

Wave guide to Coaxial cable Adapter for IP-BPM

Y.Honda

2005/9/27

概要

The most difficult process in the cavity BPM fabrication is the connection of the cavity part and the wave guide part. An idea to get rid of the process has been proposed, which is to fabricate the cavity and the wave guide as a single block by fabricating the wave guide using an end-mill. The inner corners of the wave guide have to be rounded if it was fabricated by an end-mill. We modified the existing design of the wave guide to coaxial cable adapter for Q-BPM employing rounded corners and for the signal frequency of the IP-BPM.

1 目的

IP-BPMの導波管から同軸ケーブルへの変換部分(アンテナの位置)について設計する。いわゆる”空洞と導波管の一体化方式”では、エンドミルによって導波管を削り出すことを考えているため、導波管の内壁の角にアールが付く。この影響をいれてアンテナの位置を最適化する。また、X方向とY方向では空洞の周波数を大きく変える為、それぞれの周波数にあわせた設計をする必要がある。

2 設計

これまで設計してきたQ-BPMの場合を基にして設計する。ただし、IP-BPMではビーム軸と直交方向のサイズに制約が無い、ビーム軸方向には出来るだけコンパクトにしたい、の2点から導波管の向きをQ-BPMとは変えて、直交方向にした。

導波管の方向を変えたことで、いわゆる”空洞と導波管の一体化方式”が可能になる。これは、空洞と導波管を一つのブロックの両方向から削ってつくるアイデアで、もっとも問題が多いと考えられている空洞と導波管の接合をしなくて良いというメリットがある。

2.1 要請と設計の基本方針

信号となる空洞のダイポールモードは、いまのところ、Y方向6.426 GHz, X方向5.712 GHzと決めている。コモンモードは約4.0 GHzである。コモンモードを通過させない為に、導波管のカットオフ周波数はコモンモード以上にしたいうえで、それぞれ目的の周波数で同軸に完全にマッチさせたい。また、フィードスルー(アンテナ)の設計を新しくするのは面倒なので、出来る限りアンテナの位置だけを変えて済ませるようにする。

図1でQ-BPMの場合の設計と、今回のIP-BPMの場合を説明する。図1(a)中にQ-BPMの場合のパラメータが示されている。導波管は、幅27.5mm、高さ8.0mmの矩形である。幅からカットオフが5.5GHz付近と決まる。この断面の基本形状はQ-BPMとIP-BPMで共通とした。

