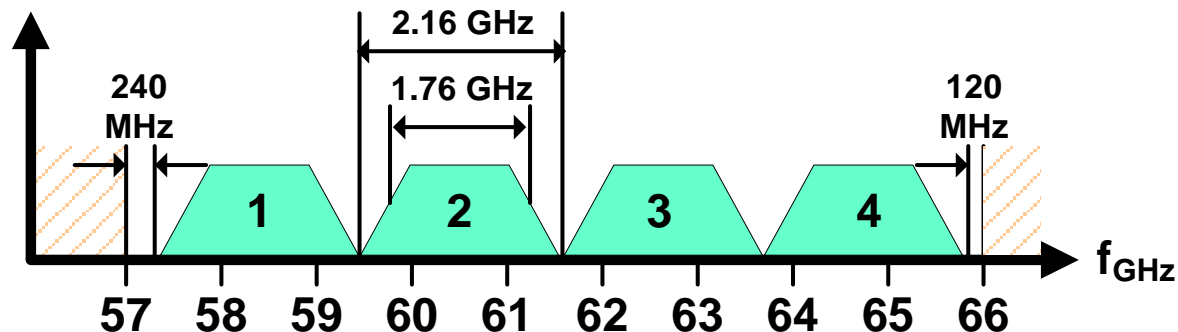


# 伝送線路モデリングにおける ディエンベディング手法の評価

○河合 誠太郎, 南 亮, 岡田 健一, 松澤 昭

東京工業大学 工学部 電気電子工学科

- 研究背景
- ディエンベディング手法
  - Open-short法
  - Thru-only法
  - L-2L法
- シミュレーション結果
  - ディエンベディング結果
  - 4段PAに適用した結果
- まとめ



- 幅広い帯域を無免許で利用可能
- 近距離高速無線通信として活躍

超高速無線通信

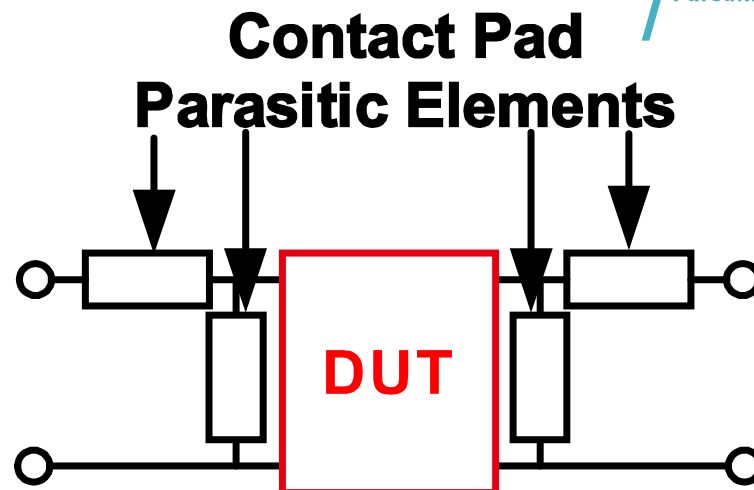
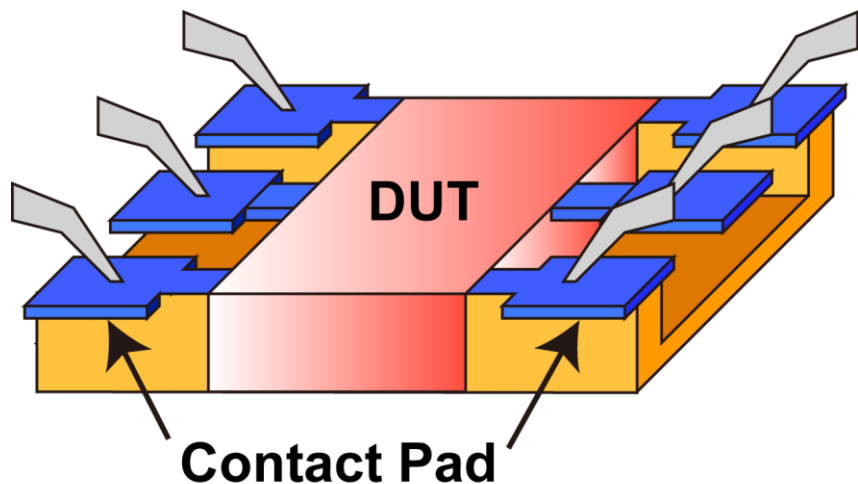
3.5Gbps/ch(QPSK)

7.0Gbps/ch(16QAM)

