

Report on the Experiment

No. 8

Subject ミリ波工学の応用 帯域フィルタの設計製作

Date 2021. 07. 14

Weather 腫れ Temp 24.8 °C Wet 68 %

Class	E5
Group	4
Chief	
Partner	高野 智也 黒神 拓伸

No	14
Name	小畠 一泰

Kure National College of Technology

1 目的

30～300GHz の周波数帯に亘る電磁波は一般にミリ波と呼ばれる。このミリ波帯で実績を持つ NRD ガイド (非放射型誘電体線路; Nonradiative Dielectric Waveguide) を用い、代表的な回路素子の一つである帯域フィルタの設計・製作を通して、ミリ波回路素子の測定法、及びミリ波自動回路解析装置の操作法などを習得する。

2 結果

2.1 外部 Q の特性

表 1: 外部 Q の特性

結合間隔 [mm]	周波数 [GHz]	3dB 帯域幅 [GHz]	外部 Q_e [-]
2.0	60.112	0.43896	273.8837252
1.8	60.125	0.49643	242.2295188
1.6	60.137	0.55813	215.4945980
1.4	60.112	0.31929	376.5354380
1.2	62.087	0.49375	251.4916456

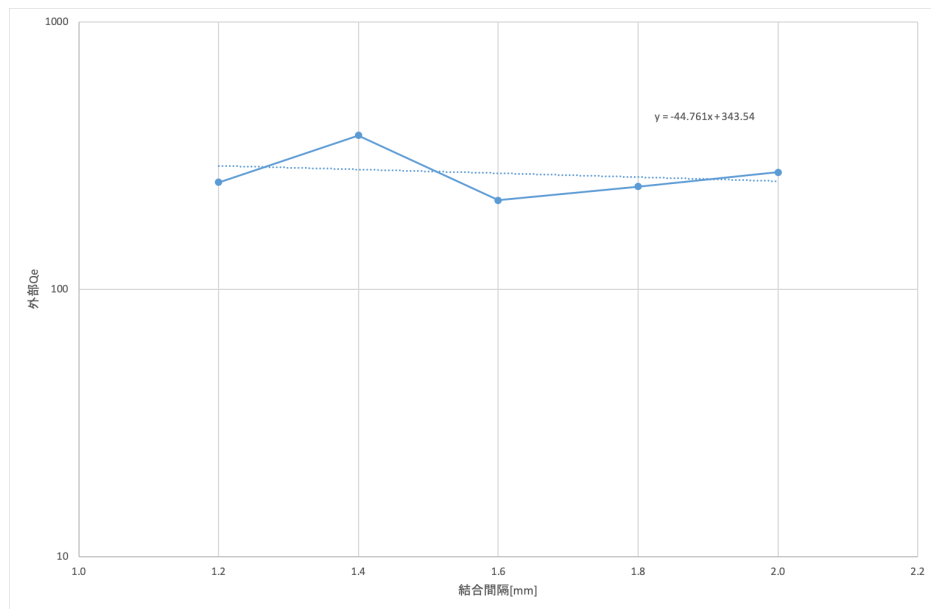


図 1: 結合間隔-外部 Q_e

2.2 結合係数 k の測定

表 2: 結合係数 k の測定

結合間隔 [mm]	共振周波数 f1[GHz]	共振周波数 f2[GHz]	結合係数 [-]
2.0	60.700	60.100	0.009933775
2.5	60.587	60.137	0.007455021
3.0	60.525	60.137	0.006431188
3.5	60.525	60.100	0.007046632
4.0	60.512	60.100	0.006831824

