

Producing Teaching-Image for Micro ECT of Printed Circuit Boards

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/16998

マイクロウズ電流探傷技術によるプリント基板検査に用いる 教師イメージの生成に関する研究

西野仁展¹, 山田外史²

¹電子情報工学専攻

²環日本海域環境研究センター生体機能計測研究部門

M. Nishino and S. Yamada

Producing Teaching-Image for Micro ECT of Printed Circuit Boards

1. はじめに

近年の電子産業界では、製品の軽薄短小化・複雑化により、プリント基板配線の高密度化は重要な位置付けにある。それに伴い、高度な検査技術が必要不可欠になっている。うず電流探傷法 (ECT : Eddy-Current Testing) は非破壊・非接触かつ導電性の検査でプリント基板 (PCB : Printed Circuit Board) 配線の欠陥の導電検査として有効な検査法であり、今後ますます大きな貢献をすると期待されている^[1]。

しかし、これまでの ECT を利用した検査では、一様な検査対象 (材質, 形状の均一) で欠陥部においてのみ発生し得る信号変化を検知すれば良かったのに対し、プリント基板検査では配線の形状等に応じて欠陥部位以外の箇所でも複雑な変化を伴う。そのために、配線導体の欠陥の抽出のためには検査対象と同一な配線パターンの正常な基板から得た画像データ (これを教師イメージと呼ぶ) を利用した画像処理技術が必要である。

従来では正常な基板を ECT プローブで走査して得られた ECT イメージを教師イメージとして用いていたが、欠陥等のない正常なプリント基板を走査して得られる画像信号にも、測定時に生ずる雑音の他、基板表面の凸凹や配線の厚み不均一等に起因する様々な不要成分が含まれ、教師イメージ生成に悪影響を与える。よって、本論文では正常なプリント基板のうず電流検査イメージの生成のため、プリント基板の設計パターンから電磁界解析で「教師イメージ」を生成する手法を検討した。

2. うず電流探傷技術によるプリント基板検査

2.1 うず電流探傷プローブの構成

ECT プローブは図 1 に示すように、励磁コイルと検出部であるスピンバルブ巨大磁気抵抗効果素子 (SV-GMR: Spin Valve Giant Magnetoresistance) センサによって構成される。励磁コイルはミアンダコイルと呼ばれ、プリント基板配線のような 1 方向に伸びた導体に効率的にうず電流を誘導できる形状を持つ。検出部である SV-GMR センサはコイルのピッチ間に配置する。SV-GMR センサは指向性特性を持つ磁気センサであり、素子サイズが極めて小さい、2 端子の抵抗素子として取り扱いが容易であるという特徴がある^[2]。SV-GMR センサの感度と指向性特性について図 2 に示す^[3]。SV-GMR センサの抵抗値は $R = 420 \Omega (B = 0)$ 、駆動電流は 4 mA である。SV-GMR センサの高感度方向 (z 方向) の磁界感度は $150 \cdot V / \cdot \cdot$ であり、低磁界でも大きな磁界抵抗変化が得られる。したがって、この高感度方向を ECT 探傷において検出すべき欠陥部で発生する磁界方向とし、不感方向 (y 方向) を励磁磁界または正常部分の磁界方向となるように設定することで、SV-GMR センサが高分解能を持つ検出部となる。