IEEE 802.11ad

回路設計においてシミュレーションする際、シミュレーション用の素子は60GHzに対応していないため、伝送線路やトランジスタの正確なモデリングを行う必要がある。

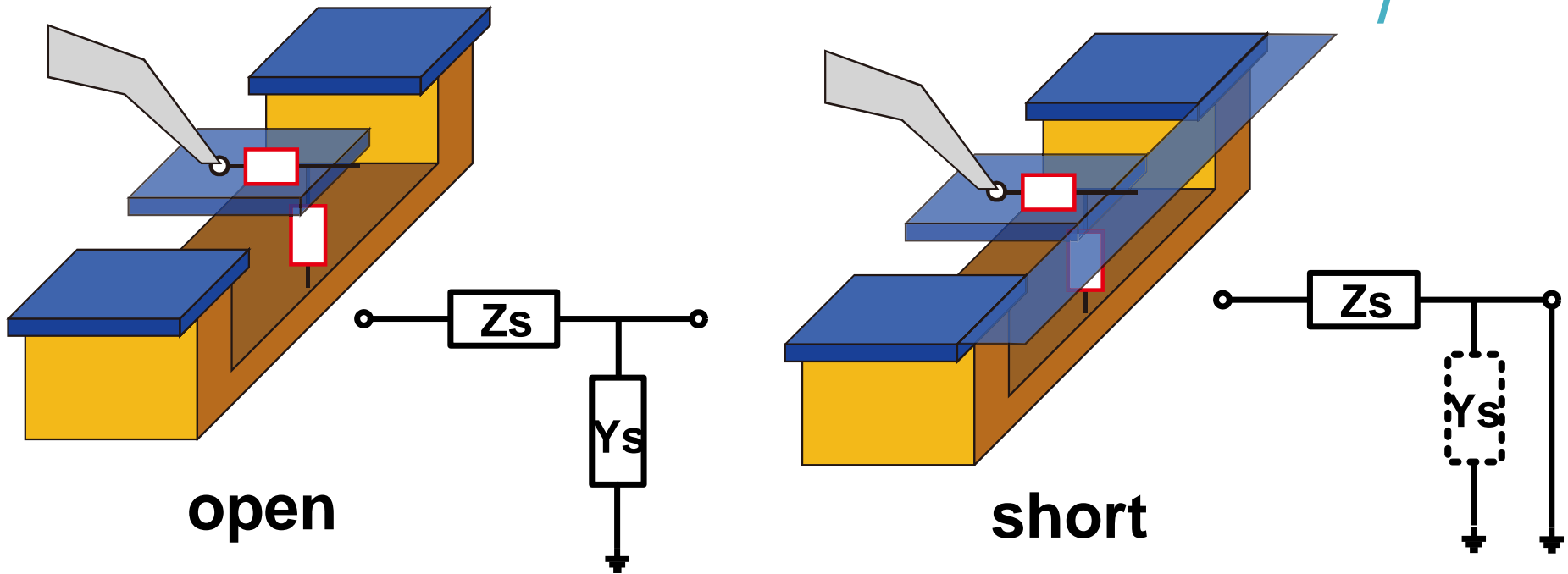
➡ **ディエンベディングの精度が非常に重要**



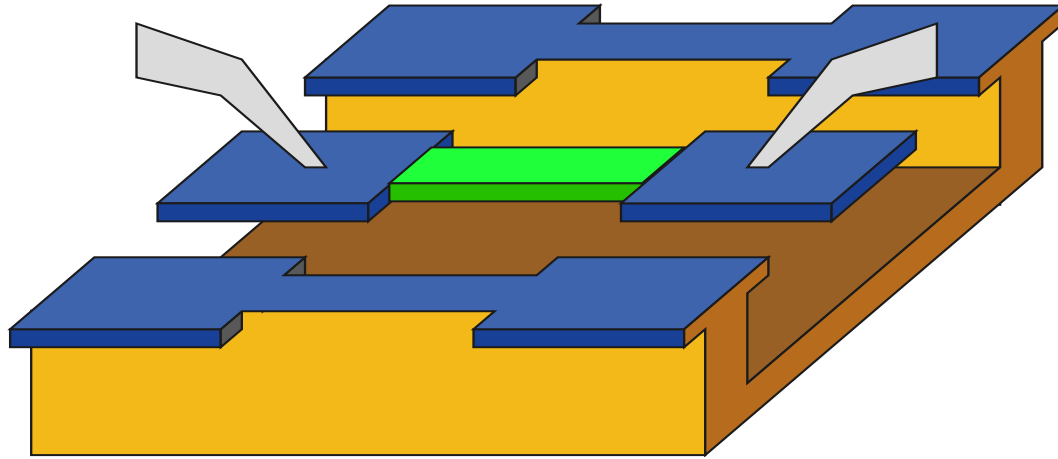
測定結果にはコンタクトパッドなどの成分が含まれてしまっているため、取り除かなければならない。

