

ミリ波帯CMOS回路設計のための マルチラインディエンベディング手法 の検討

文仙 啓吾, 高山 直輝, 岡田 健一, 松澤 昭

東京工業大学大学院理工学研究科
電子物理工学専攻

- 背景
- ディエンベディングと従来手法
- 提案手法と実測データへの適用
- まとめ

60GHz帯の特徴

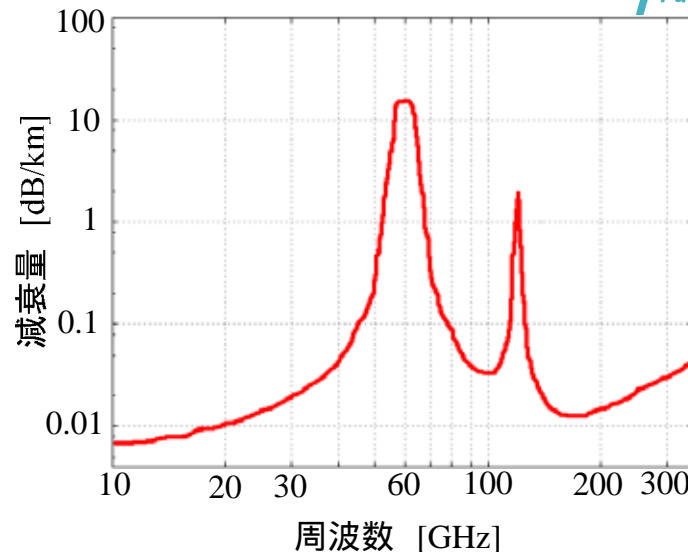
減衰が大きく遠くまで飛ばない
反面, 干渉を受けにくい



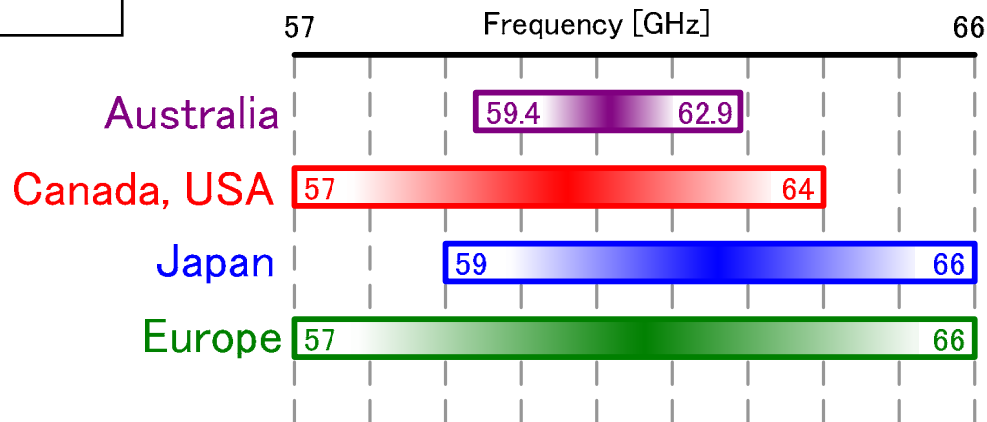
- ・広い周波数帯が無免許で開放されている
- ・近距離で高速な無線通信が可能

IEEE 802.15.3c

- ・QPSK 3Gbps
- ・16QAM 6Gbps

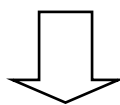


[1] Rec. ITU-R P.676-2, Feb. 1997



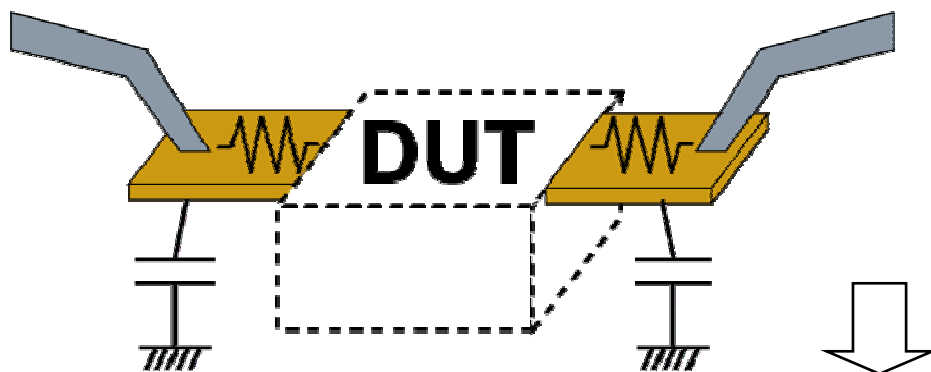
[2] 総務省 電波利用HP <http://www.tele.soumu.go.jp/index.htm>

