

T. Higo, S. Inagaki, K. Takata, H. Nakanishi, K. Kitagawa
S. Noguchi and T. Furuya
National Laboratory for High Energy Physics

ABSTRACT

The dispersion characteristics of the 12 cell DAW structure designed for TRISTAN accumulator ring was measured using a 1/3 scaled down cavity. The TM_{11} like deflecting modes are separated enough from the acceleration mode, and these will not cause serious problems. The methods of assignments and the characters of the modes are presented.

§1 序

トリスタニ計画 Phase I において、 e^+e^- エネルギー 30 GeV、ルミノシティ $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ のビームを、RF 電力 20 MW 以内で得るためには、500 MHz RF 空洞のシフトインピーダンス Z_{sh} が 35 M Ω /m 以上であることが必要となる。¹⁾ 常規の空洞でこの高い Z_{sh} を有する唯一の空洞として、Disk-and-Washer (DAW) 型の空洞を採用すべく、KEK において 1980 年来研究されてきた。単一空洞の測定から 35~40 M Ω /m の Z_{sh} を得ることができると見通しがあった。²⁾ 高い Z_{sh} を得るためには、空洞間の結合が強いことを生かして、多連結空洞とすることが望ましく、入射蓄積リング用空洞としては、12セル構造が用いられる予定である。DAW 構造の空洞では、高い Z_{sh} の代償として、加速モード付近に他のいくつかのモードが存在し、特に TM_{11} 的の偏向モードが加速モードと重なる可能性があり、多セル構造の場合避けがたい問題となる。³⁾ このモードに特に留意しながら、我々が 500 MHz に Z_{sh} 最大となるように決められた 12セル空洞に対し、分散特性の測定を行ったので、その結果を示す。

§2 測定方法及び結果

測定を行った $1/3$ スケールダウンした 12セル空洞断面の 6セル分を図1に示す。ワッシャーは、1本の半径方向金属ステムで支えられている。これを並行してディスク面 (XX') またはワッシャー面 (YY') を経路して単一セル空洞での測定も行った。電磁場の (r, θ, z) 依存性は、ポロノメカの位置依存性や、金属球を ZZ' または XX' 線上に置いてその共振周波数の変化 Δf から推定した。Z軸上の $\Delta f(z)$ は、対称性を考慮して、端板から空洞中心まで行った。測定により得られた分散特性を図2に示す。

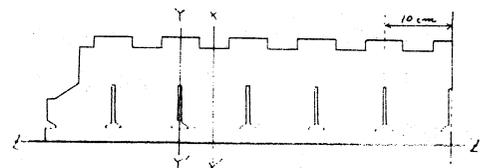


図1 DAW 12セル空洞断面

§2-1 TM_0 モード

TM_0 モードに関しては、共振周波数や、図3に示した軸上の $\Delta f(z)$ 分布を、SUPERFISHによる計算がよく再現することがわかった。また、 TM_0 モード以外は、端空洞の構造が他のセルと異なることにより、軸上電場分布が、完全な周期セル構造の場合の分布からずれていることがわかった。

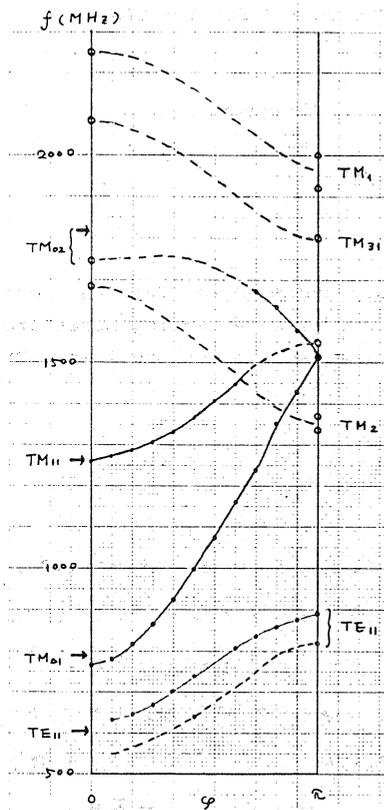


図2 DAW 分散特性

- 12セル測定値
- 単一セル

§ 2-2 TM₁₁ 的なモード

セルあたりの位相差が小さい共鳴は、円筒空洞のTM₁₁モードの電磁場分布から類推されるものとよくあうことが、以下のように判った。例として、1305.4 MHzの共鳴について述べる。ディスク面上の磁場分布は、図4のように2回対称性を示し、XX', YY'と添った金属球でのΔf分布とともに、円筒空洞のTM₁₁モードに類似していることが判る。軸上のΔf(z)も、図5からわかるように、

端空洞の非周期性からΔfが小さくなる効果を除けば、やはり円筒空洞のTM₁₁モードとの類似性を示していると理解できる。故にこのモードは、軸上で磁場がステムに平行なTM₁₁的モードと考えることが出来る。また、1306.7 MHzの共振でも全く同じΔf(z)分布が得られ、(Y, θ)依存性から、軸上磁場がステムに垂直なモードであり、ステムによる遅延が解けた。1305.4 MHzの共振と対するものと

