

## DAΦNE タイプ進行方向キッカーの Q、Rsh の計算

飛山 真理

、HFSS を使った計算

モデル：1/4 を入れたモデル。境界条件は、左右とも Magnetic としている。

計算するもの：

- 1) ポートから入れる周波数をスイープし、中心軸上の電場を計算する。
- 2) ポートの位相が 0 度と 90 度のものの電場の中心軸上の積分値  $V = \int_{-L/2}^{L/2} E(\omega) ds$  を求める。
- 3) 電圧  $V = \sqrt{V_0^2 + V_{90}^2}$ 、位相  $\varphi = \tan^{-1} \frac{V_0}{V_{90}}$  を周波数でプロットする。
- 4) 位相については周波数に伴う位相の進み（線形）を補正するため、周波数はずっと低いあたりで上記の計算をしたものでいい加減に傾きを出し、いい加減に補正する（当てにならない）

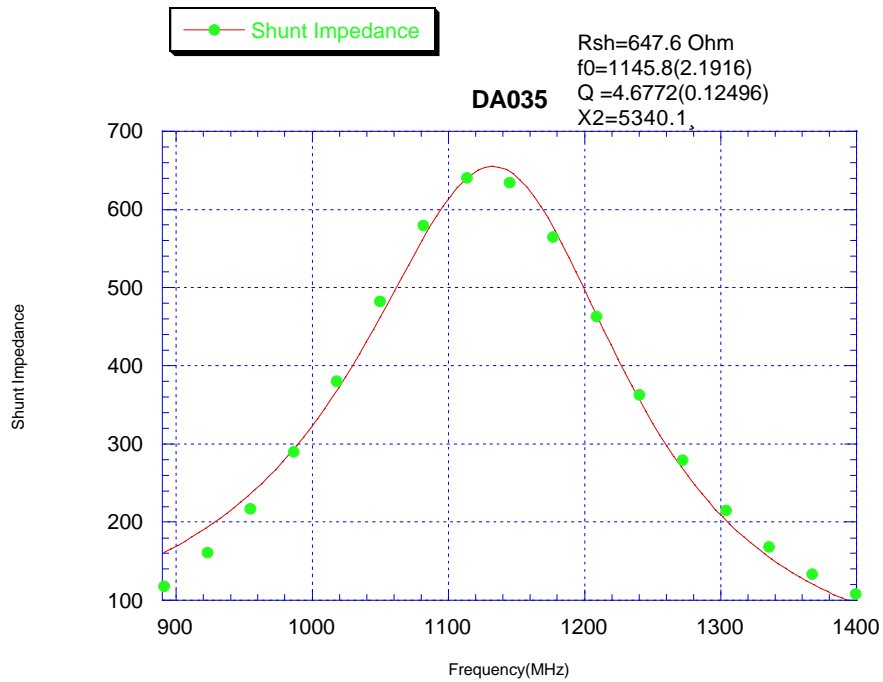
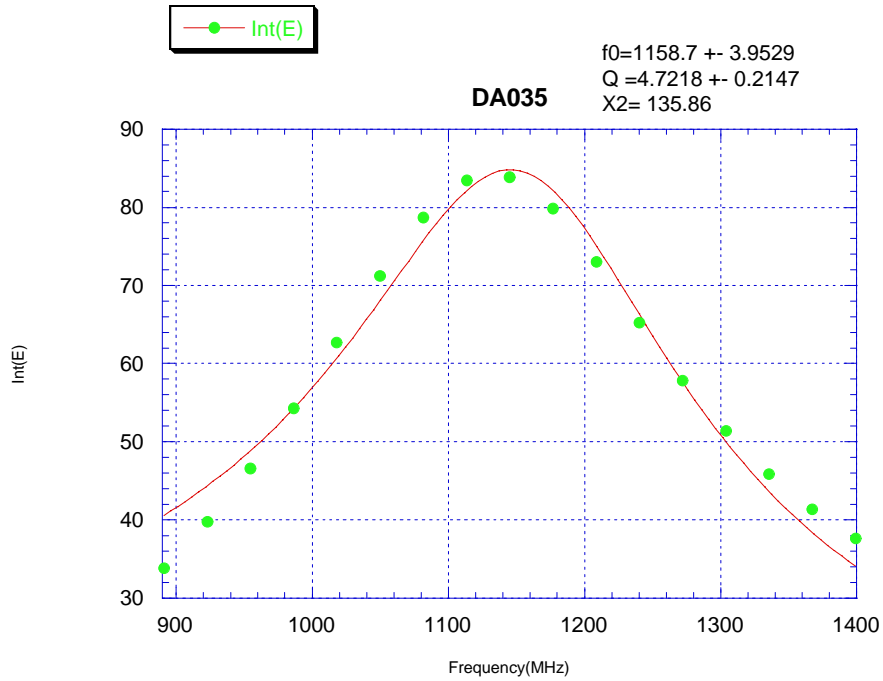
- 5) 直列 LCR 共振回路の式  $L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = V_1 e^{j\omega t}$  を解いた解が

$$q = \frac{V_1}{L[(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + R^2 \omega^2 / L^2]^{1/2}} e^{j(\omega t - \varphi)}$$

