でのクライストロン評価試験でも使用できるように最大尖頭出力電力を $15\ \text{MW}$ とし、そのプロトタイプを製作した。パルス変調器は、ラインタイプのもので出力電圧 $20\ \text{kV}$ 、出力電流 $750\ \text{A}$ 、パルス幅の最終値は $600\ \mu\text{s}$ のものである。その出力は、パルストランス (1:7) をとおしてクライストロンに供給される。この変調器のパルス幅は当初 $200\ \mu\text{s}$ であったが、最近PFNの増設によって $400\ \mu\text{s}$ になった。この変調器を用いてL-バンドクライストロンの大電力試験を行なったので、この試験の結果について述べる。

2. 大電力試験

L-バンドクライストロン用パルス変調器のプロトタイプが完成したのでこの変調器を使用してクライストロンおよびダミーロードの性能評価のための大電力試験を行なった。試験のための簡単な構成を図1に示す。

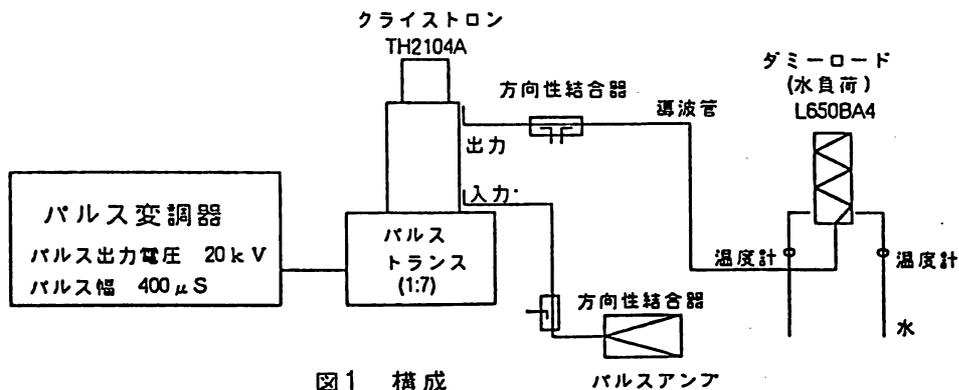


図1 構成

パルス変調器は、KEKでの経験が豊富なラインタイプを採用し、最大尖頭出力電力は $15\ \text{MW}$ とした。現在のパルス幅は $400\ \mu\text{s}$ である。パルス変調器の出力は、クライストロンで必要とする電圧が $140\ \text{kV}$ ちかくにもなるため、パルストランスを用いて昇圧する。

表1にパルス変調器とパルストランスの特性を示す。

パルス変調器		パルストランス	
パルス出力電圧	最大 20kV	1次パルス電圧	20kV
パルス出力電流	最大 750A	2次パルス電圧	140kV
負荷インピーダンス	26.5Ω	1次パルス電流	750A
パルス幅(半値幅)	400μS(600μS)	2次パルス電流	107A
パルス立上り時間	25μS以下	昇圧比	1:7
繰返し	最大 50pps	パルス幅	600μS
パルス平坦度	0.5%以下	繰返し	50pps
		サグ	3%以下

表1 パルス変調器及びパルストランスの諸特性

使用したクライストロンは、トムソン社製で型式 TH2104A と呼ばれているものである。クライストロンからのRF出力は、導波管を経て整合負荷(ダミーロード)に吸収させる。表2にクライストロンの特性をまたクライストロン周辺の立体回路を図2に示す。

Absolute (max).