## ディエンベディング方法

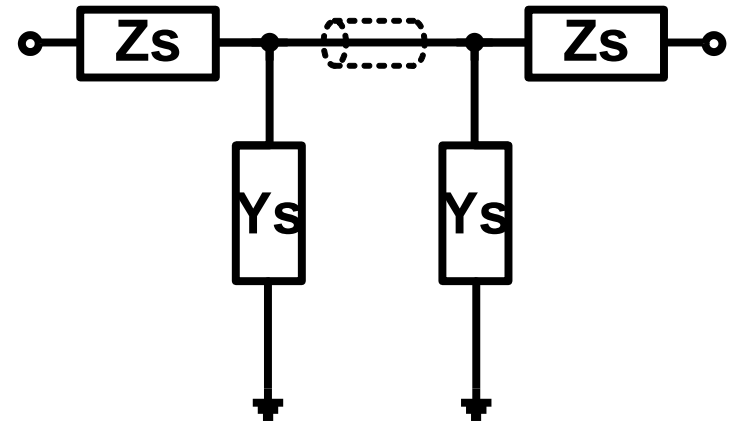
- Open-short 法
- Thru-only 法
- L-2L 法



☹️ 60GHzなどの高周波では、shortパターンが理想的なshortとみなす事ができず、インダクタンスやキャパシタンスを含んでしまう。

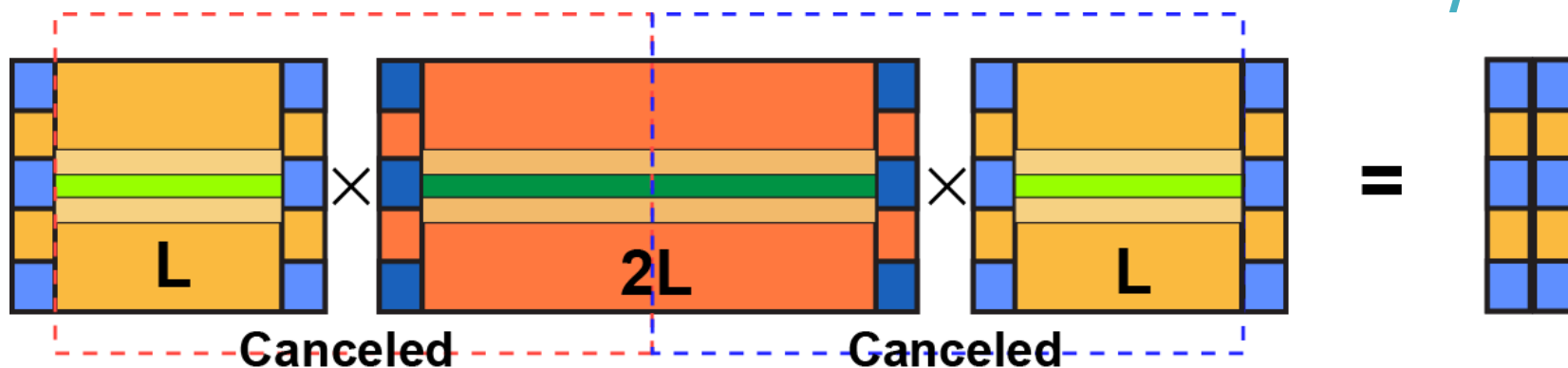


Thru pattern



☹️本来含まれている伝送線路の成分を無視してしまっている。

☹️プローブ間がとても近いいため、電磁界的な結合が生じる。



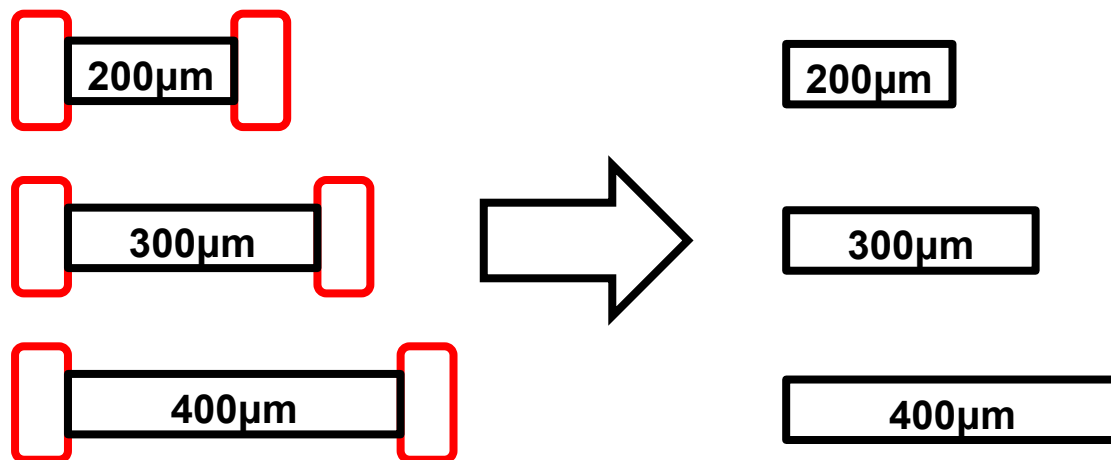
$$T_L = T_{lpad} \times T_{LDUT} \times T_{rpad}$$