伝送線路, キャパシタ, トランジスタ等, 必要な素子を試作して測定



測定技術が重要

測定結果をモデル化し, シミュレーションに組み込む



高周波では測定パッドの
寄生成分の影響がより大きい

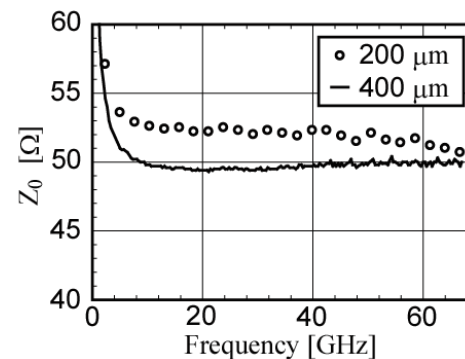
パッドの影響を取り除く作業

ディエンベディング

- Open-Short法

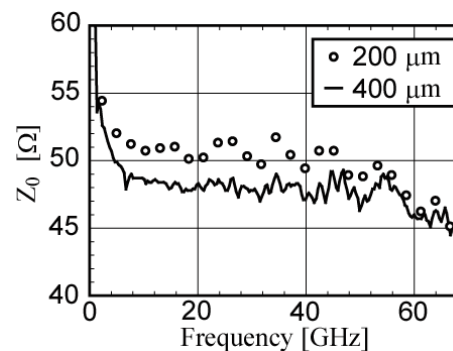
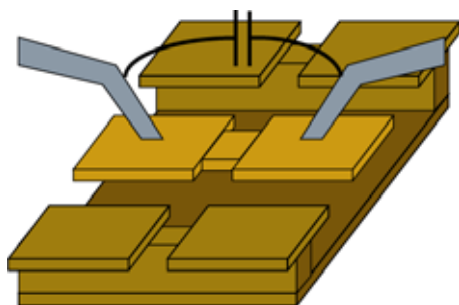
オープンとショートのパッドのダミーパターンを計測し、寄生成分を計算する