IP-BPMの導波管はR=3.0mmのエンドミルで横から削ると仮定して、内壁の角を丸めた。

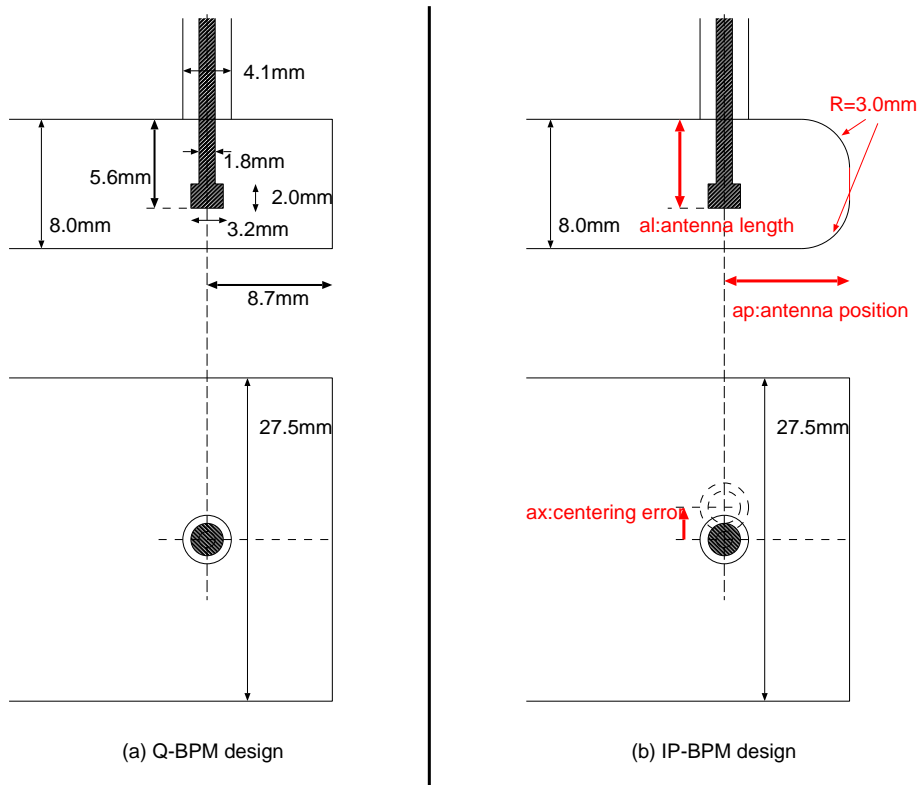


図 1: Q-BPM の場合の設計と IP-BPM の場合の変更点。

2.2 Q-BPM の場合

図 2 は Q-BPM の時のシミュレーションの結果である。MAFIA を用いて S パラメータのシミュレーションを行った。導波管側から TE モードで RF を入力し、その反射の周波数依存 (S11) を見た。6.426 GHz 付近で導波管-同軸変換器として完全にマッチして反射がゼロになるように設計されている。

2.3 IP-BPM(Y 方向) の場合の設計

はじめに Y 方向ポートの場合を考える。周波数は Q-BPM と同じで 6.426 GHz であるから、最小限の変更で合わせられるはずである。導波管の先を丸めた場合、実効的に長さが短くなったわけだから導波管の終端からのアンテナの距離 ap(図 1(b) 中、ap:antenna position) を Q-BPM のときよりも少し長くする方向に変更する必要がある。

アンテナの長さ (図 1(b) 中、al:antenna length) は Q-BPM と同じ値、5.6mm に固定して、ap を変えて計算を繰り返した。ap=9.2 mm の時に 6.426 GHz で反射がゼロになるようにできた (図 3 上)。ちなみにこのときの電場の様子を表したのが図 4。

2.4 IP-BPM(X 方向) の場合の設計

X 方向のポートは周波数が 5.712 GHz であり少し違うので、ap を変えただけでは完全にはマッチできなかった。(反射最小を与える周波数を合わせることはできるが、最小値をゼロには出来なかった。) そこで、ap で周波数を合わせた後にアンテナの長さ (al) を動かして調整した結果 (さらにもう