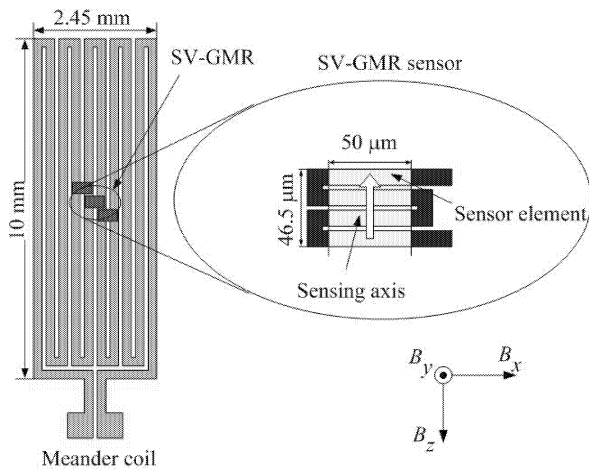


図 1 ECT プローブ

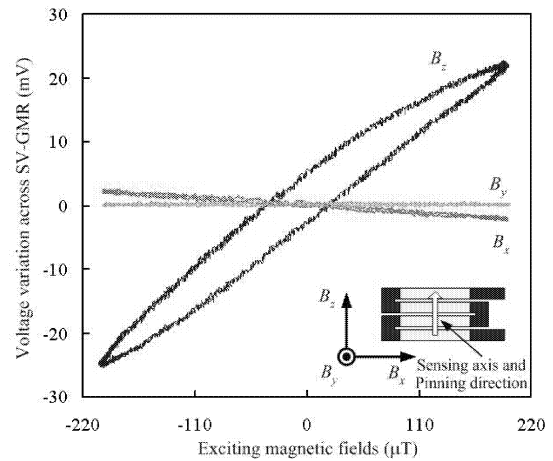


図 2 SV-GMR の感度と指向特性

2.2 検出原理

図 3 に配線の欠陥の検出原理について示す。ECT プローブの励磁電流により、プリント配線には y 軸方向に励磁磁束が印加され、配線にうず電流が誘起される。このうず電流は表皮効果により、励磁周波数が高いほど導体表面上に集中する。欠陥が無いプリント基板配線上に並行にミアンダコイルが近づいたとき、うず電流は z 方向に流れ、それによる磁束は $x-y$ 平面となり SV-GMR センサには検出されず、オフセット分 $V_{GMR} (B = 0)$ のみを出力する。配線上に断線部やハンダ点が存在する場合、誘起されたうず電流は配線の変化に伴い、流れが妨げられ x 軸方向に流れる。この x 軸方向に流れるうず電流によって、傷のない場合には存在しない z 方向の磁束成分が発生する。したがって、SV-GMR センサの高感度方向を z 方向に設定しておくことによって、傷がある場合に限り、SV-GMR センサに抵抗変化が生じる。

3. プリント基板検査に用いる教師イメージの生成

3.1 要素パターンの作成法

プリント基板全体を数値解析することにより、ECT イメージを得ることはメモリ、計算時間の問題で困難であるとともに、多様なプリント基板に対応しようとした場合それぞれに対応しなければならず、計算の効率が悪い。

本研究では、高密度基板においては基板のパターンが単純化することに注目して、その例としてリードフレーム（半導体デバイスの外部リードを形成する金属フレーム）基板を取り上げ、基板を要素パターン毎に分けて各 ECT イメージを作成、そのデータベースにより基板全体の教師イメージを作成することを検討した。その手順を図に示す。ECT によるプリント基板のイメージは、ECT プローブを基板上に走査することによって得られる。よって磁界解析でも実際のスキャンと同様に、ECT プローブと基板パターンの位置関係を一定間隔 Δh だけ変化させて計算を行う。

励磁用のミアンダコイルは折り返しパターンになっているので、解析の簡単化のため、端効果を無視して 4 本のコイルのみ設置し、磁気センサに対して無限に長いと考えられる形状をしているため、境界条件に磁界絶縁を設定した図 5 解析モデルに示す解析モデルで解析を行った。そして、磁気センサの位置するミアンダコイルのスリット間の磁界データを抽出することで、感度方向が z 方向の磁気センサでラスタースキャンした時の検出信号を一度に求めることができる。