$$T_{2L} = T_{lpad} \times T_{2LDUT} \times T_{rpad}$$

$$T_L \times T_{2L}^{-1} \times T_L = T_{lpad} \times T_{rpad}$$

☺ 余分な成分が含まれない。

☹ コンタクトする位置を正確に決めなければならない。



- ① Open-short
- ② Thru-only
- ③ L-2L

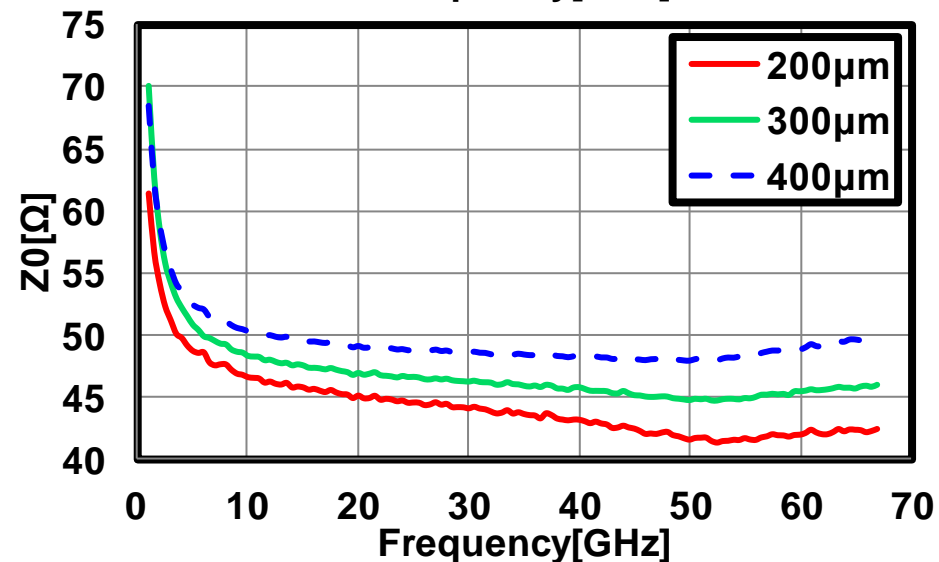
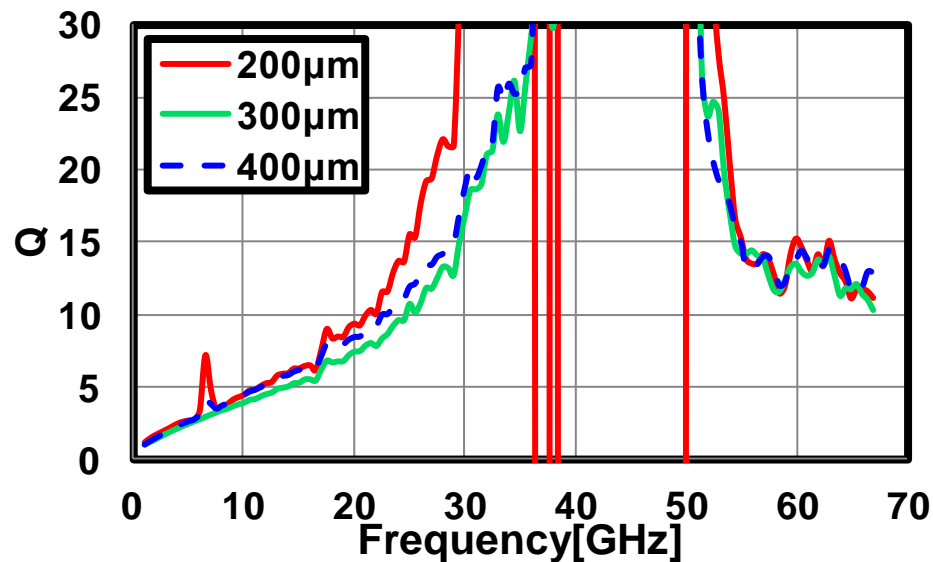
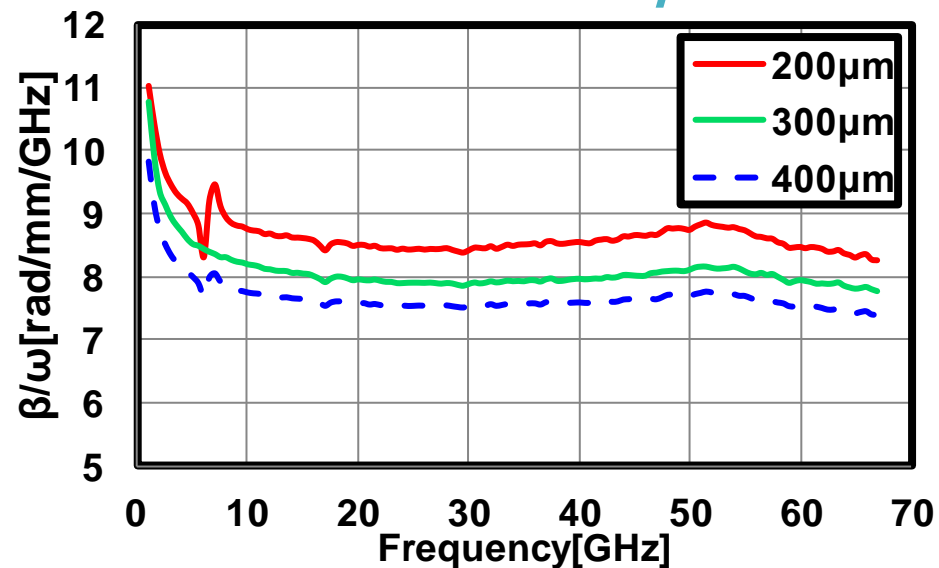
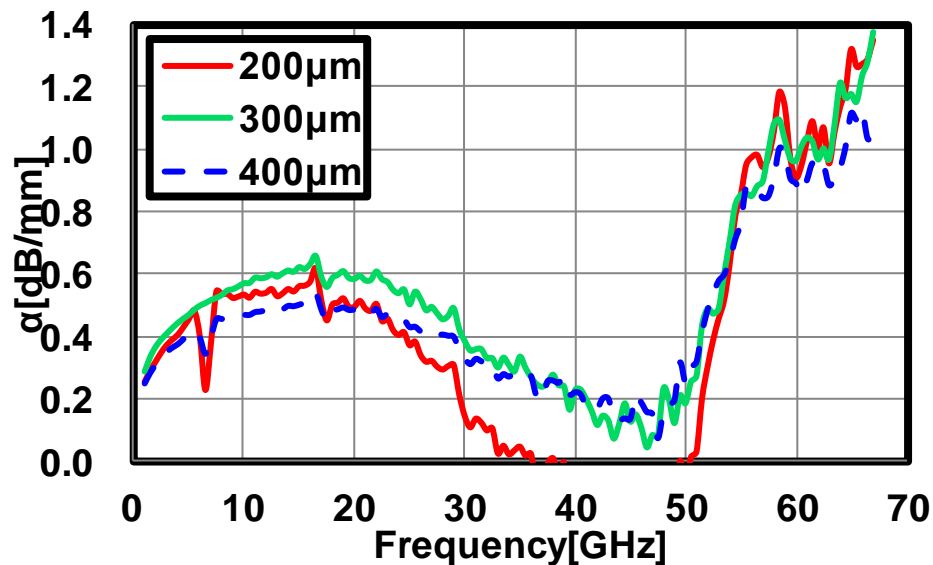
➡ ディエンベディングを行った結果から単位長さあたりの $\alpha, \beta, Q, Z_0$ を求める。