で、 $Q = \frac{L\omega_0}{R}$  とすると、fitting function は  $V(f) = \frac{m_1}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right)^2 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2 \left(\frac{1}{Q}\right)^2}}$  となる。

- 6) シャントインピーダンスは、 $P = \frac{V^2}{2R_{sh}}$  から求めるが、Transit Time Factor を掛けてお

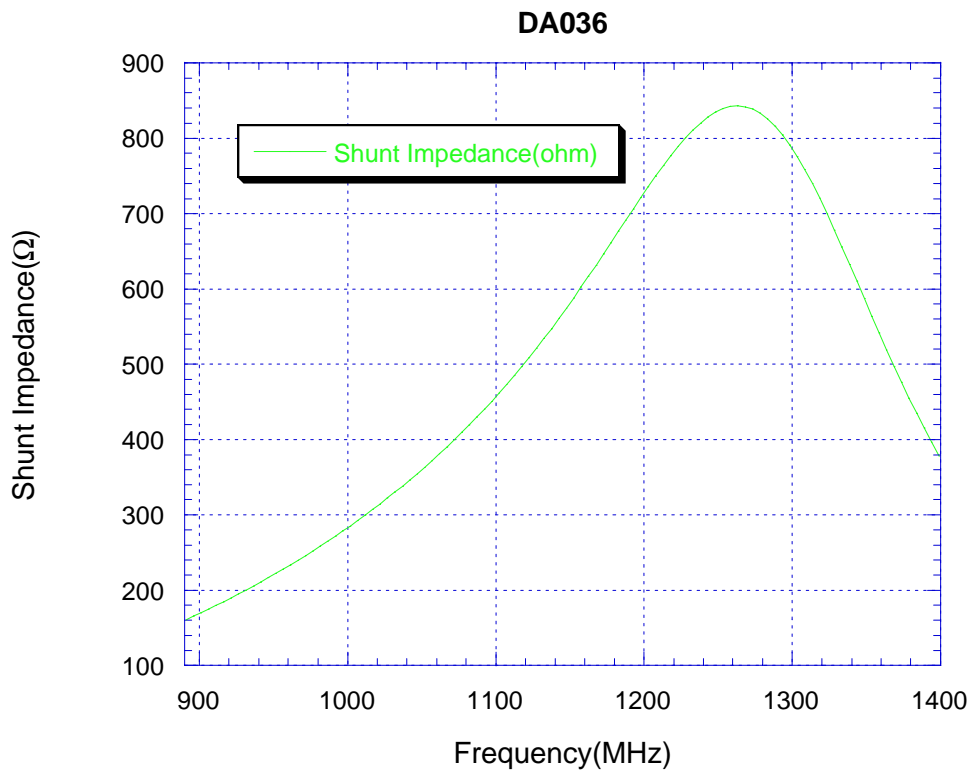
くので、これよりは小さくなる。fitting function は単純に 5) の式を 2 乗したものの、つまり、下の root がない形とした。



Frascati の論文では、中心に wire を通した場合についても計算してある。このとき、wire の characteristic impedance を  $Z_0$  とすると、longitudinal beam impedance  $Z(\omega)$  は近似的に

$$Z(\omega) = 2Z_0 \left( \frac{1}{S_{21}} - 1 \right)$$

と表されるらしい。これについても同様な計算を行ってみた。キッカーのシャントインピーダンスはこの2倍の値となる。



wire は直径 3mm を使っている。擾乱がかなり大きく(120MHz 程度)、あまり当てにならないが、それほどかけ離れた値でもなさそうである。

、MAFIA を使った計算

MAFIA320 の T3 を使い、ビーム軸に沿ってビームを走らせ、1)longitudinal impedance 及び 2)transverse impedance を求める。

MAFIA が計算してくれるものは、各方向についての

$$\int_{-L/2}^{L/2} ds \vec{F}_{\perp} = -eI_m W_m(z) m r^{m-1} (\hat{r} \cos m\theta - \hat{\theta} \sin m\theta),$$

$$\int_{-L/2}^{L/2} ds F_{//} = -eI_m W'_m(z) r^m \cos m\theta$$

である。

これから、Longitudinal impedance は  $Z_m^{\parallel}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dz}{c} e^{-i\omega z/c} W_m'(z)$ 、transverse impedance は

$Z_m^{\perp}(\omega) = i \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dz}{c} e^{-i\omega z/c} W_m(z)$  から求めることになる。具体的には、

[1]Longitudinal インピーダンス

- 1)MAFIA のモニター-W3 を FFT し、amplitude と位相を出す。
- 2)qbeam も同様に FFT し、amplitude と位相を出す。
- 3)求めるインピーダンス zam は  $w3am / c0 / qbeamam$  である。(FFT の長さは同じ)

