

PROTON RFQ LINAC OF KYOTO UNIV.

M. Sawamura, H. Okamoto, Y. Iwashita,
K. Fukunaga, M. Inoue and H. Takekoshi

Institute for Chemical Research, Kyoto University

ABSTRACT

We are constructing a 7MeV proton linac system of 433MHz. It consists of 2MeV-RFQ linac and 7MeV-Alvarez DTL linac. The RF sources are 1.25MW pulse klystrons. The RF power is fed through WR2100 wave guide and coupled to the RFQ cavity by a loop with a wave guide to coaxial transition. The slot coupling will be used for the DTL cavity. Here presented are reasons of selection of 433MHz-Klystron and preliminary data of RF field distribution in the RFQ cavity.

京大陽子RFQについて

1. はじめに

京都大学では、昭和61年度より433MHz, 7MeVの陽子線形加速器を製作中である。当初の予定では、3か年にわたる計画であったが、予算の前倒しにより2年で終ることとなった。この加速器は、将来の高エネルギー陽子線形加速器建設にさきがけて、430MHz帯RFQ, DTLとして本邦ではじめてである。昨年度には、イオン源及びその電源、433MHz・2MeV・RFQ本体, WR2100導波管, そしてRFQ用のクライストロン一式等が搬入された。今年度は、RFQ用のクライストロンの電源, DTL用のクライストロン一式, 導波管等が入る。また、DTL本体及びそのクライストロンの電源も今年度の予定である。RFパワーはクライストロンより、WR2100導波管, 導波管同軸変換器を通り、ループ結合器でRFQ加速管に供給される。DTL加速管では、スロットカップリングを用いる予定である。ここでは、433MHzの周波数を選んだ理由、選定したクライストロン、および搬入されたRFQ加速管で行われている測定状況について述べる。

2. 433MHz

線形加速器で陽子をGeVオーダーまでに加速するには、単一の加速構造では困難であり、あるエネルギーの所で、加速構造を変えて接続する必要がある。その際、加速周波数も上げたほうが効率がよくなる。接続の場合の周波数比率を整数に選ぶことが必要であり、また、正負、両電荷の同時加速をする場合には、奇数倍に選ぶ必要がある。むやみに比を大きく取るのはビームダイナミクスの面からも好ましくなく、3倍が妥当と考えられる。また、GeVオーダーの加速の場合大部分を占めるのは、高エネルギー部分である。従って、高エネルギー部の加速管及びRF源の効率、コスト等に注目して、全体のパラメーターを決める必要がある。現在入手が容易なRF源をさがすと、430MHz帯および1300MHz帯のクライストロンがある。

米国ロスアラモス国立研究所での P I G M I 計画のパラメーターを図 1 に示す。ここでは、最初 30 keV から 2 MeV までを 440 MHz RFQ, 約 125 MeV までを 440 MHz アルバレ, それ以後を 3 倍の周波数の 1320 MHz DAW という構成にしている。従来の陽子線形加速器では、約 200 MHz の周波数が用いられているが、これを約 2 倍にしてクライストロンを使用し、効率をあげ、建設コストを下げている。我々は、種々の理由から 433.3 MHz と 1300 MHz の組合せを選定した。