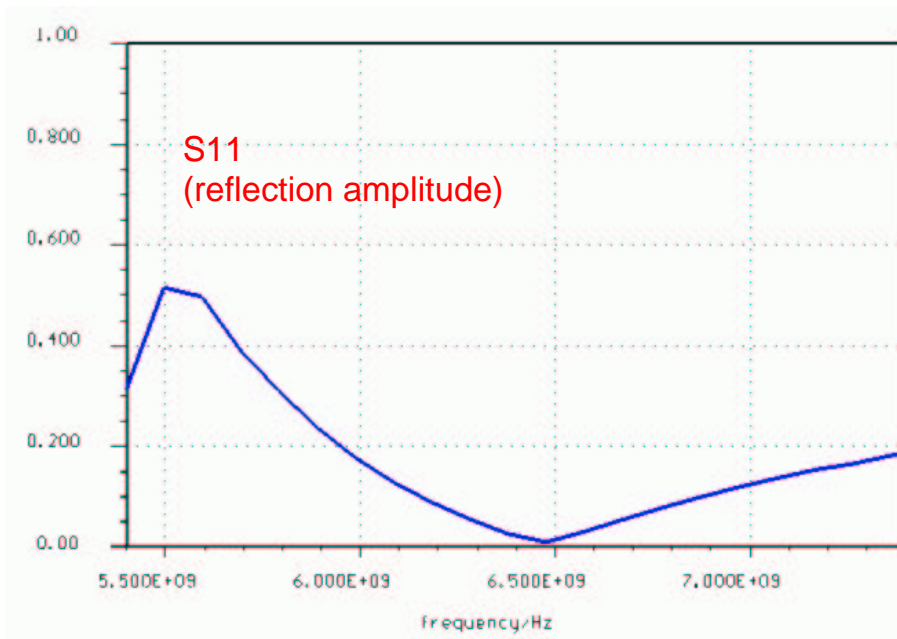


図 2: Q-BPM の設計の反射の周波数依存。

一度 ap を微調整)、ap=14.5mm, al=5.1mm の場合に図 3 下に示すように 5.712 GHz で反射ゼロを実現できた。

3 製作誤差の許容範囲の評価

アンテナの位置誤差がマッチする周波数にどの程度影響するかを調べる。アンテナ取り付け時に考えられる図 1 に示した 3 方向 (ap:position, al:length, ax:centering) の誤差について独立に評価した。

3.1 アンテナの位置

al=5.6 mm, ax=0.0mm に固定して ap だけを動かした時の S11 の最小値を与える周波数の変化を図 5 に示す。6.426 GHz 近辺では 250 μ m ずれると 100MHz 変化、5.712 GHz 近辺では 1000 μ m ずれると 100MHz 変化することが読み取れる。