

ミリ波帯CMOS回路のための ディエンベディング方法の検討

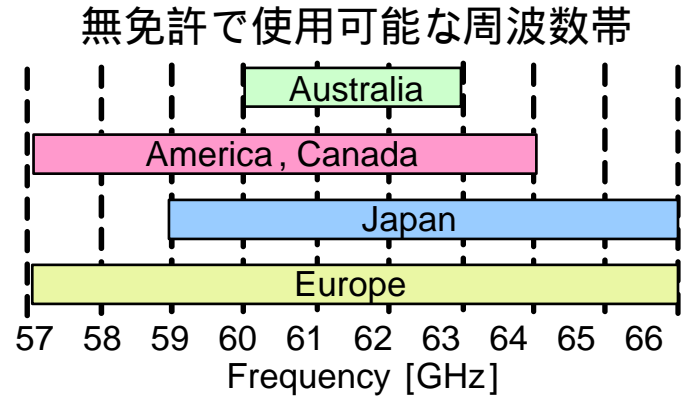
伊藤 彰吾, 高山 直輝, 岡田 健一, 松澤 昭

東京工業大学大学院 理工学研究科

- 背景
- 伝送線路の測定
- 伝送線路のパッドにつくシヤント成分の解析
- まとめ

ミリ波帯

- ・60GHz付近の周波数帯を使用
- ・遠くまで飛ばない
近距離通信に向いている
- ・世界的に無免許で使用可能



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

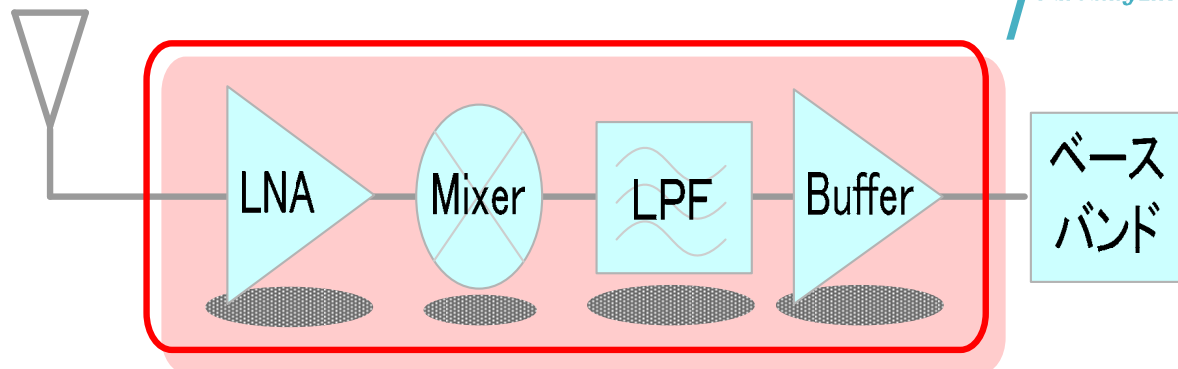
ミリ波を利用したアプリケーション

- ・数Gbpsの高速無線通信
- ・車載レーダー

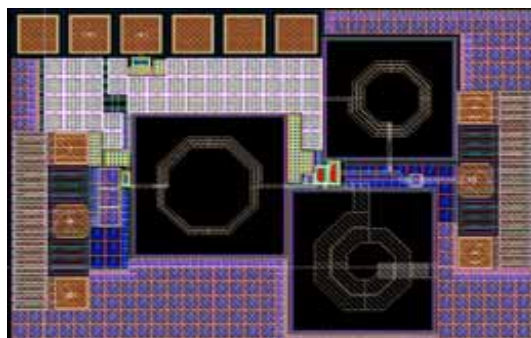
民生機器として使用
できるくらい低コスト
にするためには...

