

緑川 洋一、 早野 誠治、 斎藤 兆古 (法政大)  
吉田 史郎、 遠矢 弘和 (日本電気(株)資源環境技術研究所)

An analysis of thin conductor covered by magnetic material using the strategic dual image method

Yoichi Midorikawa, Seiji Hayano, Yoshifuru Saito (Hosei University)

Shiro Yoshida and Hirokazu Tohya (Resources and Environment Protection Research Labs., NEC Corporation)

1. まえがき

近年、応況に用いられているプリント基板等に、EMCの観点からノイズ低減のため、プリント基板に集中定数素子としてのコンデンサやインダクタを付加するのでなく、磁性フィルムや誘電体フィルムを用いて放射電磁界の低減を企てる研究が行われつつある。今回は、このような研究の第一歩として、薄型導体に薄型磁性体を用いることにより、インダクタンスがどのように変化をするかを静磁界系の簡単なモデルについて双対映像法を用いて解析した結果を報告する<sup>[1]~[3]</sup>。

2. 解析モデル

図1に示すように並んだ導体に逆方向の電流が流れ、均一に分布している場合の静磁界分布を考える。この問題では、中央境界でA=0条件が成り立ち、中央で対称となるため、図の右側の領域が計算の対象領域となる。支配方程式は、

$$\frac{1}{\mu} \nabla^2 A = -J \quad (1)$$

ただし、Aはベクトルポテンシャルのz方向成分である。このような問題を有限要素法によって離散化すれば、次のシステム方程式

$$S\Psi = U \quad (2)$$

を解くことに帰する。また、汎関数は、

$$F(A) = \frac{1}{2} \Psi^T S\Psi - \Psi^T U \quad (3)$$

となる。汎関数の絶対値は系の磁気エネルギーに等しいことにより、

$$|F(A)| = \frac{1}{2} LI^2 \quad (4)$$

により、インダクタンスLを求める。

この問題は、開領域問題であるため、有限要素法により

開領域問題を解く方法として双対映像法を適用する。双対映像法では、領域を囲む境界条件を対称と零境界条件で置き、その平均をとる方法である<sup>[1]~[3]</sup>。

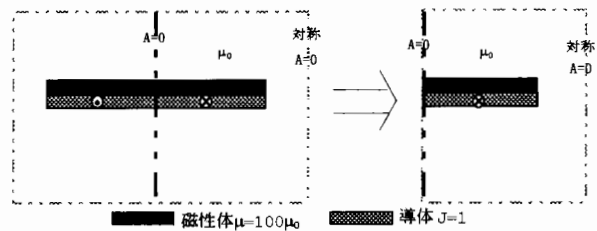


図1 薄型導体と薄型磁性体  
Fig.1. A Thin conductor covered by magnetic material.

3. 解析結果

図2に、解析を行った4タイプのモデルを示す。図2(a)は、導体のみの場合、(b)は、片面に薄型磁性体を用いた場合、(c)は、両面に磁性体を用いた場合、(d)はさらに端を磁性体により閉じ閉磁路にした場合である。

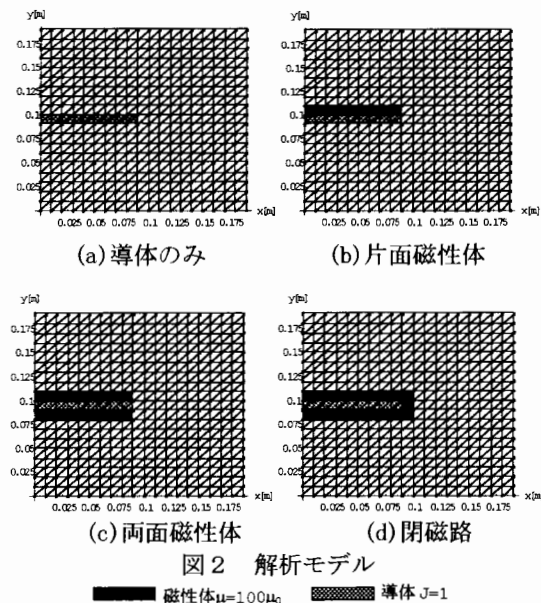


図2 解析モデル  
Fig.2. Analytic model. (a)Simple thin conductor, (b)one side covered, (c)upper and lower sides covered, (d)entirely covered.