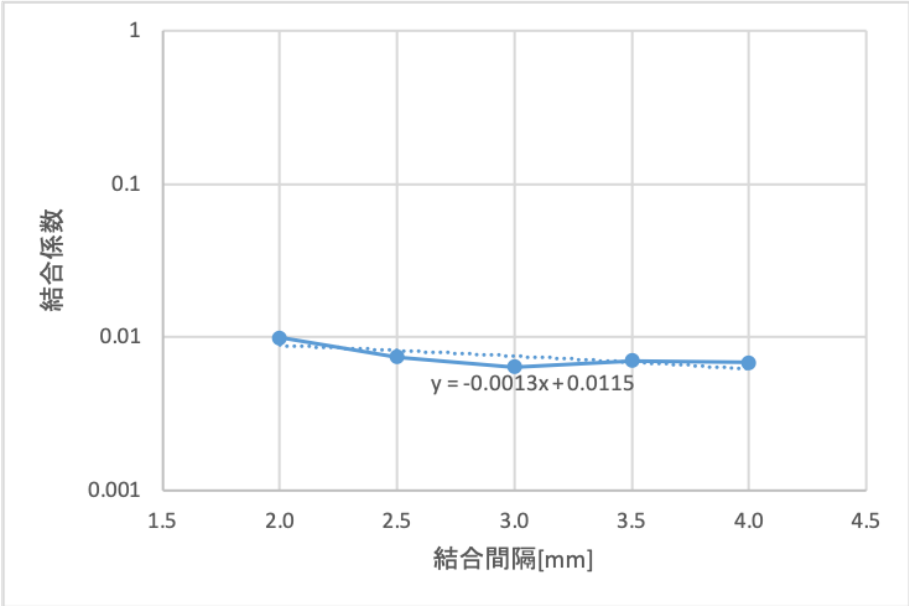


図 2: 結合間隔-結合係数

表 1 及び 表 2 から間隔を算出した。なお算出には本実験結果を用いると不適切な値が算出されたので、過去の実験データを用いた。その結果を 表 3 に示す。

表 3: 測定値より算出した間隔

間隔 [mm]	
1dB リップル	Q: 1.2
1dB リップル	K: 2.9
3dB リップル	Q: 2.1
3dB リップル	K: 3.3

2.3 帯域フィルタの設計製作

表 4: 周波数特性

1dB-周波数 [GHz]	1dB-損失 [dB]	3dB-周波数 [GHz]	3dB-損失 [dB]
58.500	-21.220	58.500	-29.050
58.750	-23.030	58.750	-30.610
59.000	-36.860	59.000	-27.400
59.250	-28.230	59.250	-27.630
59.500	-22.170	59.500	-26.230
59.750	-17.880	59.750	-21.090
60.000	-15.420	60.000	-21.170
60.250	-8.890	60.250	-18.200
60.500	-9.090	60.500	-14.020
60.750	-11.280	60.750	-14.940
61.000	-13.780	61.000	-22.020
61.250	-16.290	61.250	-39.100
61.500	-22.260	61.500	-34.020
61.750	-24.380	61.750	-38.820
62.000	-24.860	62.000	-41.570
62.250	-27.520	62.250	-36.920
62.500	-27.700	62.500	-38.640

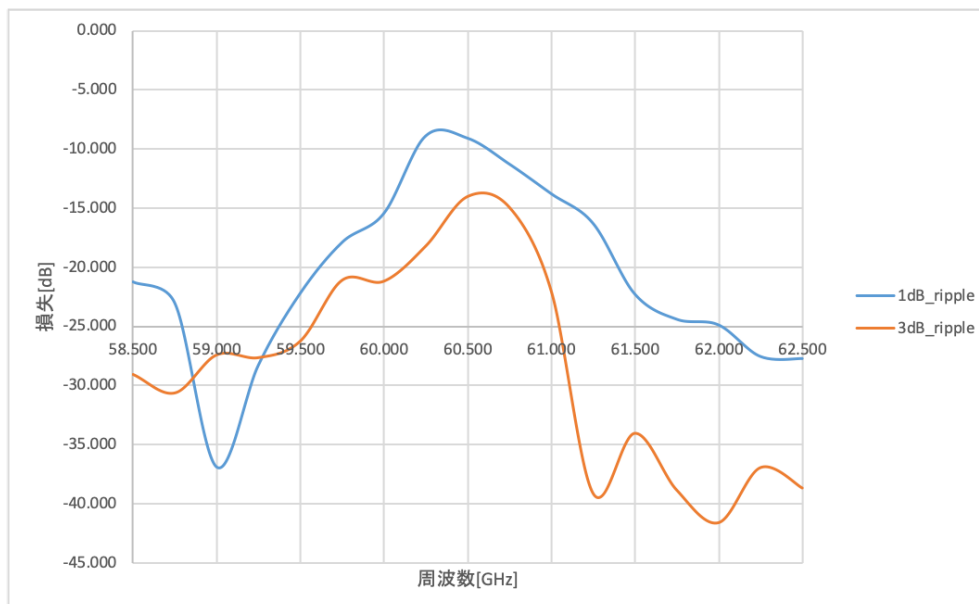


図 3: 周波数特性

3 考察 (12 黒神)

3.1 試作したバターワース型, 及びチェビシェフ型それぞれの両特性について, 設計値と実験値の差違があれば, その原因について考察せよ.

設計値と実測値で違いがあり, その原因は NDR ガイドを設計する際のずれによる誤差や, そもそもテフロン[®]の距離が短くなるにつれ測定が難しくなっていくことにあると考えた.

3.2 バターワース型, 及びチェビシェフ型それぞれのフィルタの応用分野について, その優劣を考慮しながら検討せよ.

- バターワース型
 - － 通過域がフラットである. 分離したい信号の周波数帯が比較的離れている場合に適用できる.
- チェビシェフ型
 - － 通過域にリプルを持たせることで, バターワース型に比べて遮断周波数近辺の減衰傾度を大きいため, 減衰傾度を少し大きくとりたい場合に適用できる.