オープン・ショートのダミーパターンの非理想性が問題

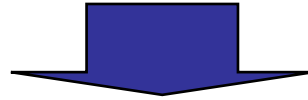


- Thru-Only法

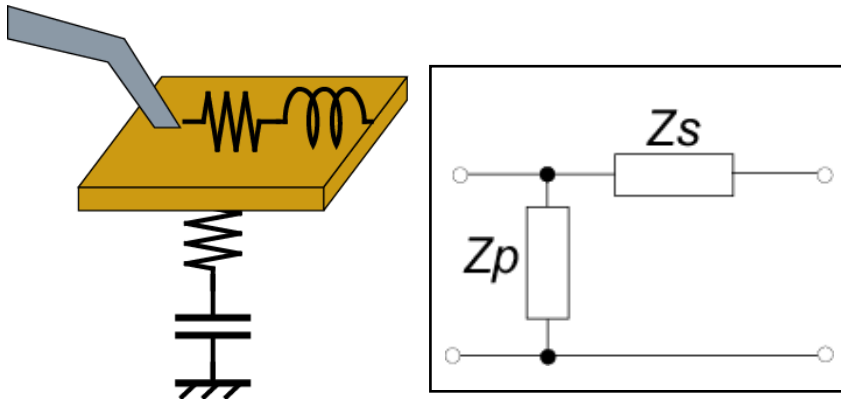
パッドを出来るだけ近づけてパッドのみの影響を計測する
プローブ間の干渉が問題



オープン・ショートのだミーパターンを使用しない
プローブ間の干渉を避けるため距離を離す



複数の伝送線路を用いた ディエンベディング手法



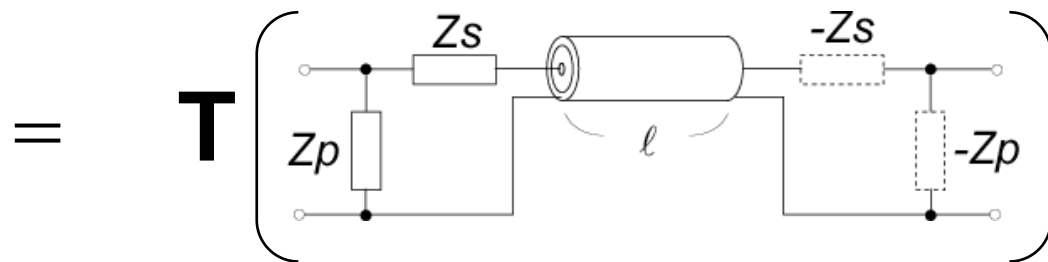
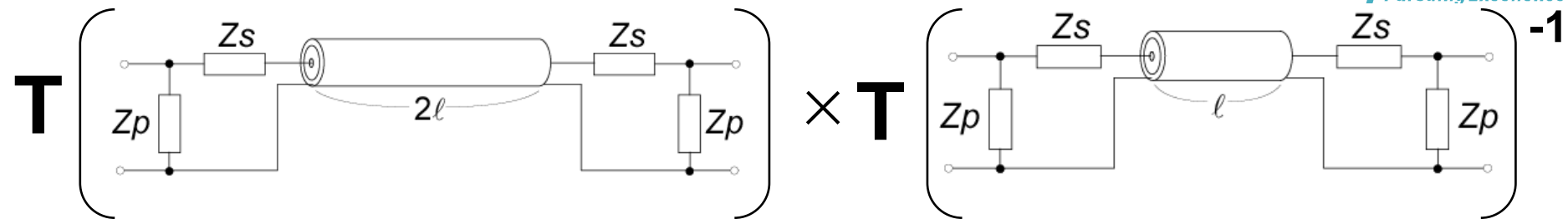
パッドの寄生成分

手順

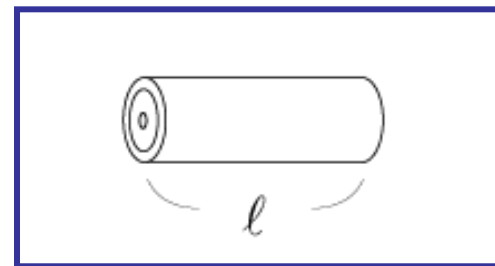
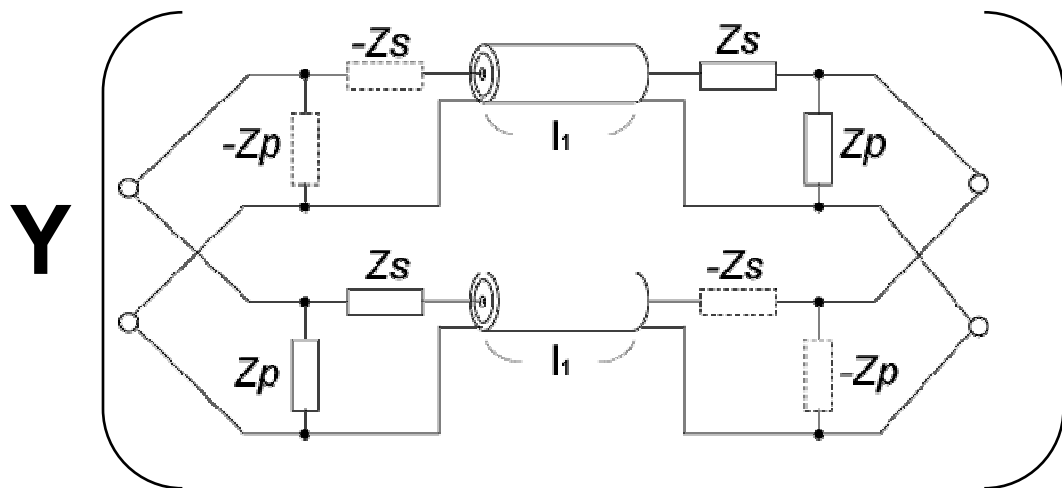
- 1.長さの異なる伝送線路の測定
- 2.伝送線路のディエンベディング[3]
- 3.並列寄生成分の計算
- 4.直列寄生成分の計算

[3]Alain M. Mangan, Sorin P. Voinigescu, Ming-Ta Yang and Mihai Tazlauanu, "De-Embedding Transmission Line Measurements for Accurate Modeling of IC Designs," IEEE Trans. on Electron Devices, vol. 53, no. 2, pp. 235-241, Feb. 2006.