但し、図 3 を見ても分かるように 100 MHz シフトしても、反射が 5%程度に増える程度なのでそれほど影響は無い。

3.2 アンテナの長さ

次に、ap=9.2 mm, ax=0.0mm に固定して al だけを動かした時の S11 の最小値を与える周波数の変化を図 6 に示す。6.426 GHz 近辺では 100 μ m ずれると 100MHz 変化することが読み取れる。

3.3 アンテナの中心からのずれ

次に、ap=9.2 mm, al=5.6mm に固定して ax だけを動かした時の S11 の最小値を与える周波数の変化を図 7 に示す。6.426 GHz 近辺では 2000 μ m ずれると 100MHz 変化することが読み取れる。この方向のずれはほとんど効かない。

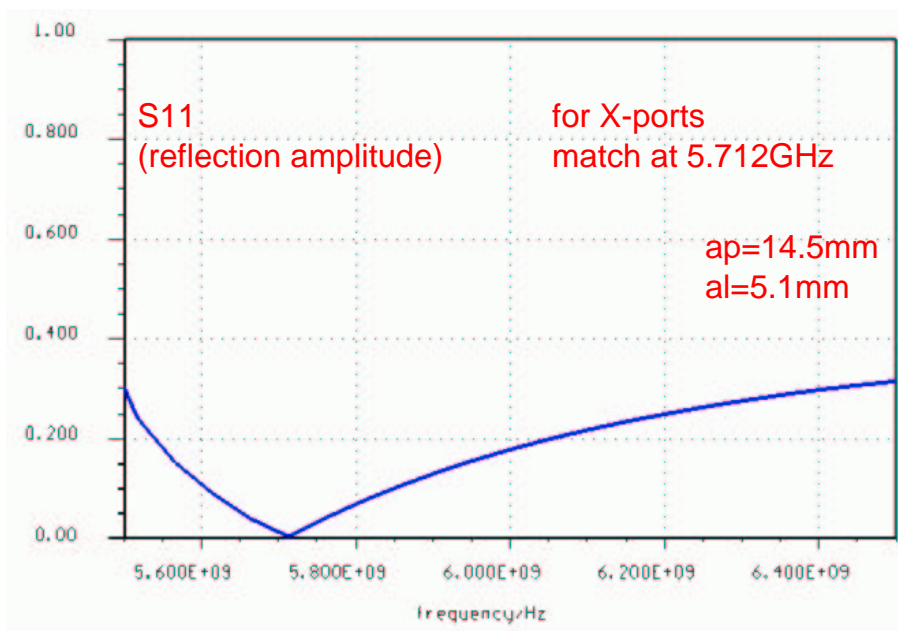
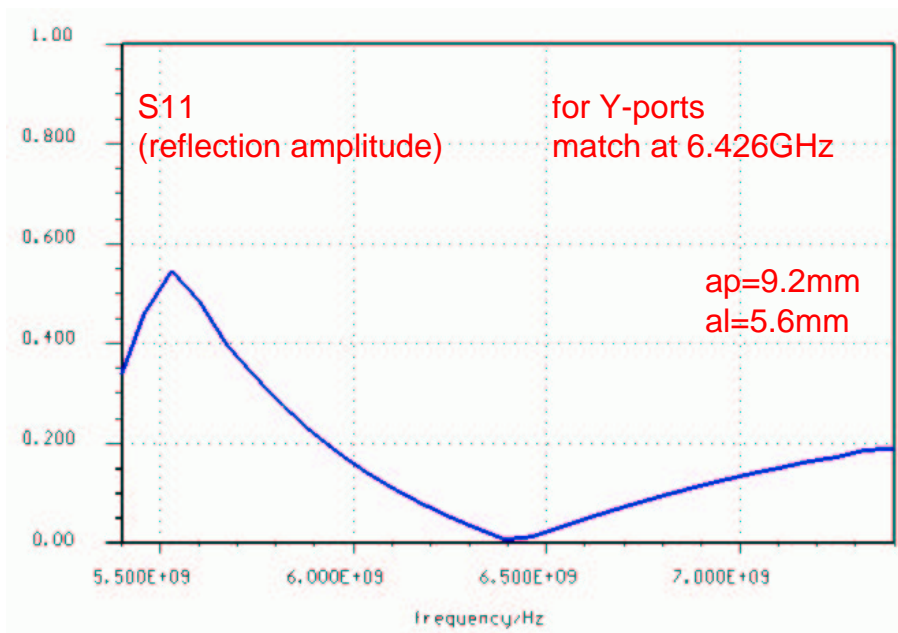


