

Measurement of X-Y coupling in the cavity BPM

Y.Honda, Y.Inoue

2005/8/29

概要

The information of the transverse beam positions can be contaminated each other due to the X-Y coupling of the cavity BPM. We assumed the origin of the coupling was port's finite coupling to the orthogonal dipole mode. The outputs from each port of the cavity were measured after it was excited from a port. It was found that the X-Y coupling of the KEK BPMs and BINP BPMs were about -20 dB and -35 dB, respectively.

1 目的

空洞の X 方向、Y 方向のポートと結合するダイポールモードは互いに完全に独立であるのが理想的である。製作の不完全性などから二つのモード間に結合が生じると、ビーム信号に直交方向の位置の信号が混ざり込んでしまう。空洞のポート間測定などから X-Y の結合の大きさを評価する。また、KEK の空洞と BINP(SLAC 使用) の空洞について結果を比較する。

2 空洞のポート間の透過率の測定

ネットワークアナライザを用いて、ポート間の透過率 (S21) を測定した。

2.1 KEK 空洞の測定

KEK 空洞は 4 ポートあるので、全ての組合せ 6 通り (top-left, top-bottom, top-right, left-bottom, left-right, bottom-right) について共鳴ピークでの S21 の値を測定した。結果を表 1 に示す。

表 1: KEK 空洞の測定

cavity	top-left	top-bottom	top-right	left-bottom	left-right	bottom -right
1	-44.5 dB	-24.6 dB	-44.4 dB	-44.0 dB	-26.1 dB	-43.6 dB
2	-36.4 dB	-24.0 dB	-36.4 dB	-37.0 dB	-25.2 dB	-36.5 dB
3	-47.0 dB	-23.2 dB	-47.0 dB	-46.0 dB	-24.9 dB	-46.0 dB

2.2 BINP(SLAC) 空洞の測定

BINP 空洞は 2 ポートなので、一通りの測定。結果を表 2 に示す。

表 2: BINP 空洞の測定

cavity	top-left
1	-47.2 dB
2	-48.5 dB
3	-51.9 dB

3 X-Y 結合の評価

ここでは X-Y 結合はカプラーの直交性の不完全性に起因すると仮定する。例えば、Y 方向位置測定読みだし用のカプラーは Y 方向のダイポールモードに主に結合し、少しだけ X 方向のダイポールモードにも結合している。同様に、X 方向位置測定読みだし用のカプラーは X 方向のダイポールモードに主に結合し、少しだけ Y 方向のダイポールモードにも結合している。

望ましくない方向のダイポールモードと目的の方向のダイポールモードとの結合の比 (図 1 のように両方のモードに同じだけのエネルギーが励振されているときに、ポートから読み出される信号のパワーの比) を X-Y 結合と定義する。

簡単のためここではすべてのポートの X-Y 結合は等しいと仮定して評価する。

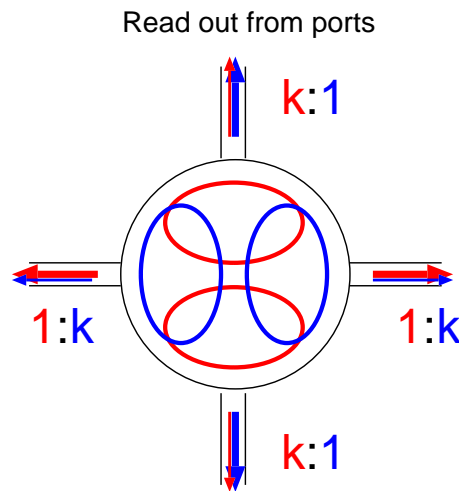


図 1: X-Y 結合の定義。

3.1 KEK 空洞の場合

KEK 空洞は 4 ポートあるので、ポート間測定の結果を比較することでそのまま X-Y 結合を評価出来る。ネットワークアナライザで S21 測定を行うとき、図 2 のようにあるポートから RF を入力すると、X-Y 結合を k とした場合、二つの直交するダイポールモードは $1:k$ のエネルギー比で励振する。蓄積されたエネルギーは、各ポートから少しづつ出力されるが、ここでも $1:k$ の割合で主なモードと直交モードに結合しているので最終的には入力ポートと対面のポートと直交ポートでは $1:2k$ のパワー比で信号が出て来る。対面ポートと直交ポートの S21 の差が $2k$ に相当する。表 1 をみると、空洞によって少しづつ違いはあるもののこの差は約 20dB である。対面ポートの測定と直交ポートの測定それぞれについて平均したものを比較して表 3 にまとめる。

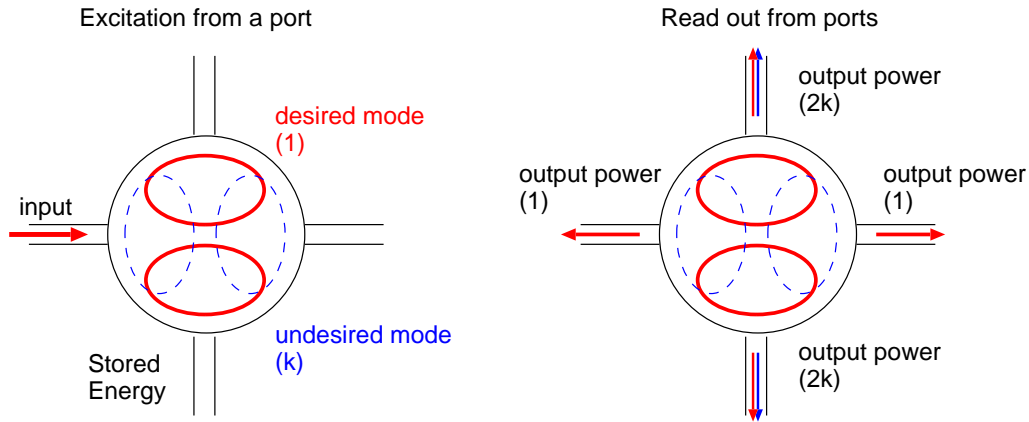


図 2: KEK 空洞の測定の原理。

表 3: KEK 空洞の X-Y 結合の測定結果

cavity	S21 for opposite port (dB)	S21 for orthogonal port (dB)	ratio (dB) (2k)
1	-25.4	-44.1	-18.7
2	-24.6	-36.6	-12.0
3	-24.1	-46.5	-22.4