伝送線路のディエンベディング

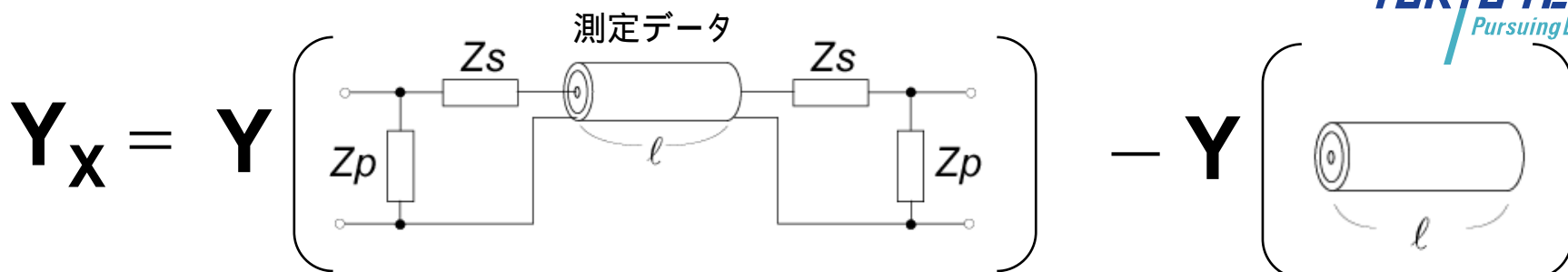


左右反対にして ↓ 並列に並べる



伝送線路のみの特性

並列寄生成分の計算



$$\mathbf{Y}_{TL}^m = \begin{bmatrix} \frac{Z_s + Z'_1}{\Delta Z'^2} + \frac{1}{Z_p} & \frac{Z'_2}{\Delta Z'^2} \\ \frac{Z'_2}{\Delta Z'^2} & \frac{Z_s + Z'_1}{\Delta Z'^2} + \frac{1}{Z_p} \end{bmatrix}$$

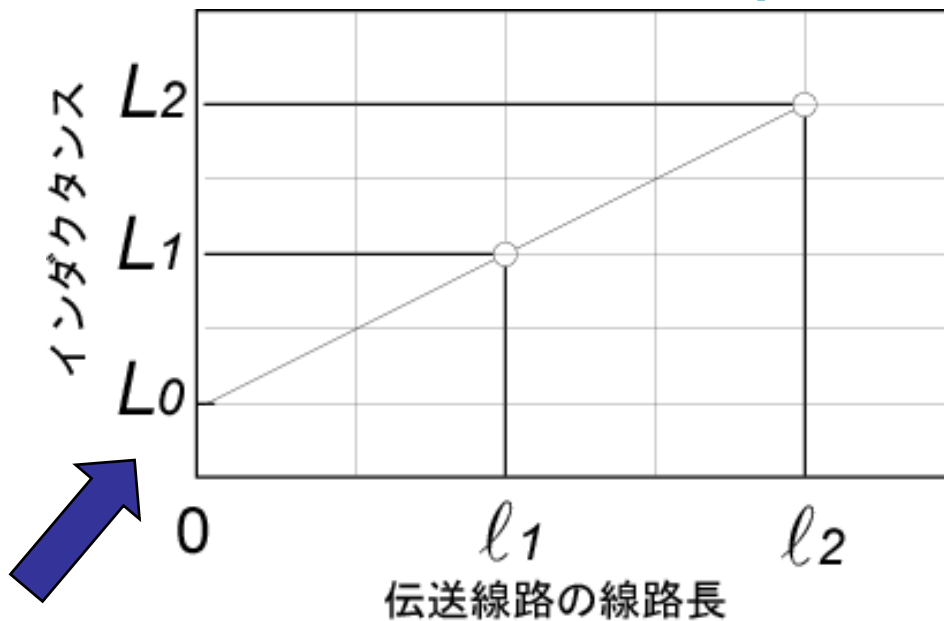
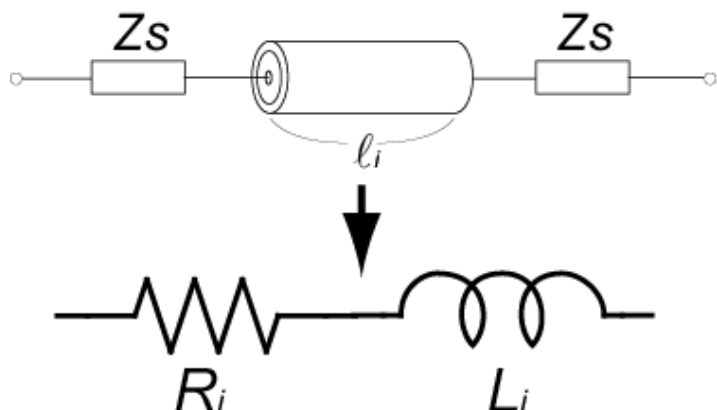
$$\mathbf{Y}_{TL} = \begin{bmatrix} Y_{TL1} & Y_{TL2} \\ Y_{TL2} & Y_{TL1} \end{bmatrix}$$