理想的には、200 $\mu\text{m}$ , 300 $\mu\text{m}$ , 400 $\mu\text{m}$ それぞれから求めた $\alpha, \beta, Q, Z_0$ は全て一致するはずである。

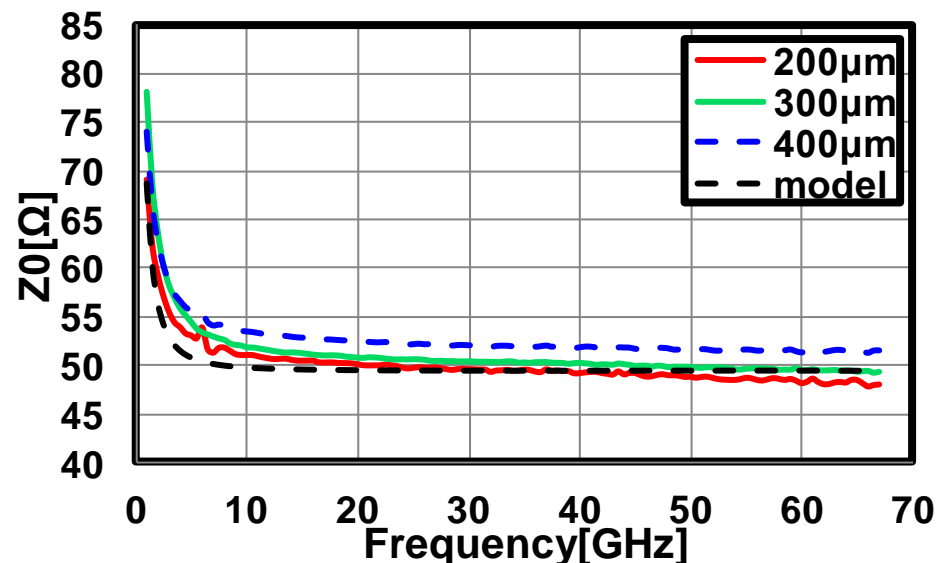
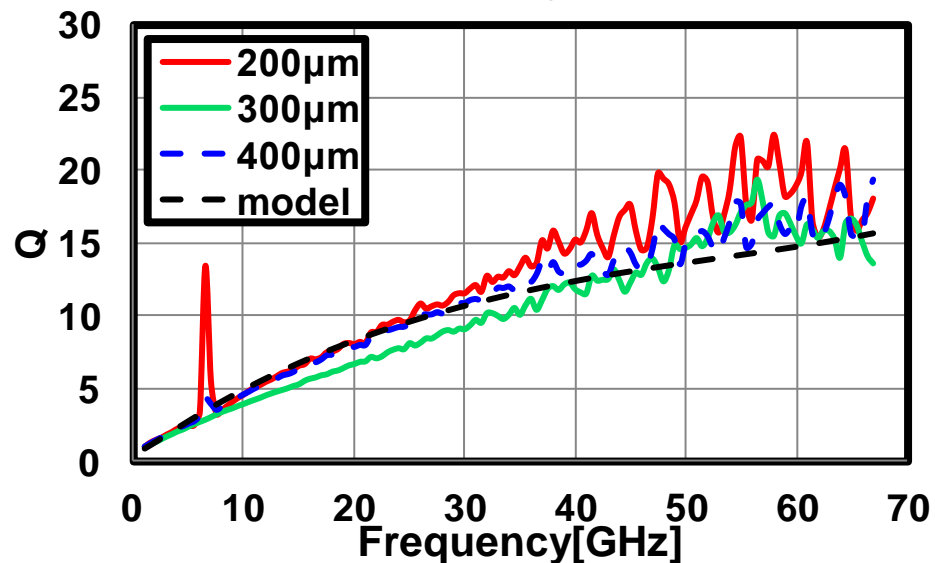