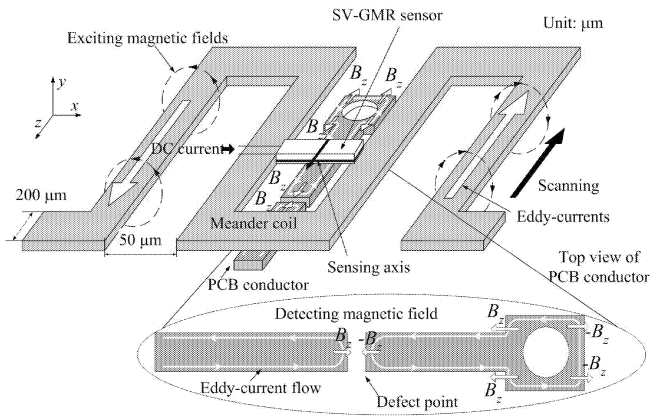


図3 配線の欠陥検出原理

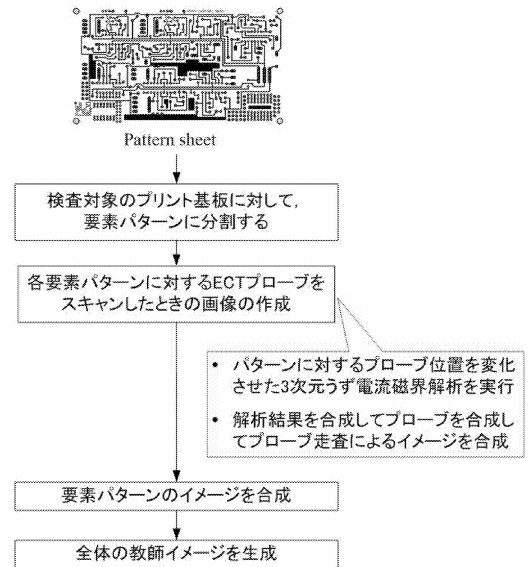


図4 教師イメージ生成手順

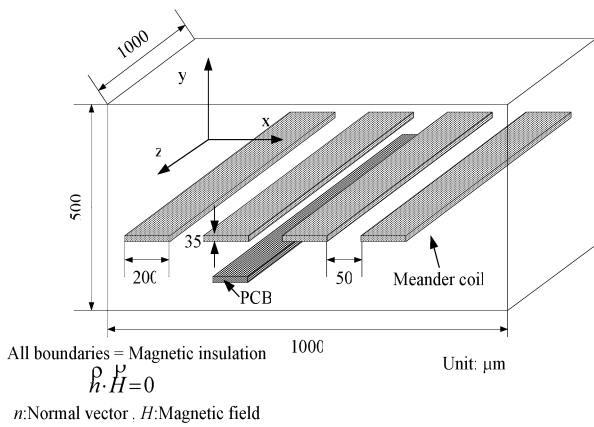


図5 解析モデル

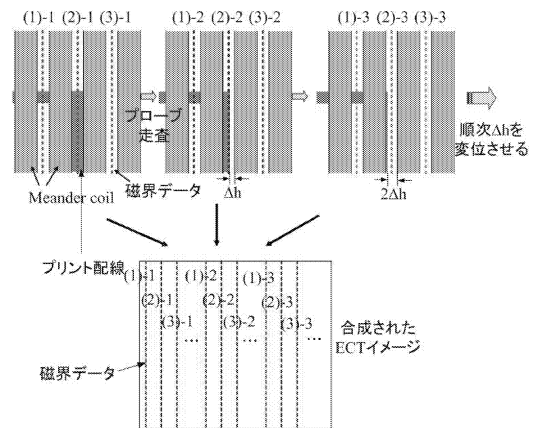


図6 解析結果からの ECT データの作成

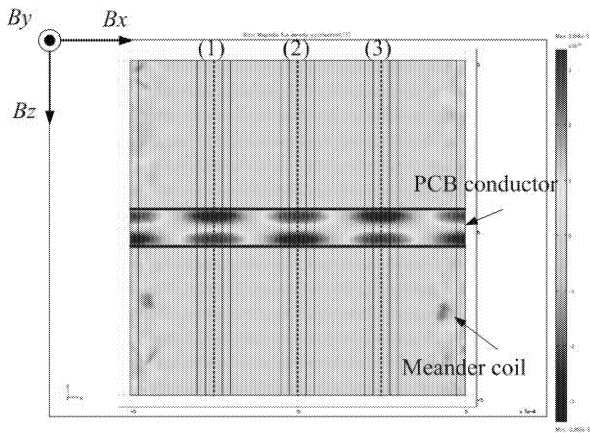
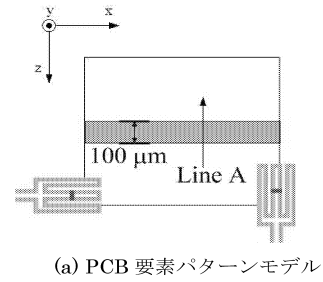


図 7 プリント基板配線上の磁束密度 B_z の分布



(a) PCB 要素パターンモデル

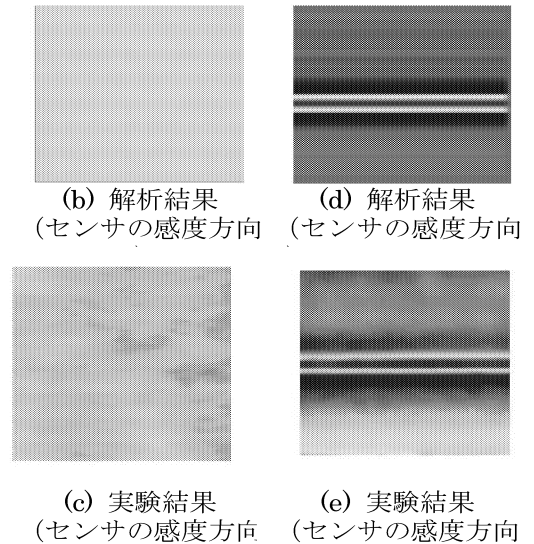


図 8 要素パターン (差分値表示)