Peak beam voltage	kV	140
Peak output power	MW	5.5
Average RF output power	kw	170
Voltage pulse duration	μs	650
RF pulse duration	μs	620
Peak drive power	kW	0.5
Average collector power	kW	400
Water flow(collector)	l/mn	360

表2 クライストロン (TH2104A)特性

導波管は WR650 のもので、クライストロンの出力窓の保護、および導波管内での放電を抑制するために SF6 ガスを充填している。また高周波のモニタのために方向性結合器およびアーク検出器の取り付け窓などを用意している。なお導波管の材料はアルミニウム合金である。

整合負荷であるダミーロードは、バリアン社製の L650BA4 である。導波管型の高周波出力窓で隔てられた水にRF出力を吸収させる型式のものである。ただこのダミーロードは、最終要求仕様を完全には満たしては 2000 joules/pulse の制限がある。したがって5MW、400μsが仕様ぎりぎりの値となるため、窓の部分が十分に冷却されるように水を流し、入口側はアークセンサで放電アークを素速く検出するようにした。

図3にダミーロードの外観および特性を示す。

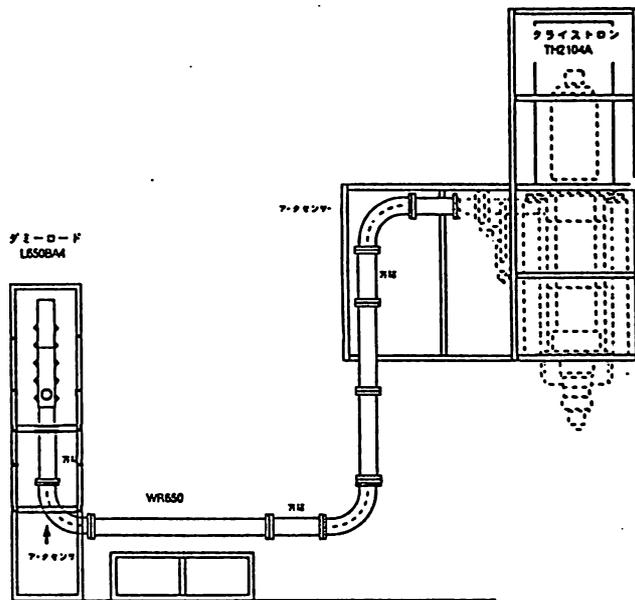


図2 立体回路

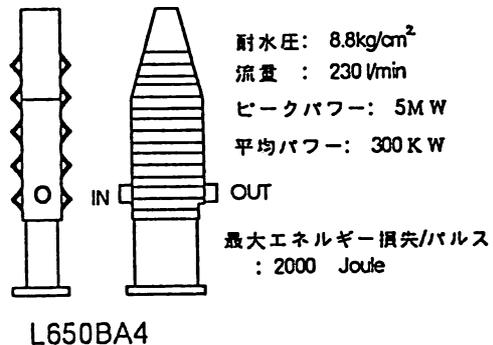


図3 ダミーロード 外観及び特性

3. 試験結果

図3にクライストロンの入出力特性を示す。また図4にカソード電圧に対する出力の特性を示す。ここでドライブアンプの出力がその出口で300Wであるため、低い電圧では、十分に飽和点まで励振されていない。しかし120kVでは、ほぼ飽和していると思われる。