3.2 BINP(SLAC) 空洞の場合

3.2.1 セットアップ

BINP 空洞は 2 ポートしかないので、KEK 空洞の対面ポートに対応する情報を直接はかることは難しい。(wave guide 部のマッチングやロスをうまく評価できれば S11 の測定もあわせると可能はずではある。) 直接的に二つのポートから出て来るパワーを比較出来るように図 3 のセットアップを組んだ。入力発振器で生成したパルス化した RF を用い、ハイブリッドを用いて空洞からの反射波を測定できるようにした。パルス長は空洞が定常状態になるのに十分な長さ (3 μ sec) とした。入力のパルスが終わったあとに空洞から漏れ出て来る信号を二つのポートで比較する。基本的には 3.1 と同じ。まず、入力 RF によって空洞内に 1 : k の割合で二つの方向のモードが励振する。RF が切れたあと、ポートから最終的に 1 : 2k のパワー比で出て来る。

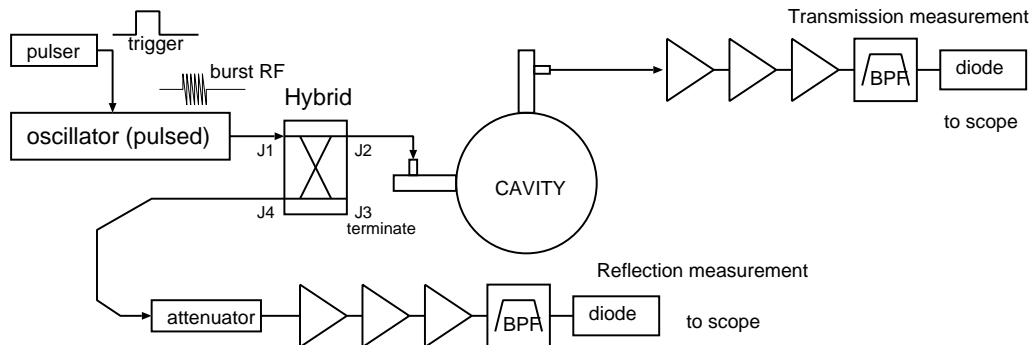


図 3: 透過、反射測定のセットアップ。

アンプ 3 段と BPF を通したあとダイオードで検波し、オシロスコープで電圧を測定する。透過側と反射側ではレベルが大きく違うので、反射を測定する場合はアンプの直前に 30 dB のアテネータを追加して欲しい同じ大きさの信号を測定するようにしてある。測定された電圧を空洞の SMA コネクタの位置での RF のパワーに換算できるようにキャリブレーションされている。

3.2.2 測定

ダイオードでは図 4 のような信号が観測される。パルス RF が入力されると、空洞が定常状態になるまで透過パワーは徐々に増大していき、反射パワーは減衰していく。入力が切れた後は、透過側、反射側から減衰しながら信号が出て来る。入力パルスが終わってから 400 nsec 後の反射側、透過側のパワーを測定した。この比が $1:2k$ に相当する。結果を表 4 に示す。

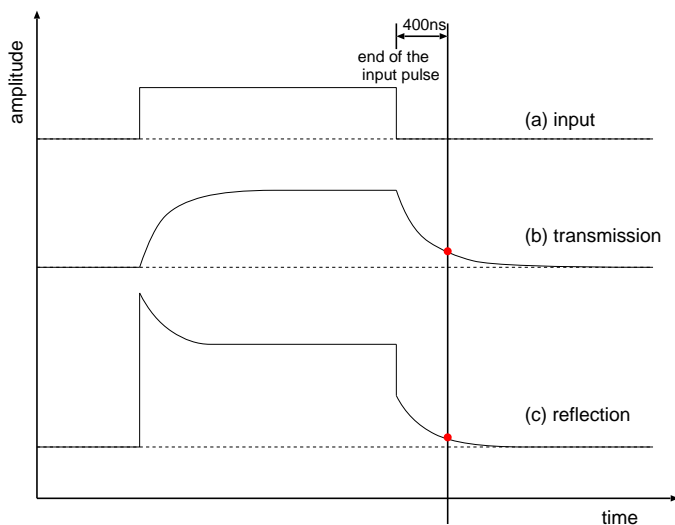


図 4: 測定される信号の模式図。

表 4: BINP 空洞の X-Y 結合の測定結果

cavity	input	output	reflection (dBm)	transmission(dBm)	ratio (dB) ($2k$)
1	top	left	-40.4	-69.7	-29.3
1	left	top	-39.5	-69.5	-30.0
2	top	left	-41.5	-73.5	-32.0
2	left	top	-38.2	-74.0	-35.8
3	top	left	-20.1	-71.3	-51.2
3	left	top			

4 結論

KEK 空洞の X-Y 結合は約-20dB。BINP 空洞の X-Y 結合は約-35dB。