$$\Delta Z'^2 = (Z_s + Z'_1)^2 - Z'_2$$

$$\Delta Y_{TL} Z'_1 = Y_{TL1} \quad \Delta Y_{TL} Z'_2 = Y_{TL2}$$

$$\left| \frac{1}{Z_p \cdot (Y_{TL1} + Y_{TL2})} \cdot \left(1 + \frac{1}{Z_s \cdot (Y_{TL1} + Y_{TL2})} \right) \right| \gg 1 \quad \text{が成り立つとき}$$

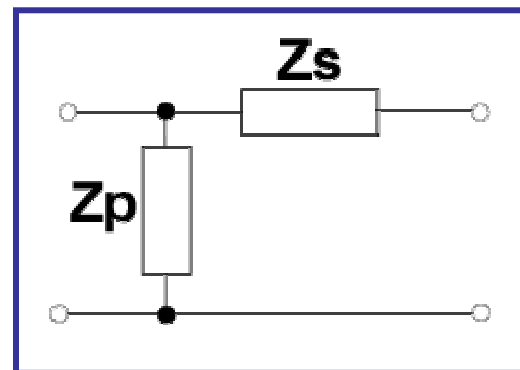
$$\mathbf{Y}_X(1,1) + \mathbf{Y}_X(1,2) \approx \frac{1}{Z_p}$$