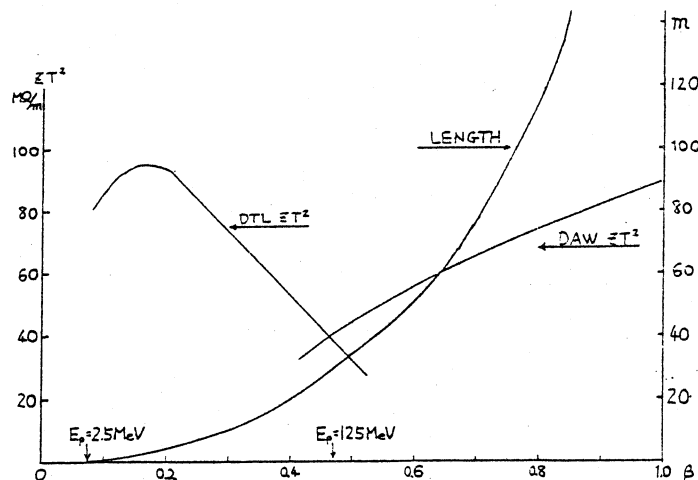


図 1 P I G M I 計画でのパラメーター

3. クライストロン及び電源

選定されたクライストロンは米国リットン社製の L 5 7 7 3 で、1.25 MW 平均 75 kW, 最大パルス幅 2000 μ S, デューティー 6%, 4 キャビティーである。これは、米国で、レーダーに使われている L 3 4 0 3 (図 2) の改良形で、当初メーカーと話をした折りに既に 2 本を納入して五千時間の実績があるということである。L 3 4 0 3 の改良型ということで、両者の違いは、外見的にはなく、ビーム電圧を最大 105 kV に下げたこと、最低保証効率を 47% に上げたこと等が仕様上の違いである。パルス電源については、このクライストロンはモジュレーティングアノードを持っているので、フローティングデッキタイプも使えるが、国内メーカーではその経験がないため、PFN タイプのものを製作することにした。パルス幅は約 70 μ S, デューティー約 1%, 繰り返し 180 Hz で動かせる予定である。

The L-3403 is a UHF, modulating anode, amplifier klystron capable of producing a peak power output of 1.25 megawatts at a .06 duty cycle.

TYPICAL OPERATION

Frequency	400 MHz
Peak Power Output	1.25 Mw
Average Power Output	75 kW
Gain	35 dB
Pulse Width	2000 μ s
Duty	.06
Beam Voltage	110 kv
Beam Current, peak	32.5 a
Modulating Anode Voltage, peak	55 kv

ABSOLUTE RATINGS

Heater Voltage, Ef	32 Vac
Heater Current, If (Surge)	22.5 Aac
Anode Voltage, epy	120 kv
Anode Voltage, inverse, epx	60 kv
Cathode Current, peak, ik	37 a
Beam Input Power, peak, pi	4.0 Mw
Beam Input Power, average, Pi	750 kW
Pulse Length, tp(epy)	2100 μ s
R-F Input Power, peak, pd	0.4 kw
R-F Input Power, average, Pd	24 W
Load VSWR (non-failure)	1.5:1
Cathode Heating Time, minimum, tk	15 min.
Window Pressure	50 psia
Cathode Seal Temperature	175° C
Hydrostatic Pressure	125 psig
Coolant Outlet Temperature	70° C

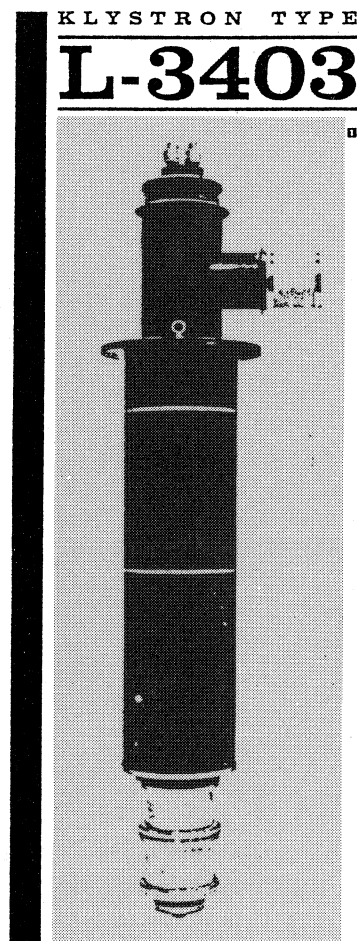
ELECTRICAL DATA—GENERAL

Frequency Range	400 to 450 MHz
Heater Voltage (ac)	27 V
Heater Current at 30 Volts	12.9 Aac
Heater Cold Resistance	0.25 Ohms
Focusing	Electromagnetic
Solenoid	Litton Industries Model 190

MECHANICAL DATA—GENERAL

Physical Dimensions	120 x 24 x 33 1/2 in.
Klystron Weight	950 lbs.
Solenoid Weight	1450 lbs.
Mounting Position	Vertical, Cathode end down
R-F Input Connector	Mates to UG21/u
R-F Output Connector	Coaxial, WR2100 waveguide
Cathode and Heater Connector	Mates to Litton Industries Model 206 Socket
Coolant Connectors	See Outline Drawing
Coolant, Water	
Collector, flow	50 gpm
Body, flow	7.0 gpm
Tuners, flow	1.0 gpm
Solenoid, flow	4.5 gpm
Pressure Drop, each flow	50 psi
Cooling, Forced Air	
Output Window, flow	250 cfm
Window Seal Temperature, maximum	125° C

