

DEVELOPMENT OF THE S-BAND SLED CAVITY

S. YAMAGUCHI, *A. MIURA and H. MATSUMOTO

National Laboratory for High Energy Physics

* The Graduate University for Advanced Studies

1-1, Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305, Japan

ABSTRACT

An S-band SLED cavity with two coupling irises is now under developing to reduce the electric field strength at irises between cavity and waveguide. The advantage of the two irises method is confirmed by using the quarter size X-band cold model cavity. The recommended values of iris diameter and thickness for S-band cold model cavity are computed by Slater's method using MAFIA. The simulation showed that the field strength can be reduced by 34% by using the two coupling irises compared with the one coupling iris.

SバンドSLED用空洞共振器の開発

1. はじめに

高エネルギー物理学研究所(KEK)では、次期大型加速器として、Bファクトリーやリニアコライダーの検討が進められている。それにともない、ビームエネルギーの高い入射用電子線型加速器の開発が要請されており、数十MV/m以上の加速電界が必要とされている。そのためには、最大数百MWの大電力高周波源を必要とするが、現在最も強力なクライストロンでもその要求を満たすことはできず、何らかの電力圧縮が必要である。Sバンドでは、SLED¹⁾の採用が検討されている。しかし、SLACで稼働中のSLEDでは、60MW出力時、導波管-空洞間の結合孔(直径27.7 mm, 厚み4.06 mm, 図1(a)参照)において、放電が頻発し、放電で生じた反射波による高周波源の停止、あるいは、制動X線の遮蔽が大きな問題となっている。高周波源の安定化、高出力化をはかるためには、放電の低減が必要不可欠である。KEKでは、結合孔付近の電界強度を低減させ放電の発生をおさえるために、二つの結合孔を持ち、導波管のH面で空洞と結合させる方法(図1(b))の開発を進めている。これまでに、Xバンドコールドモデルによる2結合孔方式の有効性の確認、およびMAFIAによるSバンドコールドモデルの結合孔寸法の候補値の計算を行なった。

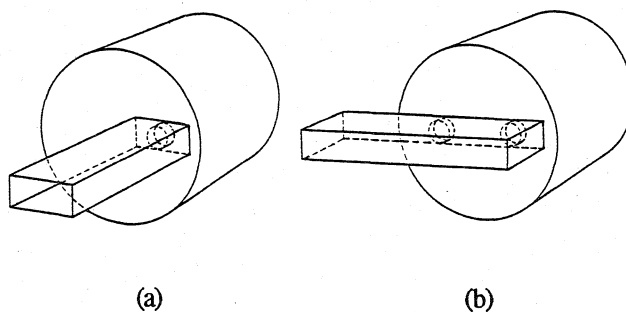


図1 SLED用空洞共振器の外観
(a) 1結合孔, (b) 2結合孔: 二つの結合孔は半波長離し, 結合孔と導波管短絡板との距離は1/4波長に取り, 空洞と磁場結合させる。

2. 低電力測定

1/4スケールのXバンドモデル(真鍮製)を製作し、1結合孔と、2結合孔について、結合孔の直径Dと、結合係数 $\beta (=Q_0/Q_{\infty})$ との関係を調べた。

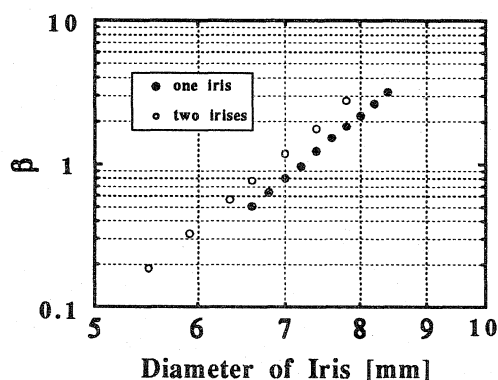


図2 結合孔の直径と β の関係
(Xバンドモデルの測定値)