シリコンCMOSプロセスでの実現が鍵

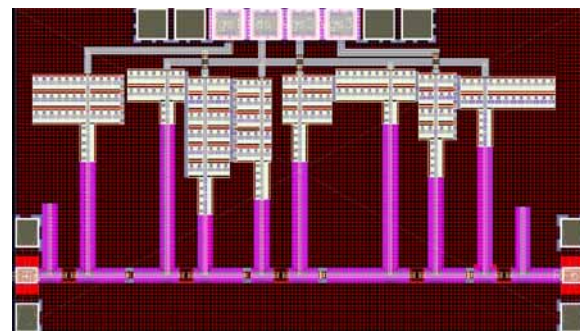
アンプやミキサ
の設計には電力
伝送するための
整合回路が必要。



アンプの
整合回路



@ 5 GHz インダクタ



@ 60 GHz 伝送線路

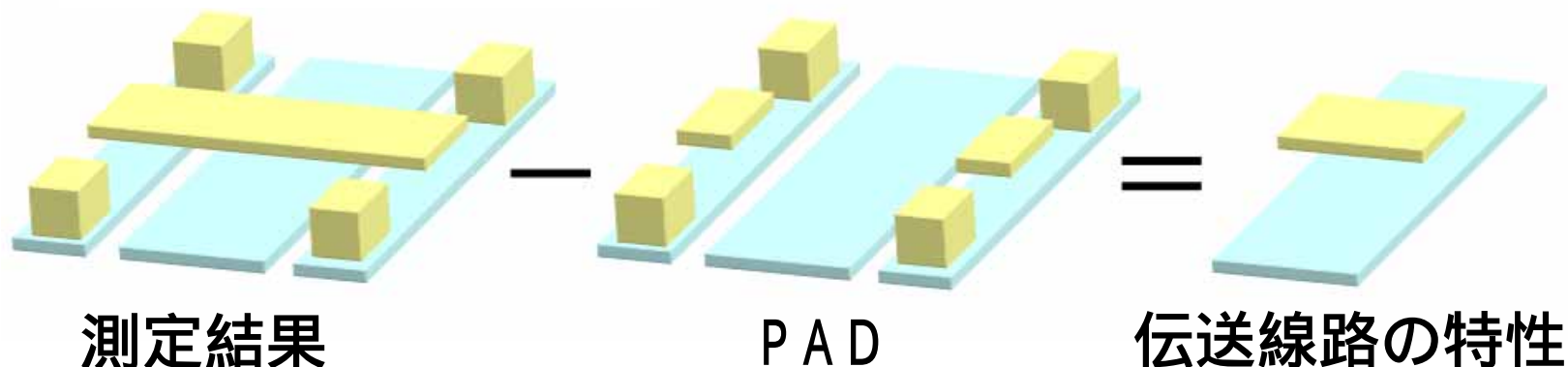
ミリ波整合
回路の設計



短い配線(線路)でも位相が回ってしまうので、
伝送線路まで考慮に入れる必要がある

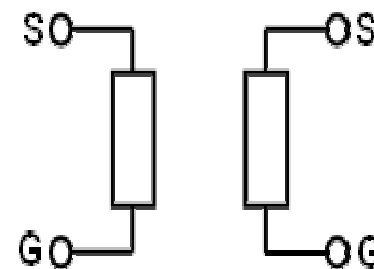
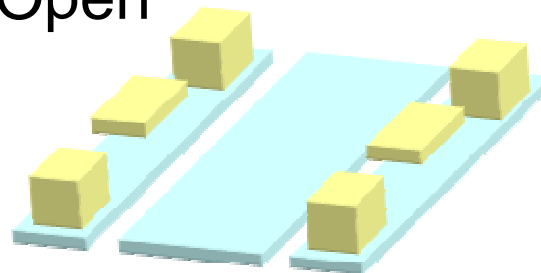
伝送線路の正確な測定・モデリングが必須