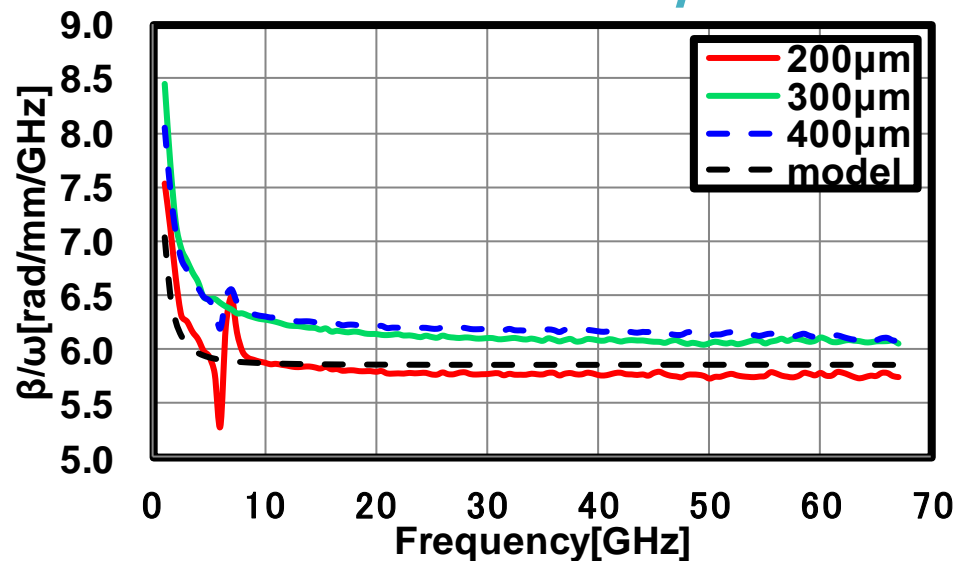
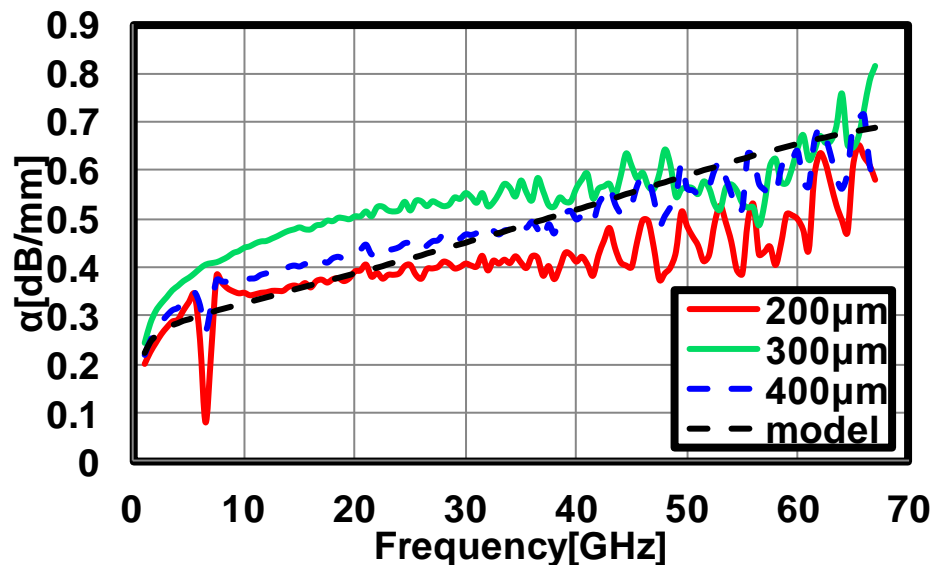
➡ 200 $\mu\text{m}$ , 300 $\mu\text{m}$ , 400 $\mu\text{m}$ それぞれから求めた $\alpha, \beta, Q, Z_0$ の差の合計が小さいほど精度が良い。



