

DEVELOPMENT OF THE S-BAND HIGH POWER RF LOAD (II)

S. Morita , *H. Matsumoto and *A. Miura
A T C Corporation

36-7, Namiki-cho, Hachioji-shi, Tokyo, 193, Japan
*National Laboratory for High Energy Physics
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305, Japan

ABSTRACT

A new type microwave dummy load using SiC ceramics is under development use to handle a power capability of up to 50 MW for JLC S-band LINAC. In order to limit the temperature rise to 60 °C on the top of SiC ceramics in the WRJ-3 size rectangular waveguide with a pulse width of 1 μsec and repetition rate of 50 Hz. The high-power rf load was designed which has a practical length of 640 mm.

S - バンド大電力高周波ロードの開発 (II)

はじめに

高真空中で安定に動作する高純度炭化珪素 (SiC) を使用した間接水冷方式の大電力高周波模擬負荷を開発している (参 1)。Japan Linear Collider (JLC) では、S - バンド進行波型加速管 (3 m) 1 本にピーク電力 180 MW を入力し 35 MV / m の加速勾配で運転する予定である。加速管出口には最大電力 50 MW、1 μ sec、50 Hz の高周波模擬負荷が必要である。模擬負荷の全長は、SiC 1 個あたりに吸収する電力が大きい程短くなるが、温度上昇による真空の悪化や熱歪による破壊が問題となる。そこで冷却水温度を 30 °C とした時、夫々の SiC の最大温度上昇を 60 °C に抑えた模擬負荷を設計したので報告する。

1. SiC の高周波損失測定

測定用導波管 (図 1) は H 面 (34 mm) の中心に SiC を挿入する穴を空け、試料の交換を出来るようにした。又 SiC は実機実装時に導波管内面より 2.5 mm 凹穴にロー付け固定する為、出来るだけ同一条件となる構造とした。直径 20 mm の試料について長さを変化させ (4、5.5、8、10.5 mm)、挿入損失を測定した (図 2)。測定試料の長さに比例して入力 VSWR が増加するが (図 2)、挿入損失量は VSWR の補正を行っている。又、入力 VSWR は SiC の間隔を調整する事で相殺出来る事を確認した (図 3)。

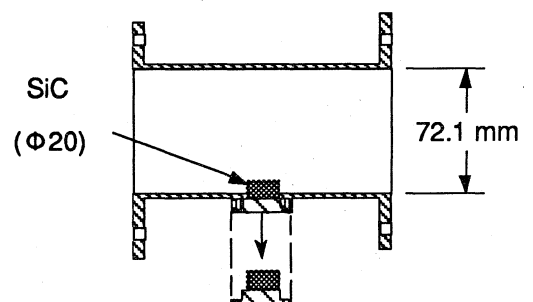


図 1 測定用導波管 (WRJ - 3)

2. マイクロ波吸収体の熱計算

SiC の温度上昇 (図 4) は先端よりロー付側一方向に流れるものと考え計算する。SiC の先端温度を T_0 、単位体積あたりの発熱量を Q 、熱伝導率を δ 、SiC の長さを L とした時の温度 T_L は次式で与えられる (参 1)。

$$T_L = T_0 - \frac{1}{\delta S} \cdot \int_0^L Q dx = T_0 - \frac{Q}{\delta} \cdot \frac{L^2}{2} \quad (1)$$

直径 20 mm、長さ 4 mm の SiC の先端温度上昇を 1) 項で測定した挿入損失曲線の近似関数より求めると 0.155 dB の挿入損失となる。この SiC に平均入力電力 2.5kW (50 MW \times 1 μ sec \times 50 Hz) の高周波が伝播したとすると、

$$P_{in} (1 - 10^{-\text{LOSS}/10}) = \text{電力損失} \quad (2)$$

となる。(2) 式に代入して、 $2.5 \times 10^3 \times (1 - 10^{-0.155/10}) = 87.65$ W となる。単位体積あたりの発熱量 Q は

$$Q = 87.65 \text{ [W]} / 1.256 \text{ [cm}^3\text{]} = 69.79 \text{ [W/cm}^3\text{]}$$

となる。

これより SiC 先端温度は (1) 式に $\delta = 0.753$ [Joul / sec \cdot cm \cdot °C]、 $Q = 69.79$ [W/cm 3]、 $L = 0.4$ [cm]、 $T_L = 30$ [°C] = T_{water} を代入し

$$T_0 \text{ [°C]} = \frac{69.79}{0.753} \cdot \frac{0.4^2}{2} + 30 = 37.41 \text{ [°C]}$$