ディエンベディング

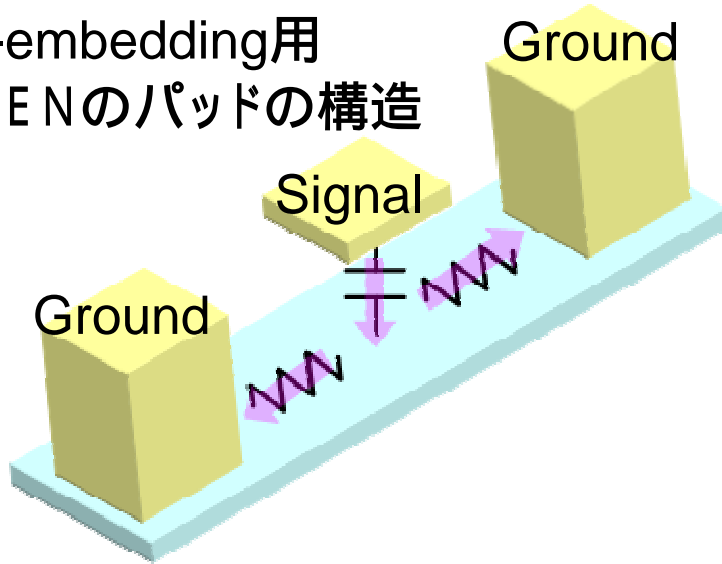


De-embedding 用にダミーパターンを用意。等価回路モデルを考え、測定結果から等価回路のパラメータを決定する。

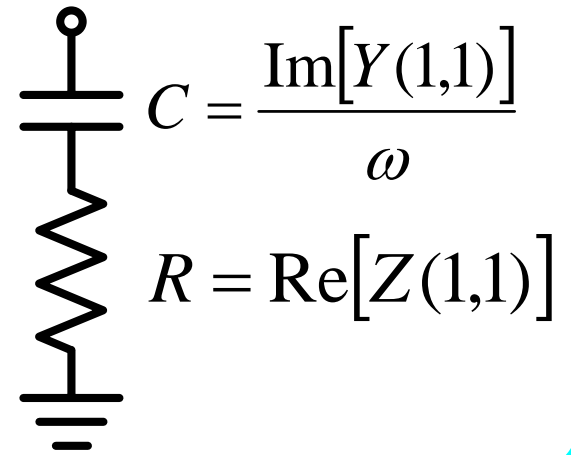
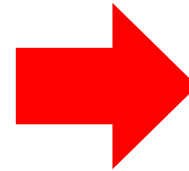
Open



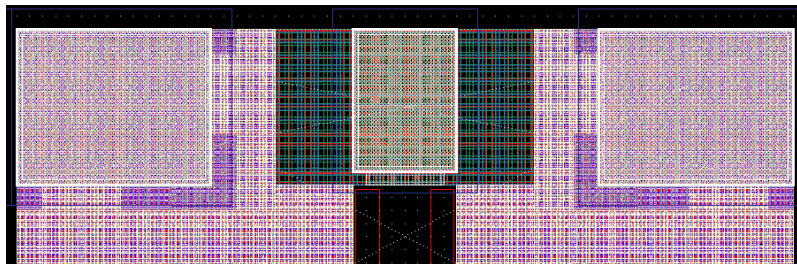
De-embedding用
OPENのパッドの構造



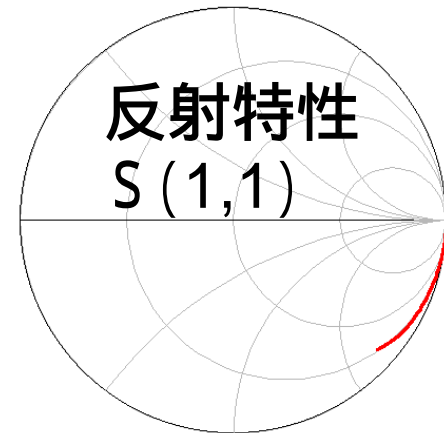
OPENのパッド
を等価回路とし
てモデル化。



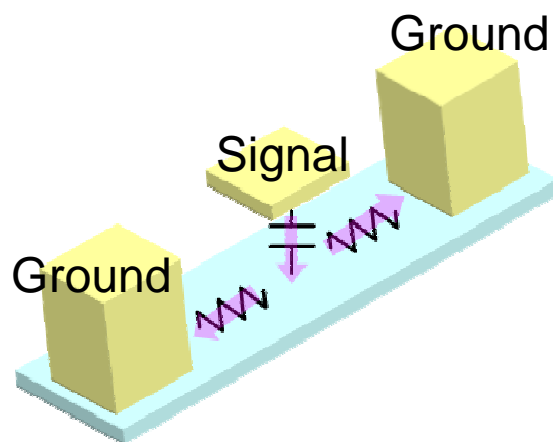
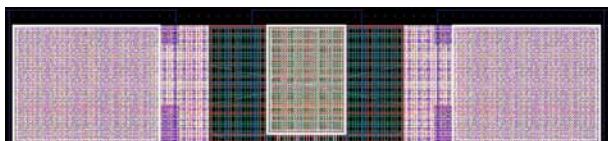
De-embedding用
OPENのパッドのレイアウト