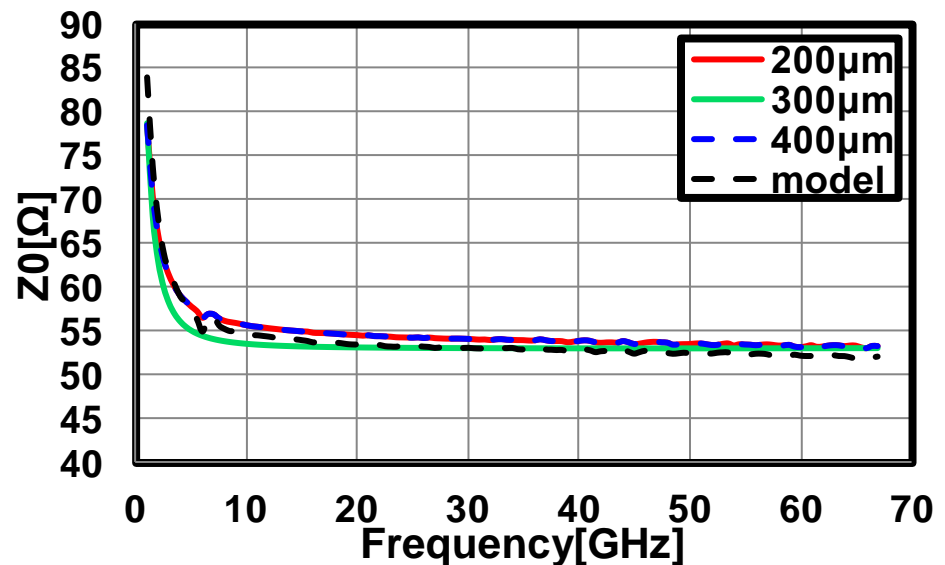
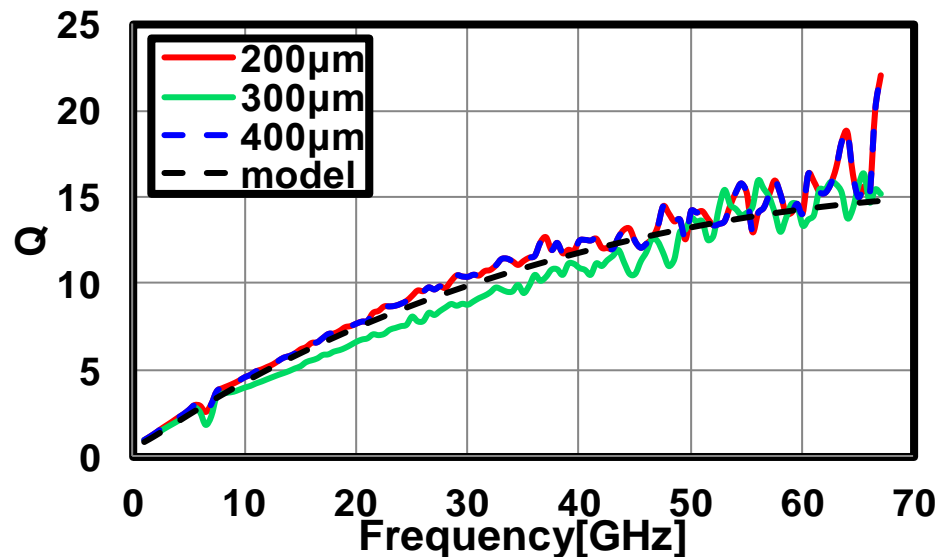
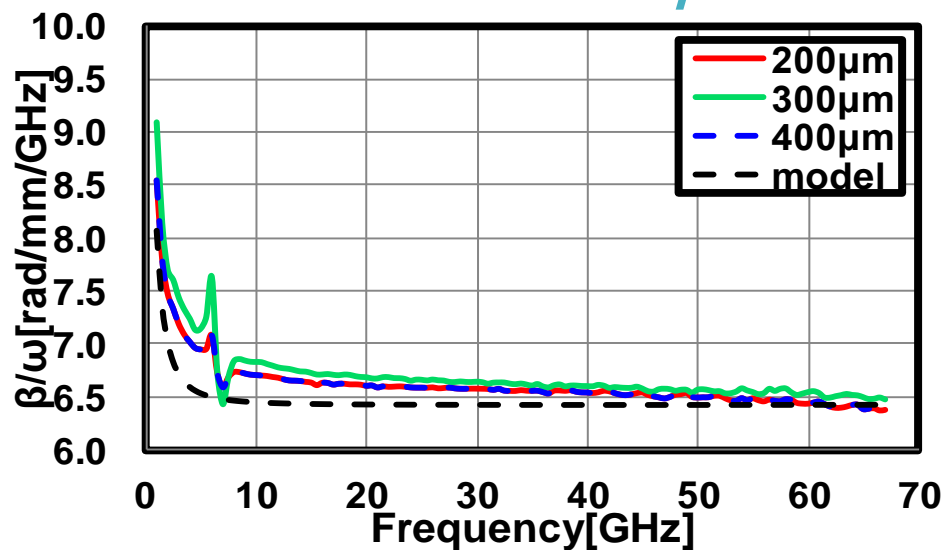
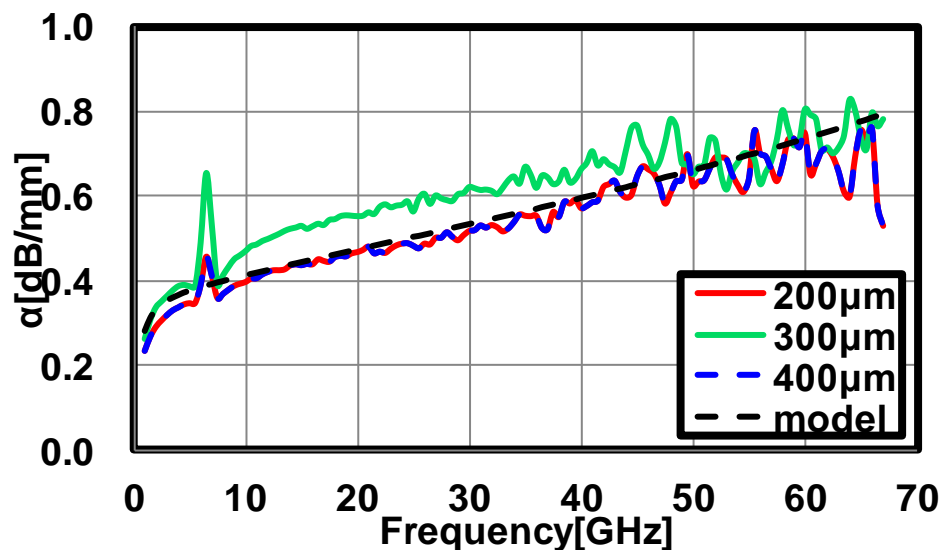
# Open-short法の結果