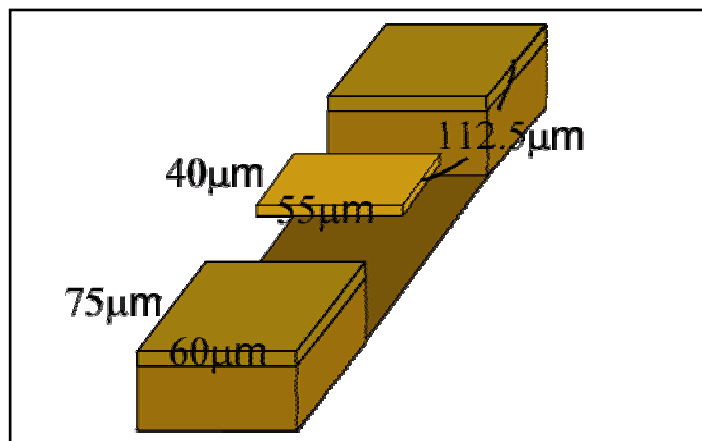
切片の値がパッドの直列寄生成分に対応

$$Z_s = \frac{1}{2} \cdot (R_0 + j\omega L_0)$$

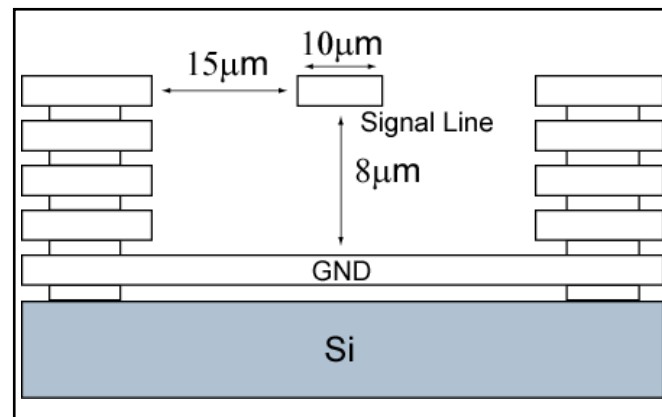
以上でパッドの寄生成分を求めることが出来た



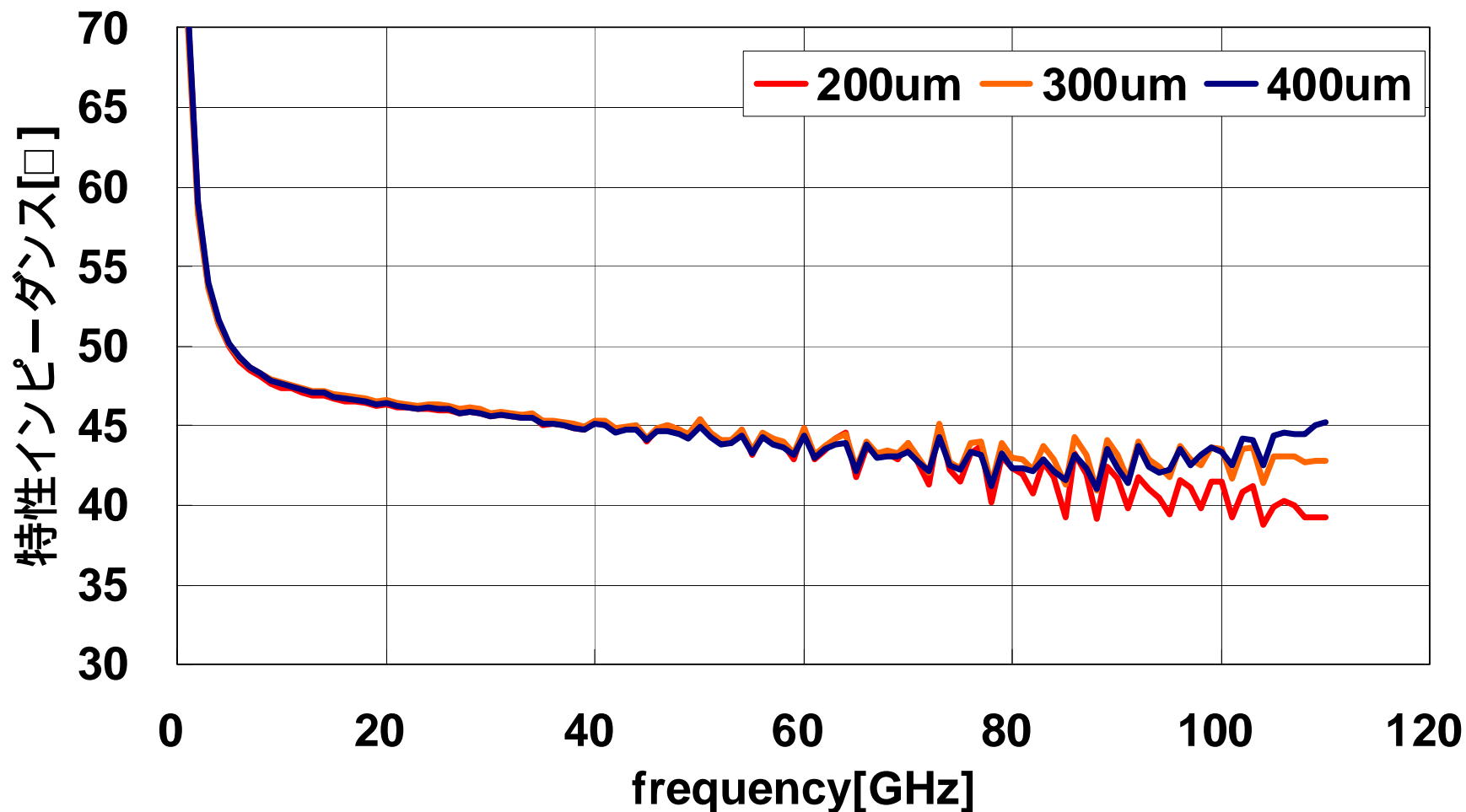
- 長さが $200\mu\text{m}$, $300\mu\text{m}$, $400\mu\text{m}$ の3本の伝送線路で測定
- $200\mu\text{m}$, $400\mu\text{m}$ の測定データからパッドの寄生成分を求め, それぞれの伝送線路に対してディエンベディング