[2]Transverse インピーダンス

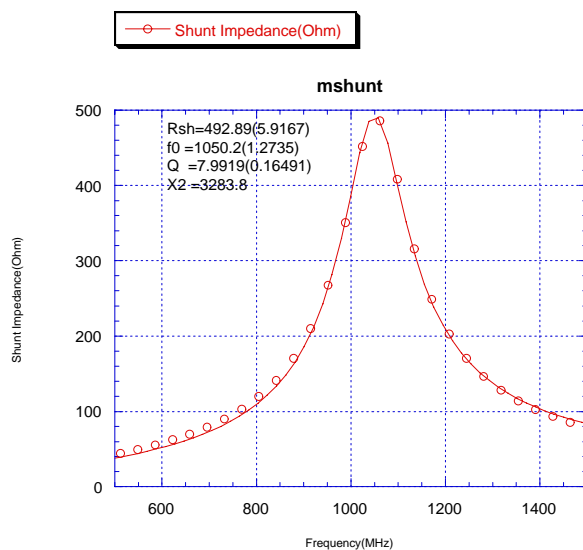
- 1)x 方向にたとえば 5mm ずらしたとする。x 方向の境界条件は electric にする。このため、空洞には monopole なしの dipole フィールドがたつ。
- 2)monitor W1 を FFT し、amplitude と位相を出す。
- 3)qbeam も同様に FFT し、amplitude と位相を出す。
- 4)求めるインピーダンス zam は  $w1am/c0/5mm/qbeamam$  である。

得られた結果について、Longitudinal に関しては、 $Z_m^{\parallel} = \frac{R_s}{1 + iQ\left(\frac{\omega_R}{\omega} - \frac{\omega}{\omega_R}\right)}$  で fit し、シャ

ントインピーダンス及び Q 値を出す。transverse に関しては、Panofsky-Wenzel から

$Z_m^{\perp} = \frac{c}{\omega} \frac{R_s}{1 + iQ\left(\frac{\omega_R}{\omega} - \frac{\omega}{\omega_R}\right)}$  で fit することになる。

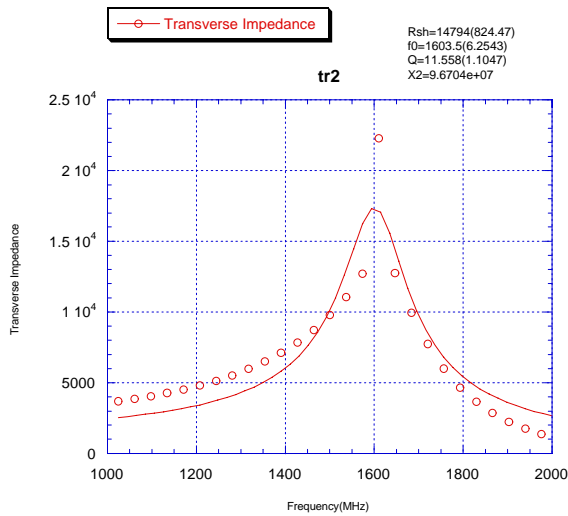
結果 1 Longitudinal impedance



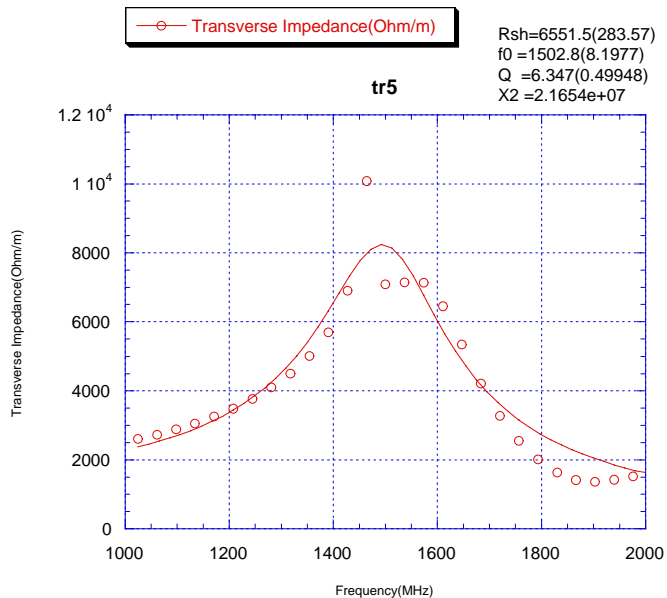
HFSS の計算に比べて、Q は高いし shunt impedance は低いという散々な結果となった。大体周波数が 100MHz ずれているし。あえて強弁するなら、factor 2 には入ってはいる。

## 2 Transverse Impedance

ビームを X 方向に 1cm オフセットして T3 を走らせた。得られた結果は



といった形となり、fit は悪いし  $R_{sh}$  が  $20k /m$  と結構大きい。ARES が 1 個あたり最大  $10k /m$  以下であることを考えると、非常に厳しい値である。pillbox 空洞と考えるとこの周波数は TM<sub>110</sub> (1620MHz) と考えられる。対策として、ビームパイプを大きくすると、カットオフが下がってくるので、例えば  $\phi 110$  にすれば現在の  $\phi 94$  のカットオフの 1.9GHz から 1.6GHz までなって、救われるのではないかと。計算結果は下図のようになった。



これから、 $R_{sh}$  は半分以下になったので、一応合格として良いのではないだろうか。