

PLA - 91 - 3

91 / 5 / 29

1 GeV リニアック検討資料

1 GeV LINAC DESIGN NOTE

題目 (TITLE) RFQ入力カップラー同軸部の電場について

著者 (AUTHOR) 山崎良成

概要 (ABSTRACT)

RFQ入力カップラーの同軸部の電場について検討した。同軸39Dを使った場合、入力1MWに対しても放電限界よりは1桁以上小さい。しかし、APS実績からのスケールリングでは、やや問題があるかも知れないので、出来るだけ同軸部は太くしたほうがよい。

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

RFQの入力カプラーの最終端はスペースの関係上39Dオーダーの同軸管しか使えないので、セラミクス窓だけでなく、同軸管も入力を制限する要因になりうる。そこで同軸管内の電場を計算しておく。計算に使った式を次ページに纏めておく。ここで、(.)と書いた式は、文献1)から持ってきたもの、(A)と書いた式は、ここで求めたものである。最後の(A 7)式で、入力 $P_z = 1 \text{ MW}$ 、 $R = 19.5 \text{ mm}$ 、 $r_0 = 8.47 \text{ mm}$ を入れると、

$$E_{\max} = 1.42 \text{ MV/m}$$

を得る。これは、式の導出過程から分かるように、反射のない場合であるが、全反射の場合でもこれの2倍である。

次に、放電限界 E_b であるが、CWにおいて、Kilpatrickを採用すると、

$$E_k = 20 \text{ MV/m}$$

次に、パルス幅 T (micro s)に対し、放電限界は²⁾

$$E_b = E_k (1 + 4.5 T^{-1/4})$$

で与えられ、結局

$$E_b = 1.91 E_k = 38 \text{ MV/m}$$

となる。従って、最大電場は全反射の時でも、放電限界よりも十分に小さいということが出来る。

最後に別の観点から、39Dの可能性を見てみる。現在APSに使われているカプラーは、CW300kWでテストされていて、同軸部については問題ないということが出来る。この値は非常に安全係数を見た値であって、かなりの過小評価である。そこでは77Dを使っているので、

式(A7) から分るとおり39Dでは $(39/77)^2 \times 300 \text{ kW} = 77 \text{ kW}$ まで 0 k となる。一方、パルス幅から、 $1.91^2 = 3.65$ 倍となるので、結局パルスでは280 kWまで入力出来ることとなる。これでは、必要な入力800 kWには到底及ばないので、入力カップラーを2個使用することを考えている。それでもまだ足りなく、いよいよの場合には、最大6個の入力が可能な構造にしている。カップラーの個数が増えると、当然コントロール等が難しくなるので、同軸の太さを標準にこだわらずなるべく太くすることにする。じっさい50Dを使うことが出来れば電力は1.6倍が可能となり、これは非常に大きな有意差を持つ。従って、多少の無理をしても同軸部を太くしたほうがよい。

参考文献

- 1) OHO' 84-IV
- 2) P. B. Wilson, SLAC-PUB-3674

Appendix (formula numbers with (3.) are from Ref. 1)

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = 377 \Omega \quad (3.6)$$

$$\beta_n^2 = \beta_0^2 - \beta_{cn}^2 \quad (3.31)$$

$$\beta_{cn} = 0 \quad \text{for TEM} \quad (A1)$$

$$Z_n^0 = Z_0 \quad [\text{from (3.32)}] \quad (A2)$$

$$\int E_{tn}^2 da = 1 \quad (3.34)$$

$$E_{tn} = \frac{1}{r \sqrt{2\pi \ln R/Y_0}} \quad (A3)$$

where

R is an outer radius and

Y_0 is an inner radius.

$$E_t = V_n E_{tn} \quad (A4)$$

$$P_z = \frac{1}{2} \operatorname{Re} i_n V_n^* \quad (3.42)$$

$$V_n^+ = Z_n^0 i_n^+ \quad (3.39)$$

If $V_n^- = i_n^- = 0$ (no reflection),

$$P_z = \frac{1}{2} \frac{V_n^2}{Z_0} \quad [\text{from (A2), (3.42), (3.39)}] \quad (A5)$$

$$V_n = \sqrt{2 Z_0 P_z} \quad (A6)$$

$$E_{\max} = \frac{\sqrt{2 Z_0 P_z}}{Y_0 \sqrt{2\pi \ln R/Y_0}} \quad (A7)$$