今回用いたパッドの構造



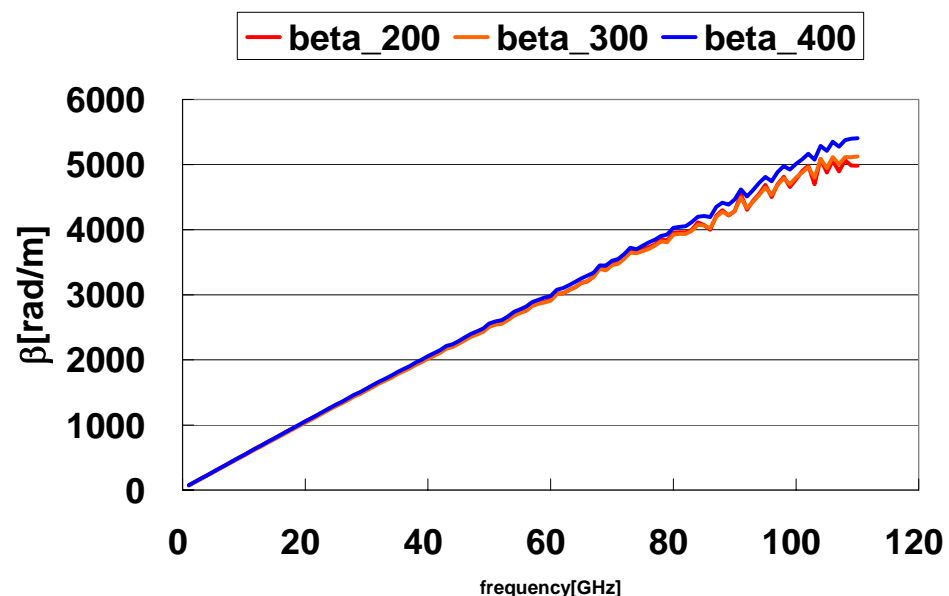
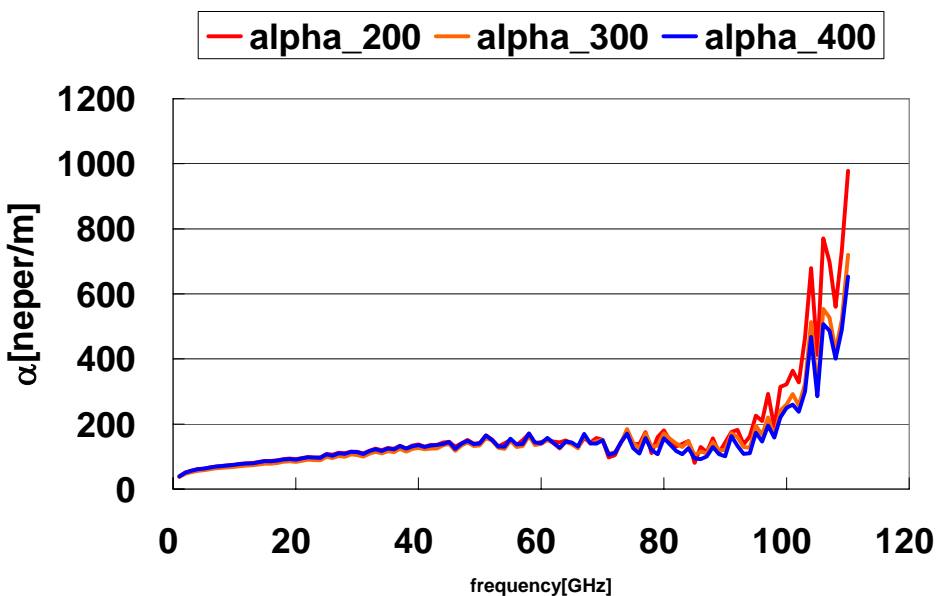
今回用いた伝送線路の構造



異なる長さの伝送線路の特性インピーダンスの差が約 1Ω 以内におさまった

- 複数の伝送線路を用いたディエンベディング手法を提案
- 実測データに適用したところ、異なる長さの伝送線路の特性インピーダンスの差が 1Ω 程度となり、従来手法の 3Ω 程度と比べて、差を小さくすることが出来た

- [1] Rec. ITU-R P.676-2, Feb. 1997
- [2] 総務省 電波利用HP <http://www.tele.soumu.go.jp/index.htm>
- [3] Alain M. Mangan, Sorin P. Voinigescu, Ming-Ta Yang and Mihai Tazlauanu, "De-Embedding Transmission Line Measurements for Accurate Modeling of IC Designs," IEEE Trans. on Electron Devices, vol. 53, no. 2, pp. 235-241, Feb. 2006.



実測データ (60GHz)