図 3: 新しい設計の場合の反射の周波数依存。

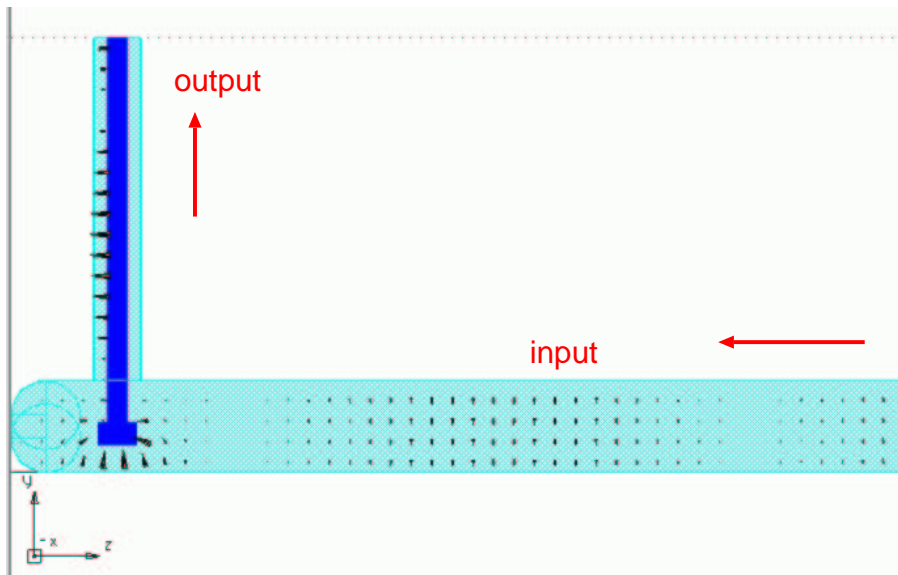


図 4: マッチした周波数の時の電場の様子

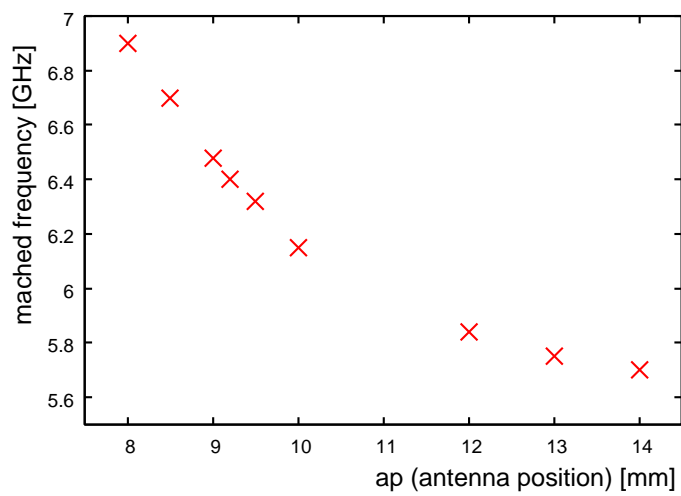


図 5: ap の値と S11 の最小値を与える周波数の関係。al=5.6 mm, ax=0.0mm に固定して ap だけを動かした。

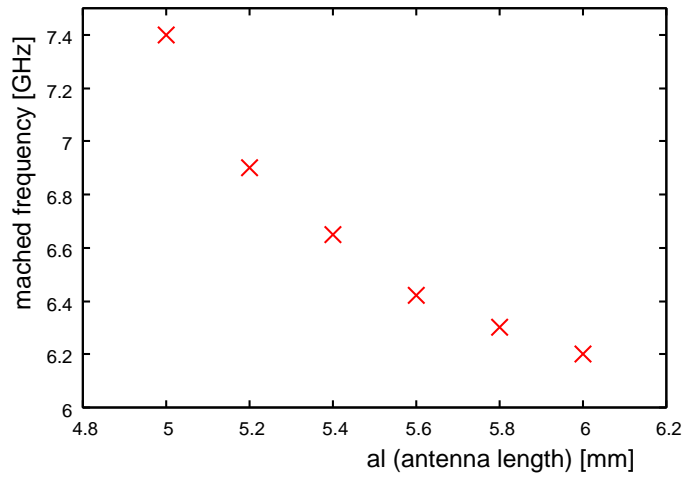


図 6: al の値と S11 の最小値を与える周波数の関係。ap=9.2mm, ax=0.0mm に固定して al だけを動かした。

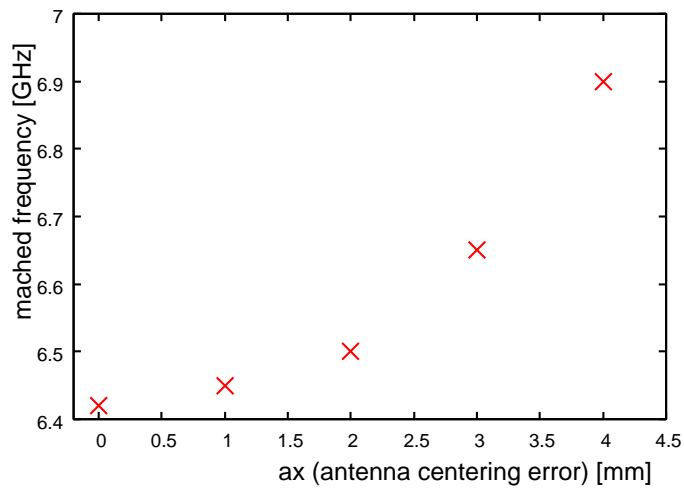


図 7: ax の値と S11 の最小値を与える周波数の関係。ap=9.2mm, al=5.6mm に固定して ax だけを動かした。

4 まとめ

幅 27.5mm、高さ 8.0mm の導波管を使い、内壁の角を $R=3.0\text{mm}$ で丸くする。Q-BPM と同じ形のフィードスルー (アンテナ) を使用すると、

Y ポートの変換器 $a_p=9.2 \pm 0.25 \text{ mm}$ 、 $a_l=5.6 \pm 0.1 \text{ mm}$ 、 $a_x=0.0 \pm 2.0 \text{ mm}$ 。

X ポートの変換器 $a_p=14.5 \pm 1.0 \text{ mm}$ 、 $a_l=5.1 \pm 0.1 \text{ mm}$ 、 $a_x=0.0 \pm 2.0 \text{ mm}$ 。