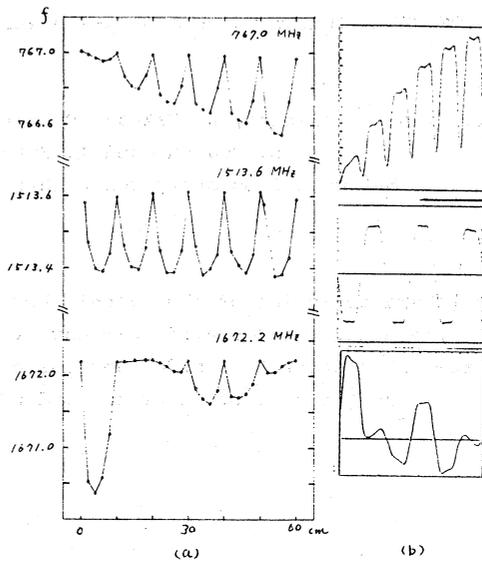


図3 TM₀ モード

(a) Δf(z): 測定値, (b) E₂: SUPERFISH 計算値

加速モードでの群速度は約0.5cと小さく、不正合流の条件がよく満たされていることも、図2より明らかである。一方、半径方向の1本金属ステムが、TM₀モードの軸対称性による影響は、例えば、加速モードで、ワッシャー面に相対する空洞壁での電界強度が、ステムに対して±120°方向では約40%小さくなる、といったことなどは見られる。

1259.4	1261.2
1271.8	1272.2
1285.6	1286.6
1305.4	1306.7
1331.7	1334.3
1365.6	1369.4
1404.5	1409.5
1446.9	
1491.0	1495.5
1524.4	1527.6
(1548)	(1552)

表1
TM₁₁ 的モード
共振周波数(MHz)

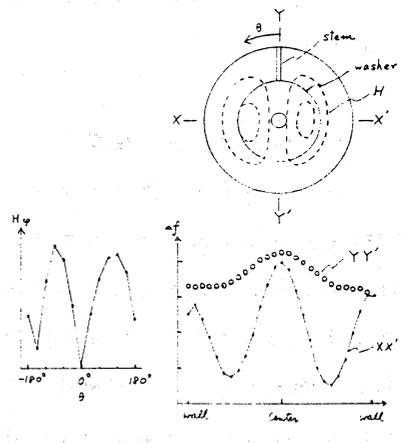


図4 1305.4 MHz モード

考えられる。セル間の位相差が π に近づくとき、 $\Delta f(z)$ は円筒空洞の TM_{11} モードの $\Delta f(z)$ とかなり異なるが、 θ 方向に2回の対称性を示すことから、 TM_{11} 的モードとつながるものと考えられ、図2に破線で示してある。こうして、 TM_{11} 的モードの候補として、表1に掲げたモードが存在するが、この12セル構造では、加速モード1513 MHzと最も近接した1524.4 MHzのモード間で11 MHzの周波数差があり、 TM_{11} 的の偏向モードが加速モードと重なることは無いことが判った。

§ 2-3 TE_{11} 的モード

ワッシ面に平行な方向の電場をもつ TE_{11} モードは、ワッシの影響を大きくうけて、 π モードでは図6に示すような $\Delta f(z)$ 分布を示し、 π モードに近づくとき、 $\Delta f(z)$ 分布は複雑な形をとる。ステムによる縮退は大きく解け、図2に見られるような分散特性を示す。周波数が高い(低い)方が、電場がステムに平行(垂直)なモードである。

§ 3 DAW $1/4$ モデルテスト

$1/4$ スケールの、ディスク面で短絡した5セル銅空洞を製作し、テストを行っていろいろと、これまでに得られた結果を簡単に報告する。低電力の測定では、 $Q_0 = 5.5 \times 10^4$ を得ており、ノッキとステム影響として各々10%の Q 値の低下を見込めると、計算値 8.6×10^4 の約80%を達成している。ワッシ面上に、入力コプラと右一ナを配置して、定常的に50 kWの電力を入力でき、約0.9 MV/mの加速電界が得られた。また、入射蓄積リングに用いる12セルの空洞も製作中である。

REFERENCES

- 1) ABRIDGED DESCRIPTION OF TRISTAN ELECTRON POSITRON COLLIDING BEAM MACHINE (1981).
- 2) K. Takata, et al. "Disk and Washer Structure for an Electron Positron Storage Ring" KEK Preprint 81-3 (1981).
- 3) L. Young and J. Potter, "Defecting Modes in the DAW Structure for the Racetrack Microtron", AT-1 (LANL) 82-59 (1982).

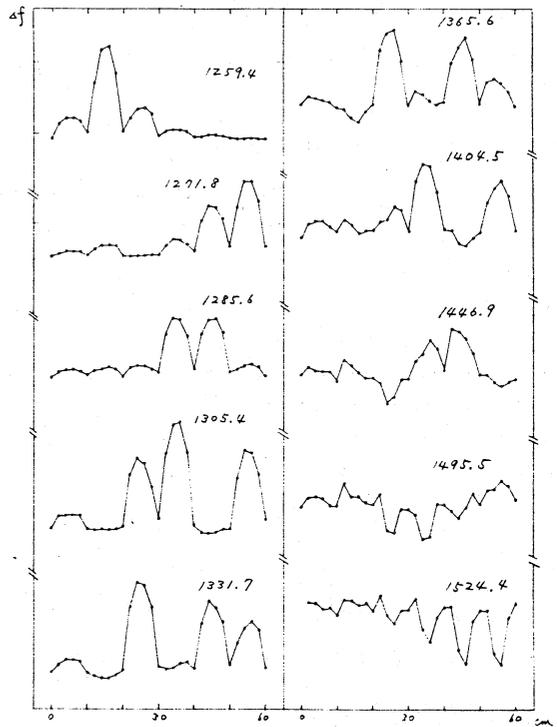


図5 Δf vs. z (TM_{11} 的モード)

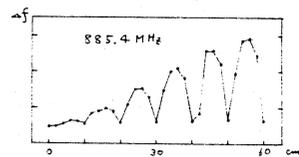


図6 Δf vs. z ($TE_{11\pi}$)