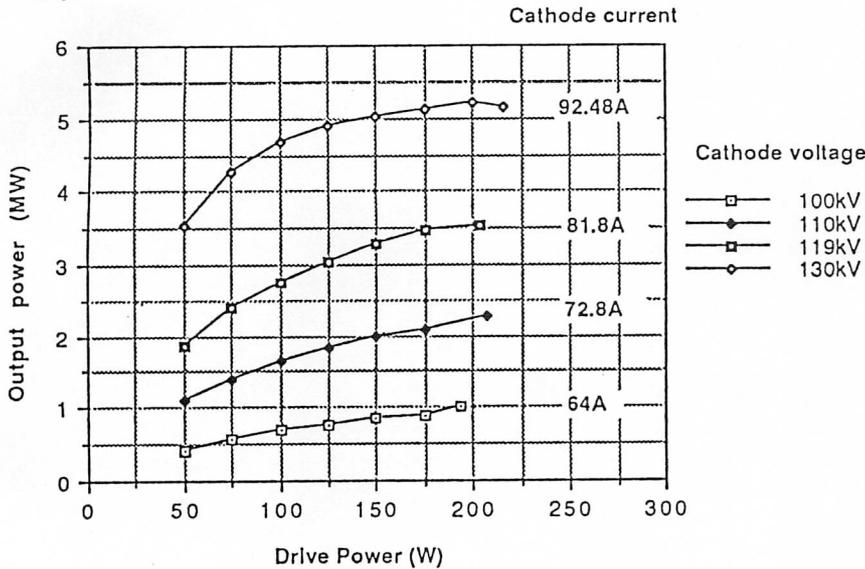


図3 クライストロンの入出力特性

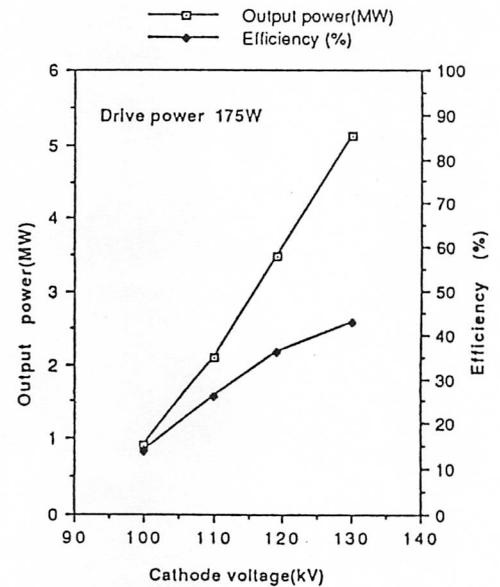


図4 カソード電圧に対する出力特性

図5にカソード電圧が平坦になるようにPFNを調整している時のクライストロンのカソード電圧、電流およびRF出力の波形を示す。これらの波形が示すように、PFNの波形調整は未だ不十分である。しかし長パルスであるためその調整は比較的容易で、時間を掛ければ0.1%近くまで平坦にすることが可能と思われる。RF出力のパルス幅が狭いのは、平均電力による尖頭出力の算出を容易にするためにドライブ信号のパルス幅をカソード電圧の平坦部に一致させたからである。RF出力は、高周波モニターである方向性結合器の出力をピーク・パワーメータで測定した。なお同時にカロリメトリックによる方法も実施しピーク・パワーメータによる測定値とそれほど差がないことを確認した。その結果カソード電圧130kV、カソード電流92.48Aのときドライブ電力2.00WでRF出力約5.2MWが得られた。写真1は、クライストロンおよび立体回路の全景である。

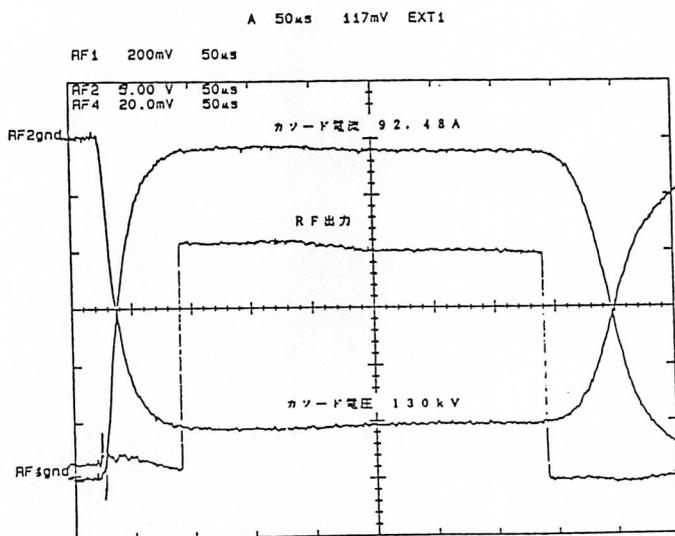


図5 出力波形