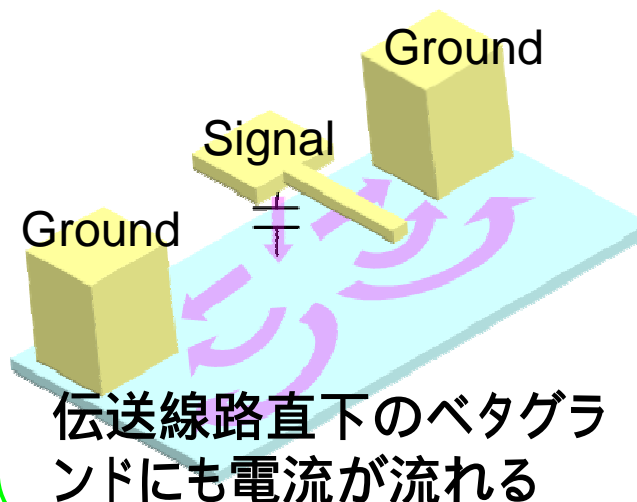
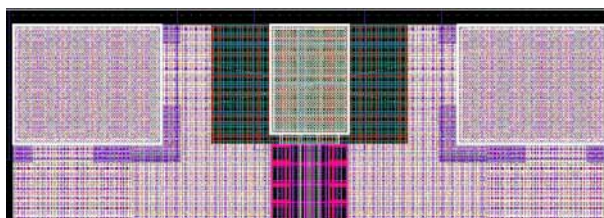
反射特性
 $S(1,1)$



De-embedding用 OPENのパッド



伝送線路のパッド



伝送線路直下のベタグラ
ウンドにも電流が流れる



De-embedding 用
のPADと伝送線路
のPADではシャント
に見える抵抗の大
きさが違う。

**De-embedding
の誤差**

Manganの手法[2]を応用し、
伝送線路のパッドにつくシャント
成分を求める方法を提案。

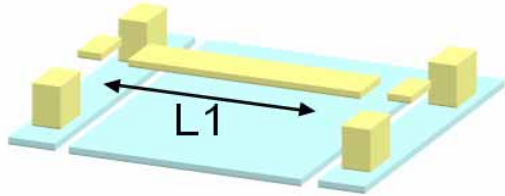
[2] A.M. Mangan, et al., IEEE Trans. on
Electron Devices, vol. 53, no. 2, pp.235-241,
Feb. 2006

Mangan の手法

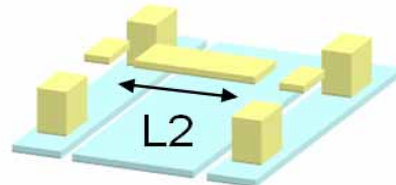
Step1

長さの異なる伝送線路を用意

$T_{L_i}^m$: 長さ L_i の線路の実測のTパラメータ



$$T_{L1}^m \equiv T_P T_{L1} T_P$$

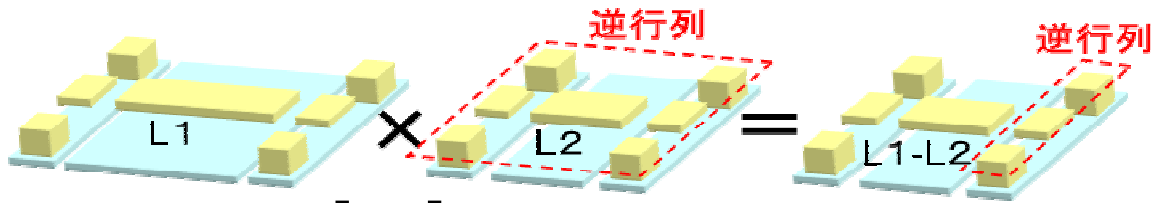


$$T_{L2}^m \equiv T_P T_{L2} T_P$$

T_{L_i} : 長さ L_i の線路のTパラメータ

T_P : パッドのTパラメータ

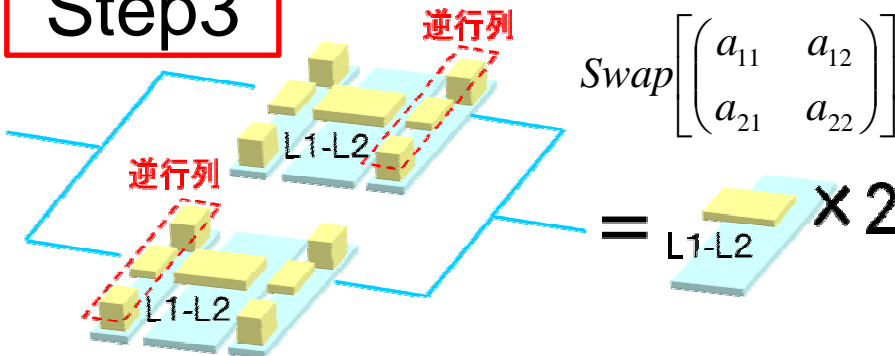
Step2



$$T_{L1-L2}^h \equiv T_{L1}^m \times [T_{L2}^m]^{-1} = T_P T_{L1} T_{L2}^{-1} T_P^{-1} \equiv T_P T_{L1-L2} T_P^{-1}$$

