ボンディングワイヤの
集中定数等価回路モデル抽出

有限会社ソネット技研
石飛徳昌

電気通信大学
和田光司

背景と目標

- 背景と目標
- 円弧形状の電磁界解析
- 集中定数等価回路
- 時間領域解析への応用例
- まとめと課題

背景と自己紹介

1989年から販売されている
商用の電磁界シミュレータ

SONNETのアルゴリズム

モーメント法

境界積分方程式

方形導波管中のxy面に置かれた
マイクロストリップ導体の
表面電流から生じる電界の
導体接線成分を
基底関数で重み付けして
連立一次方程式を作る

長所と短所

小さなコンピュータリソース
広帯域高ダイナミックレンジ
超高速周波数スイープ
精密な導体損失

長所と短所

境界適合性に劣る
見た目そのままを扱うこと
ができない

なぜボンディングワイヤか？

- 波長よりずっと小さい
  - 見た目そのままを解析する必要がない
- システム中にたくさん使われる
  - 多量の計算リソースを消費する

なぜボンディングワイヤか？

- 見た目に近い電磁界解析モデル
- 多量に使える集中定数等価回路モデル
  - 5%程度の精度
- 上記ふたつのモデルを時間軸解析で比較する.

背景と目標

- ✓ 背景と目標
- 円弧形状の電磁界解析
- 集中定数等価回路
- 時間領域解析への応用例
- まとめと課題

円弧の処理

円弧状のボンディングワイヤをソネットのモデルで再現する

円形断面の処理

円形断面の導体と同じインダクタンスを持つ

正方形断面，リボン断面，の導体に置き換える.

円形断面の導体と等価なインダクタンスを持つリボン導体の幅

それぞれの近似式から

線幅=1.75x直径

円形断面の導体と等価なインダクタンスを持つ正方形断面の導体の辺長

同じ断面積の線路が同じインダクタンスを持つと仮定すると 辺長=0.89x直径

内接する正方形と外接する正方形の辺長の平均とすると 辺長=0.85x直径

l=8d=2mm

円弧の処理

階段近似で収束値を求め

長方形近似モデルを求める.

長方形近似モデル

長方形モデルの高さを

ループ高さの87%とする

21

www.sonnetsoftware.co.jp
ソネット技研

21

集中定数等価回路モデル

インダクタンスの近似式を求める

$$L_{approx} = h \cdot (7.04 \times 10^{-4} \ln \frac{h}{d} + 3.80 \times 10^{-4})(\mathrm{nH})$$

20

www.sonnetsoftware.co.jp
ソネット技研

20

- 背景と目標
- 円弧形状の電磁界解析
- 集中定数等価回路
- 時間領域解析への応用例
- まとめと課題

19

www.sonnetsoftware.co.jp
ソネット技研

19

$$k_{approx} \approx e^{-1.29 \cdot \frac{D}{h} - 1}$$

$$L_{approx} = h \cdot (7.04 \times 10^{-4} \ln \frac{h}{d} + 3.80 \times 10^{-4})(\mathrm{nH})$$

24

www.sonnetsoftware.co.jp
ソネット技研

24

23

www.sonnetsoftware.co.jp
ソネット技研

23

22

www.sonnetsoftware.co.jp
ソネット技研

22

27

www.sonnetsoftware.co.jp
ソネット技研

27

- ワイヤ径 10μm, ループ高さ 1000μm, ワイヤ間隔316μm
- 共振周波数 56GHz
- インダクタンス 3.62nH, 結合係数 0.245

26

www.sonnetsoftware.co.jp
ソネット技研

26

- 背景と目標
- 円弧形状の電磁界解析
- 集中定数等価回路
- 時間領域解析への応用例
- まとめと課題

25

www.sonnetsoftware.co.jp
ソネット技研

25

30

29

28

課題１　ボンディングパッドを含めた共振周波数

33

まとめ

- 見た目に近い電磁界解析モデルの解析
- 多量に使える集中定数等価回路モデルの導出
- 集中定数等価回路モデルの時間軸解析への有効性を確認

32

背景と目標
円弧形状の電磁界解析
集中定数等価回路
時間領域解析への応用例
まとめと課題

31

課題２　VIA

36

特にGround bondの場合

35

34