これらの4モデルの磁束分布を図3に示す。次に、汎関数を計算した結果を図4に示す。さらに、図4の汎関数の結果を用いて(4)式によりインダクタンス $L$ を計算した結果を図5に示す。

図3の結果を見ると磁性体を使用することにより、分布が大きく変化し、導体周囲の磁束が収斂、すなわち導体周囲の平均磁路長が短くなっていることがわかる。また、図4および図5の結果より、磁性体を用いない場合と片面に用いた場合ではほとんど汎関数およびインダクタンスに増加がなく、両面もしくは閉磁路にして磁性体を用いないとインダクタンスの増加を期待できないことがわかる。

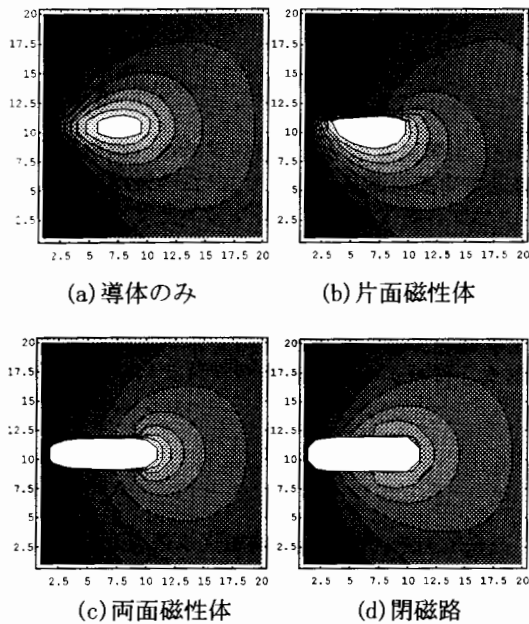


図3 磁束分布

Fig.3. Magnetic field distributions. (a)Simple thin conductor, (b)one side covered, (c)upper and lower sides covered, (d)entirely covered.

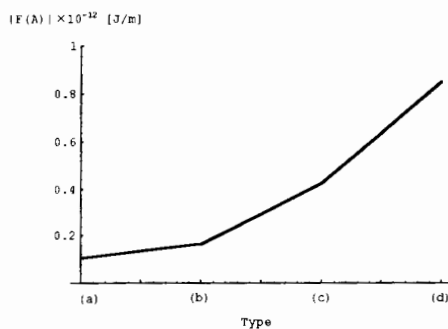


図4 汎関数  
Fig.4. Functional

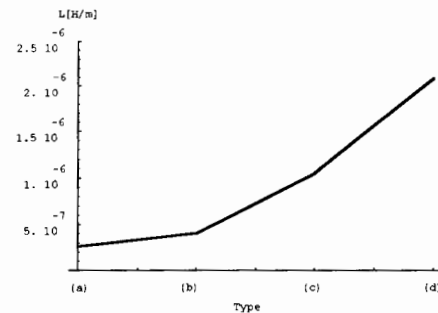


図5 インダクタンス  
Fig.5. Inductance

#### 4. まとめ

今回は、双対映像法を用いて、薄型導体と薄型磁性体の簡単な静磁界モデルについて解析し、PCBに対する薄膜磁性体の効果を吟味した。その結果、薄型導体に対して薄型磁性体は、放射磁界の減少に対しては片面でも効果があるものと思われるが、インダクタンスを増加させるためには、磁性体が閉磁路を形成するように配置することが有効であることが判明した。簡単化のため角形の領域を仮定し、あらい分割によるメッシュを用いたためインダクタンスの値そのものは誤差を相当含むものと思われる。しかし、磁性体をどのように用いれば有効であるかは判明したと考えられる。

#### 参考文献

- (1) 斎藤兆古、“応用電磁気学入門”、法政大学講義テキスト。
- (2) 斎藤、高橋、早野“双対映像法による開領域電磁界計算-理論的基礎-”、電気学会マグネティックス研究会資料、MAG-87-125、(1987)
- (3) Y.Saito, K.Takahashi and S.Hayano, “Finite element solution of open boundary magnetic field problems,” *IEEE Trans., Magn.*, Vol. Mag-23, No.5, pp.3569-3571, (1987)