T_{L1-L2}^h : 長さ $L2-L1$ の線路のTパラメータ

Step3

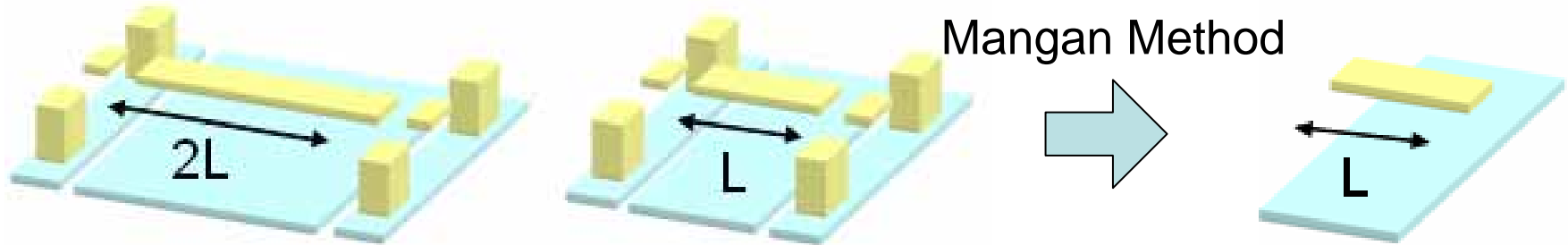


$$\text{Swap} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} a_{22} & a_{21} \\ a_{12} & a_{11} \end{bmatrix}$$

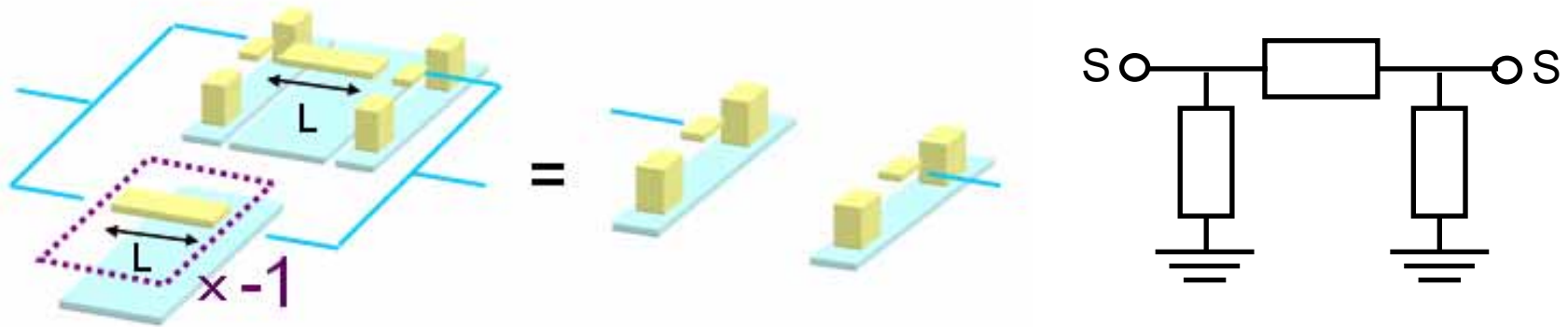
Y_{L1-L2}^h : T_{L1-L2}^h のYパラメータ
 Y_{L1-L2} : T_{L1-L2} のYパラメータ