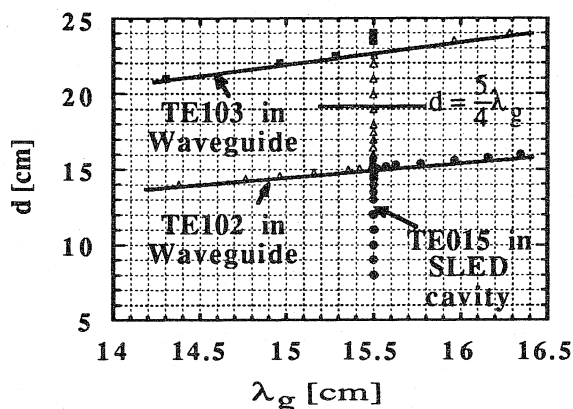


図3 SLED用空洞共振器(1結合孔)
の同調曲線

結合孔の厚みは、1.00 mmに固定した。図2に測定結果を示す。いずれの場合にも、 β はDの7.7乗に比例している。同じ β の値を得るためには、2結合孔の方が直径が若干小さくなるが大差はなく、同一電力を投入した場合、2結合孔は1結合孔に比べて、例えば $\beta = 3$ の場合には、電力密度で44%、電界強度で25%低減できる。

3. 結合孔寸法の候補値の計算

低電力測定によって、結合孔を二つにする効果が確認された。電界強度を少しでも低くするためには、孔の直径を少しでも大きくしたい。直径が大きくなれば、厚みも大きくしなければならない。厚みを大きくすることにより、曲率を大きくとることができ、これにより電界の集中を低減できるということと、加工が容易になるというメリットも生じる。どの程度の直径、厚みにすれば、 β が要求されている値($\beta = 5$)となるのかをすべて低電力測定で決めようとする多大な時間と費用を要する。そこでMAFIA²⁾を用いたシミュレーションによりその候補値を求めた。 β の値を求めるために、まずSlaterの方法³⁾により Q_{ex} を計算した。即ち、空洞-導波管境界と、導波管端面との距離 d と、空洞-導波管結合系の共振周波数を導波管管内波長に換算した値 λ_g との関係を表す曲線(同調曲線)の空洞の共振周波数に対応する λ_g における傾き($dd/d\lambda_g$)から Q_{ex} を計算した。そして、この Q_{ex} と Q_0 (計算値)との比をとり β を算出した。 Q_{ex} が20程度の場合にMAFIAにより Q_{ex} を計算した例はあるが⁴⁾、SLEDのように Q_{ex} の高い($Q_{\text{ex}} \approx 20,000$)空洞でこの方法が適用可能かどうかは不明である。1結合孔の場合の同調曲線(図3)の傾きはかなり急であるが、拡大してみると(図4)、傾きの直径依存性が現われている。 $d = (5/4)\lambda_g$ での傾きを求めるために、 $d = (5/4)\lambda_g \pm 2$ cmの範囲で5個のデータを計算し、それらを直線に最小二乗フィッティングして傾きをだした。1結合孔の場合の β とDの関係を図5(白丸)に示す。 β はDの7.8乗に比例しており、Xバンドでの測定結果と良く一致している。また、SLACのデータ(D=27.7 mm, $t=4.06$ mm, $\beta=5$)はこの直線に乗る。これらのことから、Slaterの方法は十分適用可能であることがわかる。そこで、2結合孔の場合について β の直径D、および厚み t 依存性を調べた。結果を、それぞれ、図5、6に示す。 β はDの8.8-9.7乗に比例し、厚み依存性については、 $\exp(-0.224t)$ に比例する(0.224という値は、半径25, 34 mmの円筒導波管のカットオフによる減衰定数の約半分である)。図7は、 $\beta = 5$ を与える直径と厚みの関係を示す。この図によれば、D=34 mm(導波管のH面の高さ、直径の最大許容値)のときに $\beta = 5$ を与える t の値は、18.5 mmであることがわかる。また、例えば、 $t=12$, D=30 mmにすると、 β を5に保ったまま電界強度を34%低減できることがわかる。以上の結果から、現在製作を進めているSバンドコールドモデルについては、結合孔の厚みを4.06 mmではなくて、8, 12, 16 mmの3種類を作ってテストすることにした。