図 2 L 3 4 0 3 スペック



ELECTRON TUBE DIVISION
Litton San Carlos, California

4. ローパワーRFテスト

RFQの各quadrantの電場分布を測定するためにbead perturbation法により電場分布を調べた。直径4mm、プラスチック製のビーズを隣合うvaneの中間でRFQ軸中心から半径13mmのところに通した。このビーズを通した位置は電場の変化が小さいので、ビーズの位置の誤差による影響が小さいと思われるところである。さらに各quadrantには、磁場測定用のpick-up loopが軸方向にわたって6個ずつ取り付けられており、それらを用いて磁場分布も調べた。これらの分布は誤差3%程度で一致しており、軸方向の分布測定にはpick-up loopを用いた磁場測定で十分であると思われる。

RFQ加速管には、サイドチューナが6本ずつ計24本取り付けられているが、すべてのサイドチューナを内壁面まで引き抜いた状態で軸方向の分布を測定すると図3のようにドライブループのあるquadrantとその対称位置のquadrantで大きく傾いている。これは Q_0

(TE_{210})モードの周波数が430.2MHz、 D_1 (TE_{111})モードが429.1MHzと非常に接近しているためである。そこで Q_0 モードと D_1 モードとのモードセパレーションが大きくなる様にサイドチューナを調整するとvaneの中央でほぼ一様な分布が得られた。しかしvaneの両端で分布が低下しているため

noseの形を変えて図4のようなvane全体でほぼ一様な分布を得ることができた。このときの Q_0 モードは432.3MHz、 D_1 モードは426.4MHzとなりモードセパレーションが大きくなっている。ただし、この測定では4つのquadrant間の電場の強さの校正はまだ正確ではない。

Q値は4800であり、SUPERFISHの計算値の63%となっている。

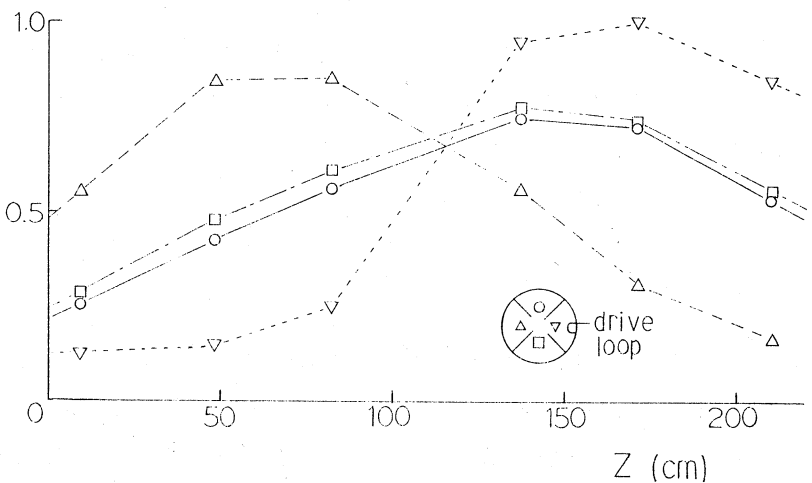


図3 軸方向分布 (未調整)

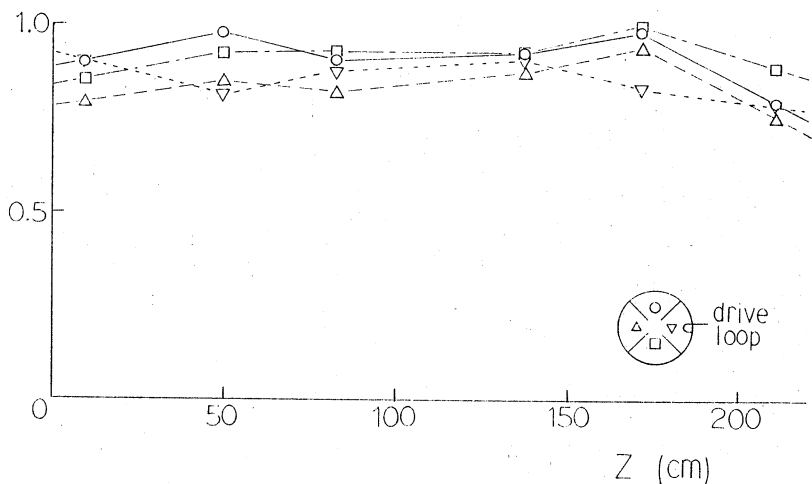


図4 軸方向分布 (調整)