$$Y_{L1-L2} = \frac{Y_{L2-L1}^h + \text{Swap}(Y_{L2-L1}^h)}{2}$$

Step1



Step2

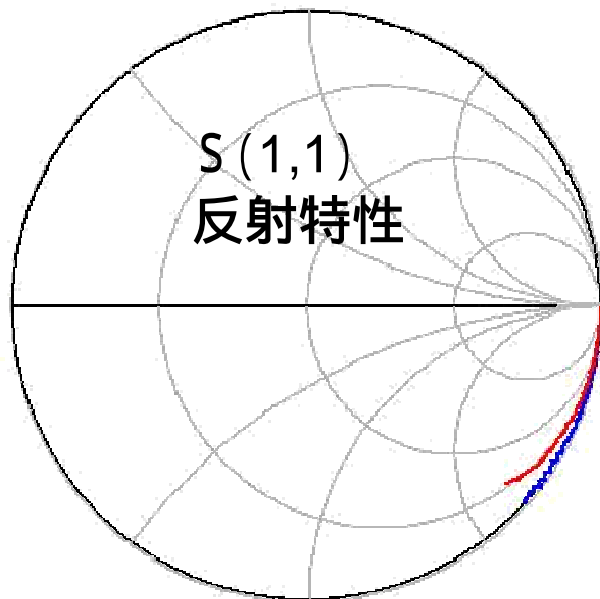


線路部分を打ち消しパッドの部分のみを求める

等価回路モデルに置き換え、パッドのパラメータを得る

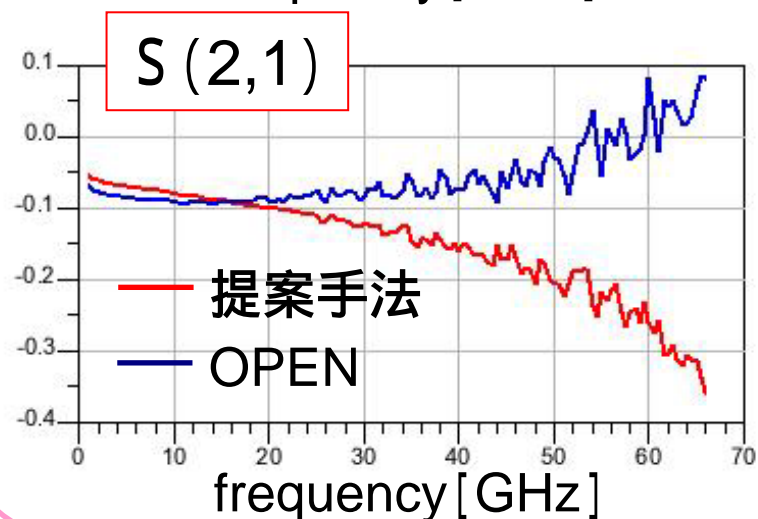
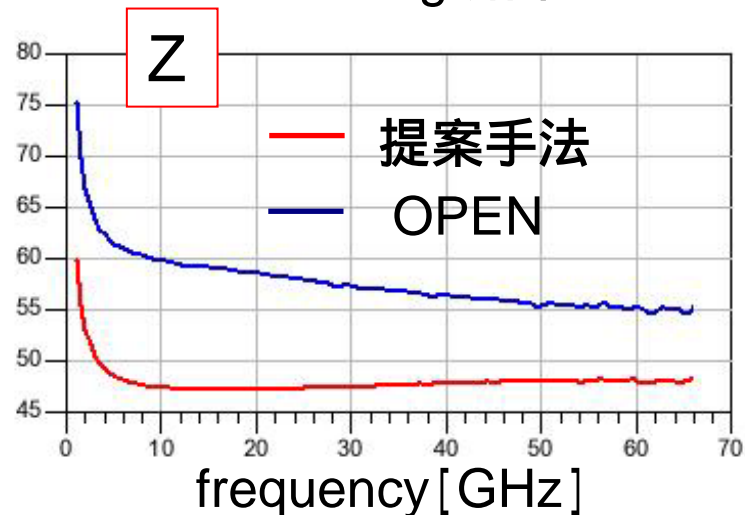
パッドの特性