3.3 NRD ガイドは線路の曲がりや不連続で不要放射がないことを特徴とする高性能ミリ波誘電体線路であり, 今回の実験でその非放射性を実感したことと思うが, 問題点も多々感じられたかと考える. そこで NRD ガイドの問題点を明示するとともに, その解決策を論ぜよ.

NRD ガイドの設計は非常に難しく, コンマミリ単位のテフロン[®]の位置調整を人間の手で行う点について誤差が生じやすい環境であることが問題点だと考える. 解決策として, 事前に距離を調整するためのテンプレートや固定器具などを用意するべきだと感じた

4 考察 (14 小島)

4.1 試作したバターワース型, 及びチェビシェフ型それぞれの両特性について, 設計値と実験値の差があれば, その原因について考察せよ.

実験室の気温や湿度, テフロン of 接着に用いた糊などにより電磁波が阻害された点と, 手作業により間隔調整などを行ったため設計値通りに作成できなかった点により差異が生まれたと考える.

4.2 バターワース型, 及びチェビシェフ型それぞれのフィルタの応用分野について, その優劣を考慮しながら検討せよ.

それぞれの特徴を列挙する.

- バターワース型
 - 通過域がフラットな場合に用いられる
 - 構成しやすく一般的
 - 分離したい信号の周波数帯が比較的離れている場合 (10 倍程度)
- チェビシェフ型
 - 通過域にリップルを持たせることで, 遮断周波数近辺の減衰傾度を大きくした特性回路構成は設計に手間がかかる
 - 過渡応答でリングングが大きい
 - バタワース程度の回路構成で, 減衰傾度を少し大きくとりたい場合に用いられる

次に 図 4 にそれぞれのフィルタの特性を示す.

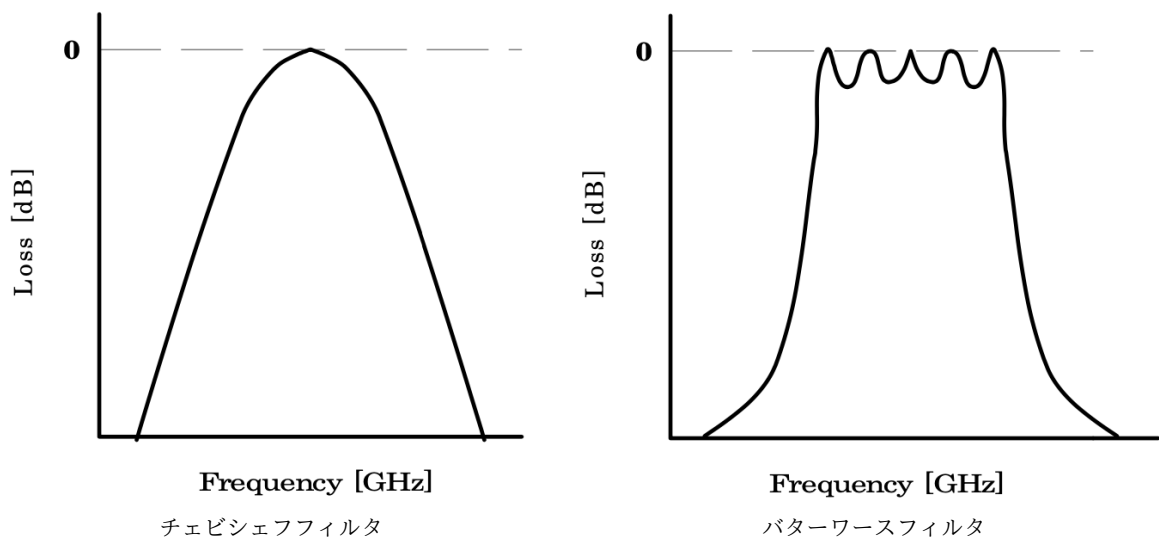


図 4: 動作伝送量に基づく帯域フィルタの特性

これらより回路規模や目的によってフィルタの選択をする必要がある.

4.3 NRD ガイドは線路の曲がりや不連続で不要放射がないことを特徴とする高性能ミリ波誘電体線路であり、今回の実験でその非放射性を実感したことと思うが、問題点も多々感じられたかとする。そこで NRD ガイドの問題点を明示するとともに、その解決策を論ぜよ。

問題点は考察 1 でも論じた通り手作業により行っている間隔調整やテフロンによる誘導体が接着が甘いため簡単にズレてしまう点である。解決するにはそれらを取りやめ、機械的に線路を作成することや、糊と手による接着から、間隔調整専用の溝のあるガイドなどを作成しその上で作業を行うことで問題点は解決され则认为る。

4.4 参考文献

- フィルタの特性と特徴 | エヌエフ回路設計ブロック (http://www.nfcorp.co.jp/techinfo/keisoku/module/f_chara.html)