となる。

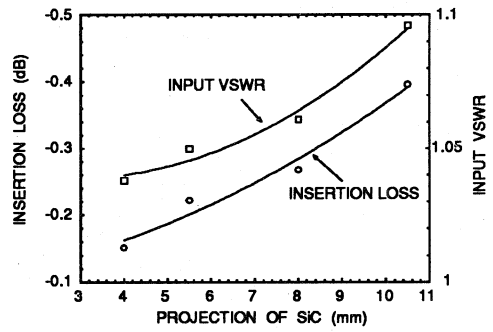


図 2 SiC 突き出し長さによる挿入損失及び入力 VSWR

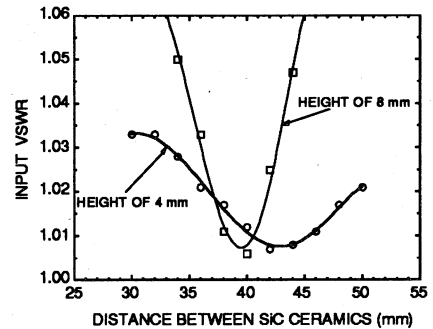


図 3 SiC 間隔による入力 VSWR の変化

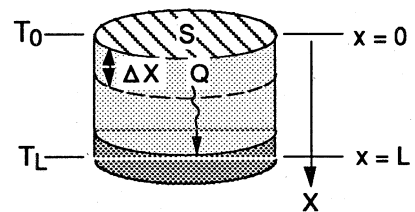


図 4 SiC 温度勾配

図5にSiCの高さを変化させた時の先端温度を示す。先端温度を60℃とすると、高さ約8.4mmが使用上限となる。

3. 構造及び全長

SiCは導波管H面(34mm)の中心に約 $\lambda g/4$ 間隔で一付け配列し、対面には $\lambda g/8$ ずらした対称構造とする(図6)。但し、実機ではこれらの配置は、入力VSWRと軸方向の減衰曲線が最適になるよう実験的に決定する。先頭テーパ部の $1\lambda g$ はインピーダンス整合部で、残りのテーパ部が主吸収体となる一般的な整合法を用いた。

最大入力電力50MW、入力VSWRを1.05以下を目標として設計する。SiCの突き出し長さは最大34mmに制限し、全てのSiC先端の最大温度上昇を30℃として、先頭から順次、算出した結果が図7の様になる。この結果、全長は640mmとなる。

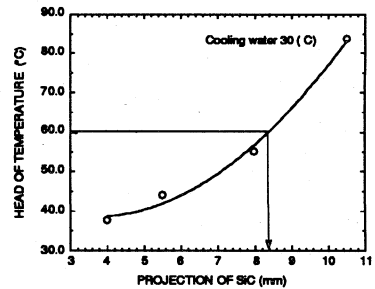


図5 SiC突き出し長さによる先端温度変化

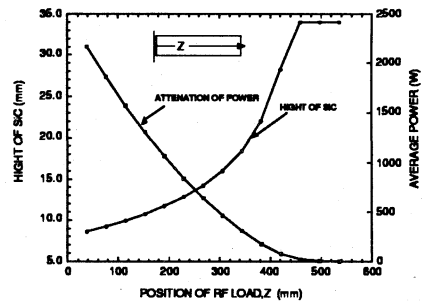


図7 負荷長さによる電力減衰変化及びSiC長さ

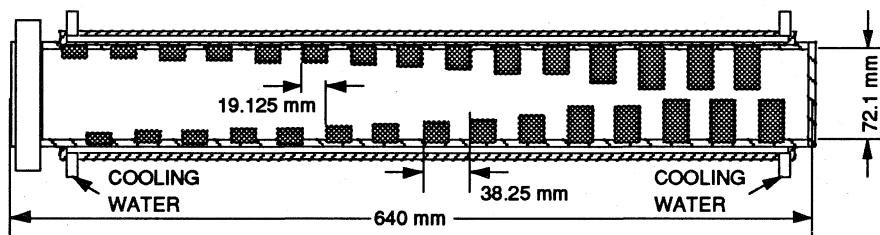


図6 大電力高周波模擬負荷

4. まとめ

今回、冷却水温度を30℃とし、SiCの先端温度を60℃以下に抑えた大電力模擬負荷を設計した結果、実用的な解が得られた。今後は低電力モデルを製作し、高周波特性を測定する。又、定在波が原因となる放電を防ぐ為、摂動法により模擬負荷内の電場分布を測定する。その後、大電力試験を行う予定である。

5. 参考文献

- 1 H.Matsumoto et al., "DEVELOPMENT OF THE S - BAND HIGH POWER RF LOAD", Proc.第16回リニアック研究会