- De-embedding用 OPENパッドの特性
- 提案手法を用いて伝送線路から求めたパッドの特性

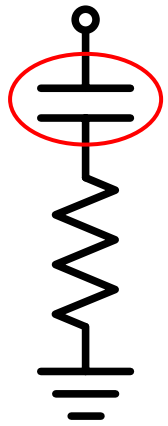


伝送線路のPADにシャントに入る抵抗の方が小さい。

伝送線路の De-embedding 結果

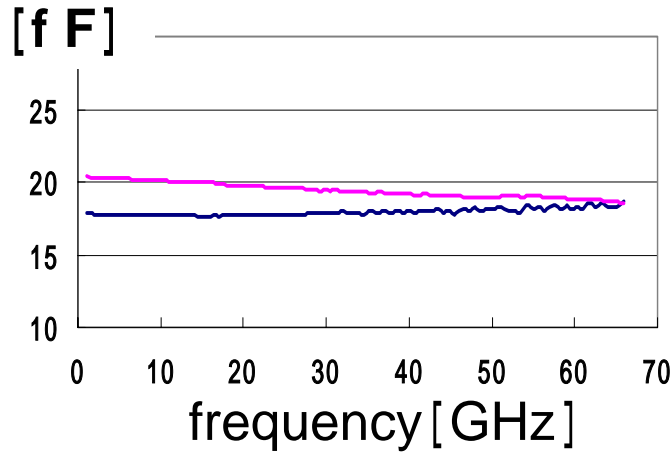


パッドの特性の比較

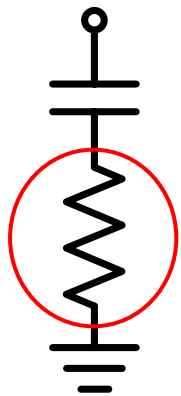


$$C = \frac{\text{Im}[Y(1,1)]}{\omega}$$

— OPEN
— 提案手法

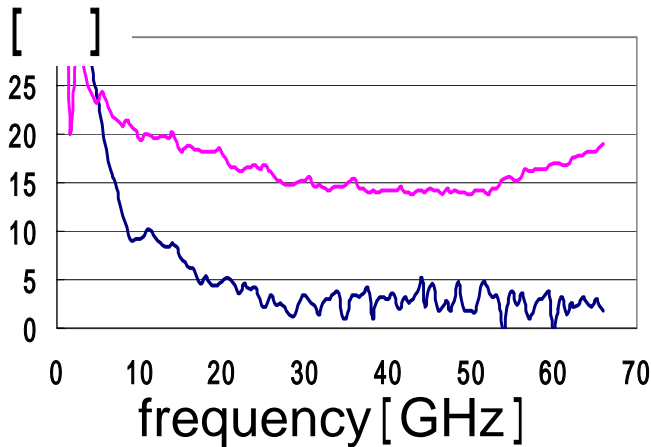


De-embedding
用のOPENでも
伝送線路でも
PADにつく容量
は同じ。



$$R = \text{Re}[Z(1,1)]$$

— OPEN
— 提案手法

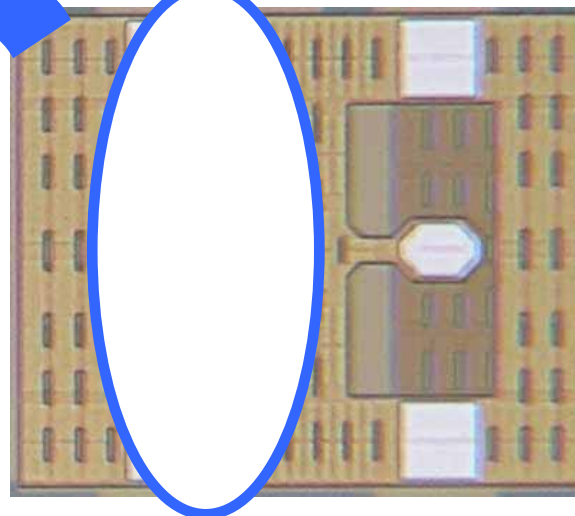
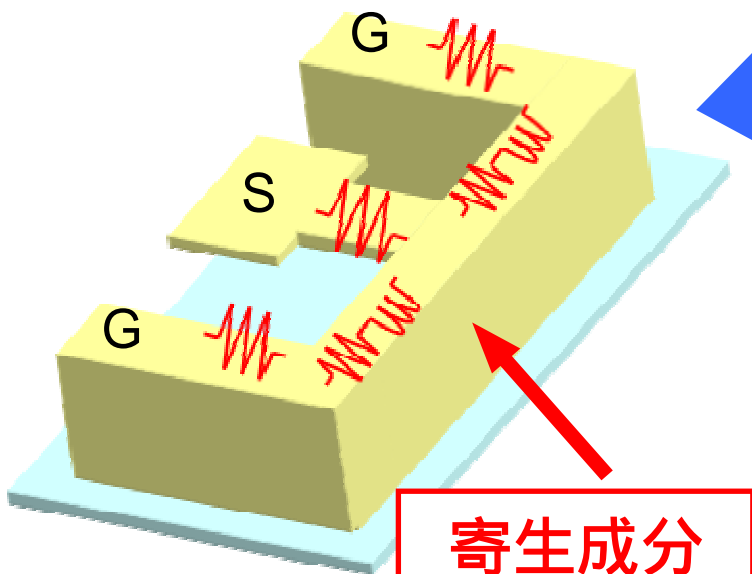


伝送線路の
PADにシャント
に入る抵抗の
方が小さい。

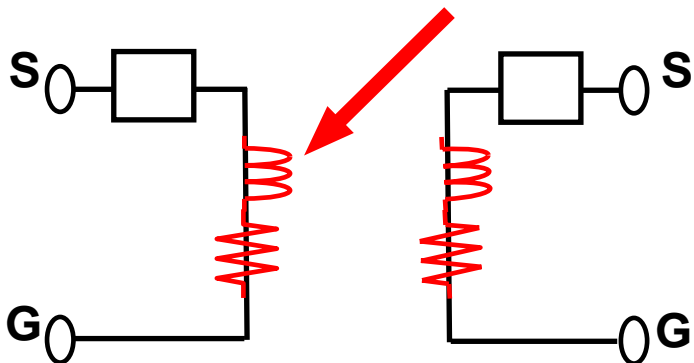
- ・ミリ波帯無線通信回路の整合回路のための伝送線路のDe-embeddingの検討を行った。
- ・De-embedding のために用意したPADと伝送線路のPADでは、シャントに見える抵抗成分が異なるため、誤差が生じる。
- ・Manganの手法を応用し、伝送線路のパッドにつくシャント成分を求めることができた。