# Thru-only法の結果



# L-2L法の結果

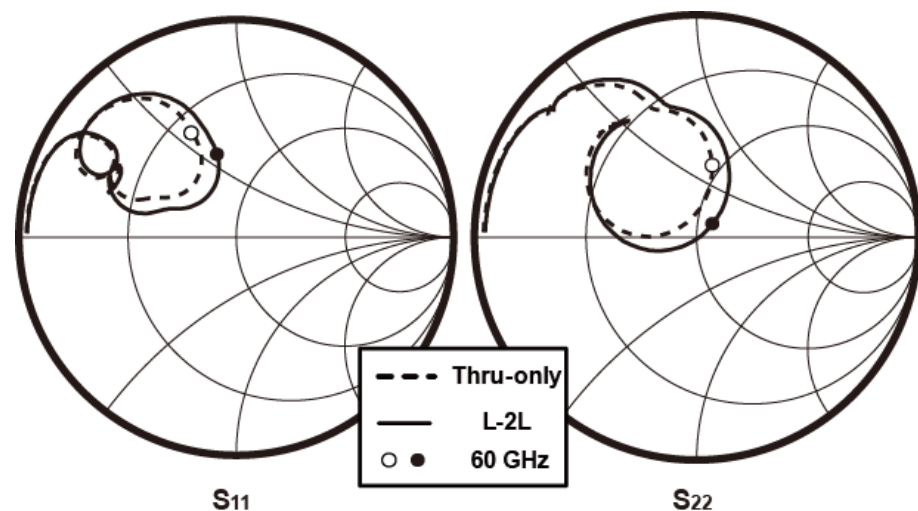
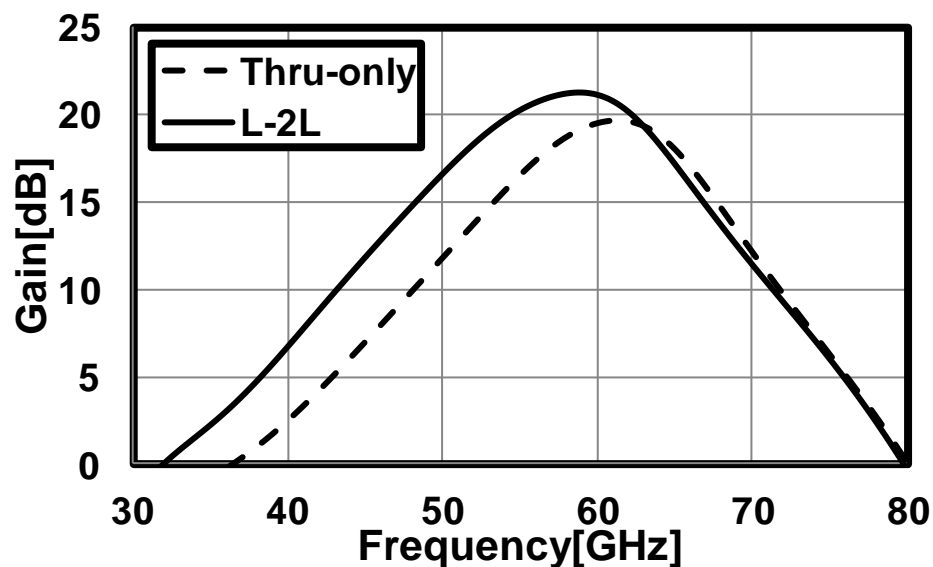
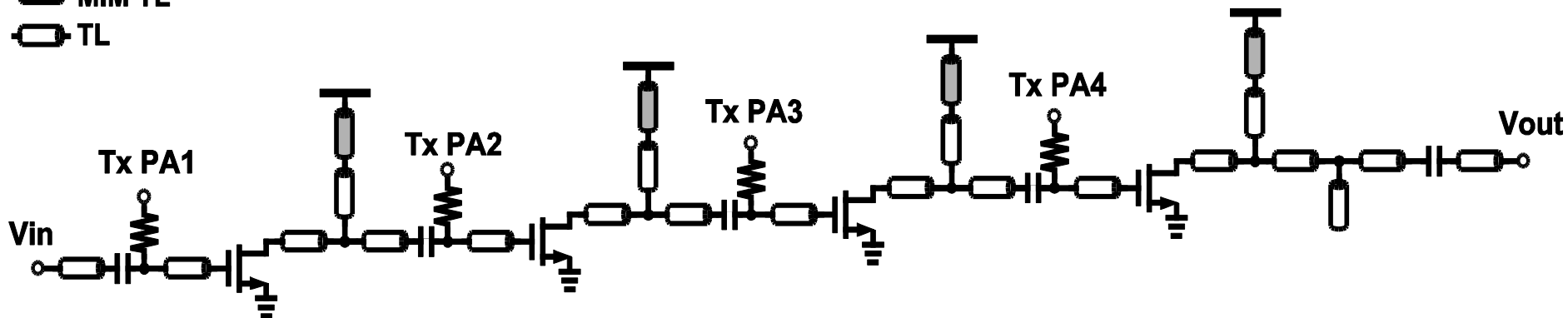


	Open-short	Thru-only	L-2L
$\Delta \alpha$ [dB/mm]		0.16	<b>0.11</b>
$\Delta \beta / \omega$ [rad/mm/GHz]	0.9	0.3	<b>0.2</b>
$\Delta Q$		3.7	<b>1.4</b>
$\Delta Z_0$ [ $\Omega$ ]	6.9	3.1	<b>1.7</b>

- 各ディエンベディング方法による $\alpha, \beta, Q, Z_0$ の誤差をまとめる。
- 各値の誤差が小さいL-2L法が、最も精度の良いディエンベディング方法であるといえる。

# 4段PAに適用した結果

MIM TL  
TL



**Gain:1.5[dB] Peak freq:2.6[GHz]の差が生じた**

- 伝送線路のモデリングを行うにあたり、ディエンベディング手法の違いが与える影響について評価した。
- ディエンベディング結果から、L-2L法が最も精度の良いものであった。
- 4段のPAに各手法でディエンベディングした伝送線路を適用したところ、Gainが最大となる周波数に2.6GHzの差が生じた。
- 2.6GHzは、IEEE 802.11adの1ch(2.16GHz)を大きく上回るものであり、ディエンベディングによる差は無視できるものではない。

# Thank you for your attention!