4. まとめ

2結合孔SLED用空洞共振器について、低電力測定により、電界強度低減の可能性を確認した。また、結合係数を計算するため、MAFIAを用いて計算した同調曲線から結合係数を算出する方法のSLED用空洞共振器への適用可能性を確認し、結合係数の結合孔厚み・直径依存性を求めた。厚み、直径を大きくとれば、電界強度を34%も低減できることが示された。今後、Sバンドコールドモデルによる結合孔寸法の決定、実機の製作、大電力試験を行なう予定である。

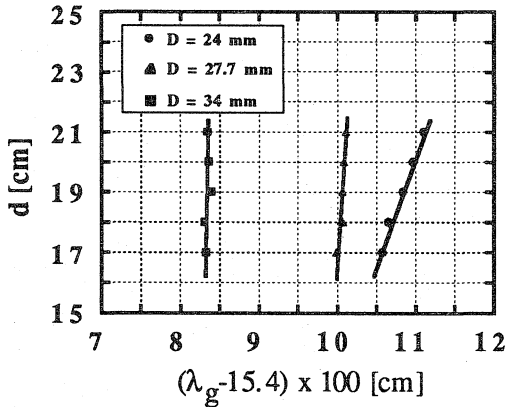


図4 同調曲線（図3）の拡大図

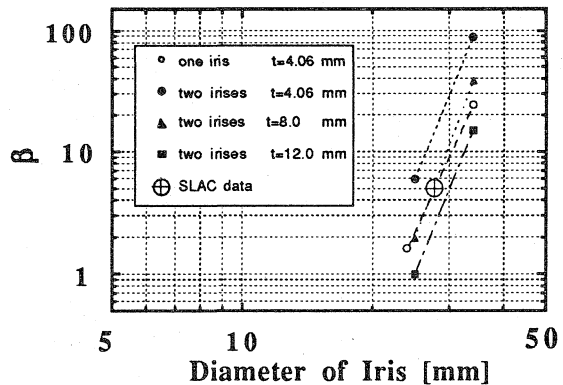


図5 結合孔の直径Dと結合係数 β の関係
(1結合孔および2結合孔)

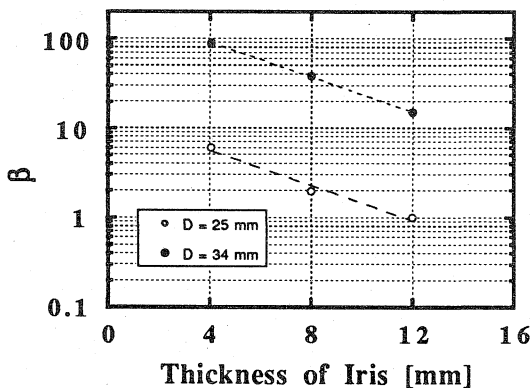


図6 結合孔の厚みtと結合係数 β の関係（2結合孔）

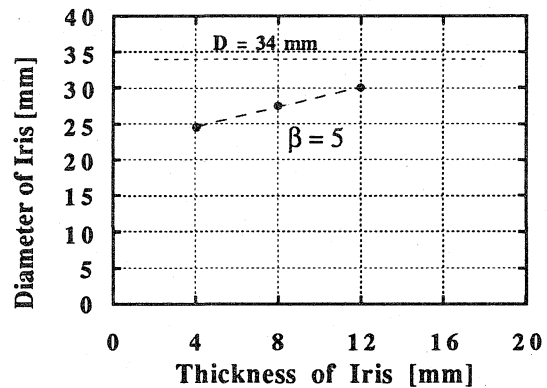


図7 $\beta = 5$ を与える直径Dと厚みtの関係（2結合孔）

参考文献

- 1) Z.D.Farkas, H.A.Hogg, G.A.Loew and P.B.Wilson : "SLED: A Method of Doubling SLAC's Energy", Proc. 9th Int. Conf. on High Energy Accelerators, SLAC (1974) 576.
- 2) M.Bartsch, et al. : "MAFIA Release 3.X", Proc. 1990 Linac Conf., Albuquerque.
- 3) J.C.Slater : "Microwave Electronics", D.Van Nostrand Company, Inc. p.87 (1950).
- 4) T.Kageyama : KEK report 89-4 (1989).