SHORT

SIGNALとGNDを短絡



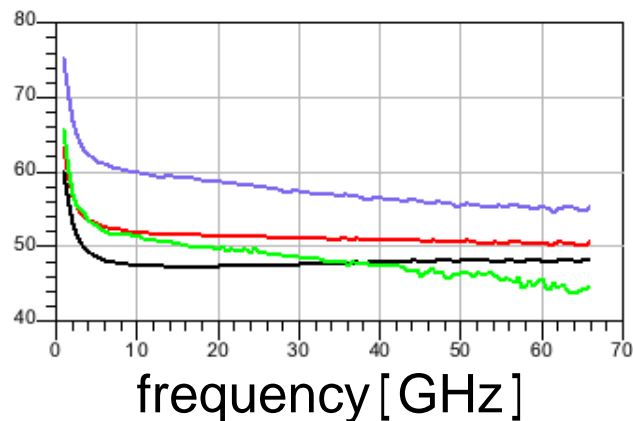
実際のレイアウト



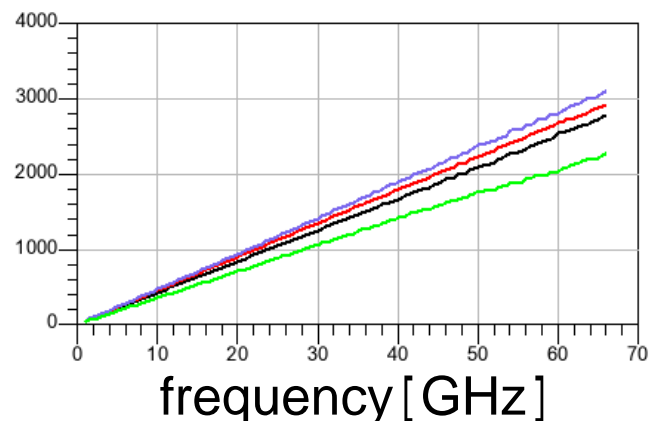
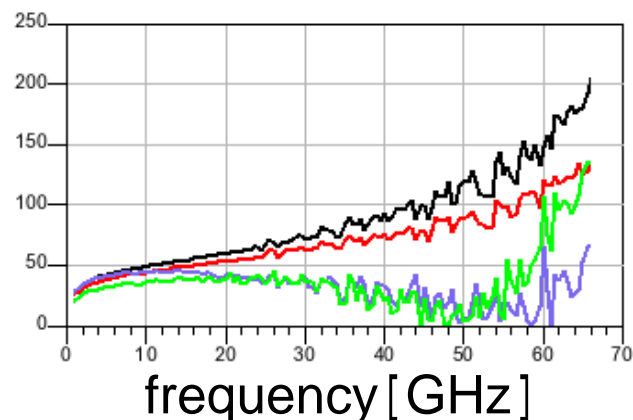
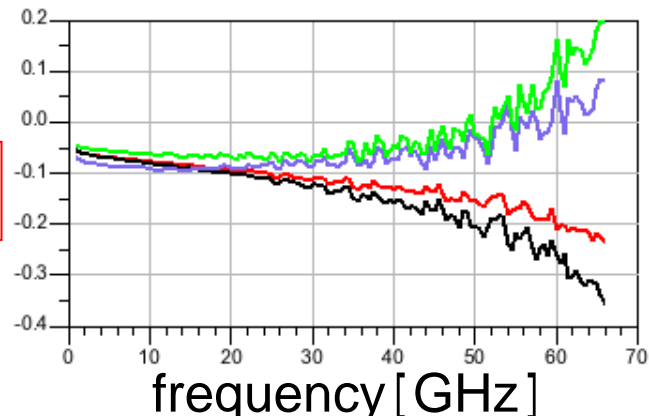
等価回路

等価回路で考慮されていない寄生成分

Z



S(2,1)



Manganの手法 ———
THRU 法 ———
OPEN 法 ———
提案手法 ———

200umの伝送線路を測定。
提案手法はManganの手法
に近い特性を示した。