次に、これらの解析を一定間隔 Δh 繰り返して変化させて得られた解析結果を合成して ECT プローブを走査させたイメージを作成する。この手順を図 6 に示す。

- ① 磁界解析の結果から磁気センサが位置するミアンダ形コイルスリット間中央の磁界データを抽出
- ② プローブを Δh 変位させてデータを順次求め合成

ミアンダコイルは周期的であるので、ミアンダ形コイル 1 ピッチ間を変位させることで、プローブの 2 次元ラスタースキャンのデータを取得できる。

3.2 教師イメージの生成

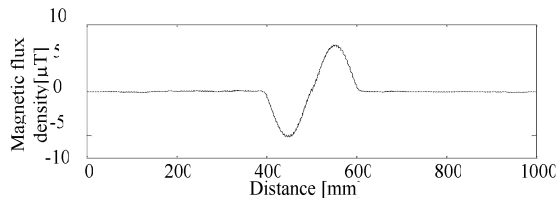
うず電流探傷検査によるプリント基板を準定常問題として解析する。解析空間全体は 4 面体要素で約 36,000 要素に分割、2 次補間関数を適用し、解析ソフト (COMSOL 社, FEMLAB ver. 3.3a) にて解析を行った。今回対象とするプリント基板配線の厚みは $d = 10 \mu\text{m}$ であり、励磁周波数 $f = 5 \text{ MHz}$ を用いた。

(銅の表皮厚み $\delta = 29 \mu\text{m}$, $f = 5 \text{ MHz}$)。図 7 にストレート・パターンについて電磁界解析を行った結果より得られた配線上における磁束密度分布の変化を示す。プリント基板配線上でうず電流の流れが変化したことによって、 z 方向の磁束密度分布が変化していることがわかる。また、隣り合うミアンダコイルには位相を 180 度反転させた励磁電流を印加してあるので、隣り合うピッチ間の磁束密度分布は位相が反転している。そのため、GMR センサの感度方向を交互に逆向きに設置した ECT プローブを利用したのと同様に、ECT イメージを合成する際は奇数番のミアンダコイルピッチ間の磁束密度の位相を反転させる。

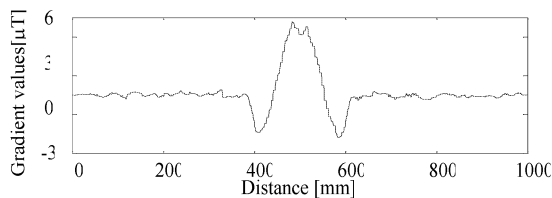
このように行う解析を、ECT プローブがプリント基板配線を走査するのと同様にミアンダコイルの位置をシフトさせて繰り返す。例としてストレート・パターンについて、データのサンプリング幅 $\Delta h =$

25 μm 毎にミアンダコイルの位置をシフトさせて解析を行い、データを合成した要素パターンの ECT イメージと実際に ECT プローブを走査して得られた出力画像を図 8 に示す。また、図 8 (a) の走査ライン A 上についての両結果の磁束密度分布特性と電圧振幅特性を図 9 に示す。これより、両結果ともほぼ同様な ECT イメージを得ることができているのがわかる。

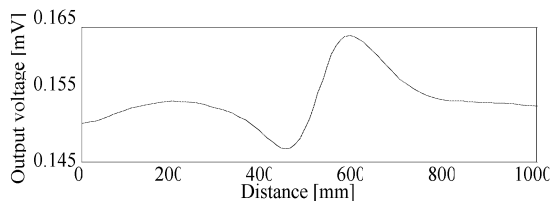
解析によって得られた要素パターンの合成により、教師イメージを作成する。例として、図に示すような簡単なプリント基板モデルに対して、感度方向 z の GMR センサを設置した ECT プローブで走査した場合の教師イメージを合成した。



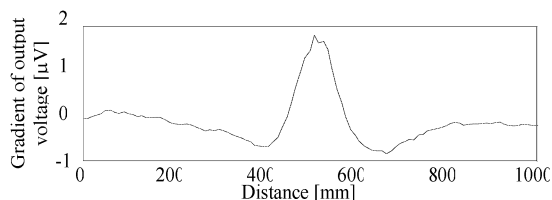
(a) 解析データ



(b) 解析データ (差分値)



(c) ECT プローブの出力信号



(d) ECT プローブの出力信号

図 9 走査ライン A の検出結果 (GMR センサ感度方向 z)

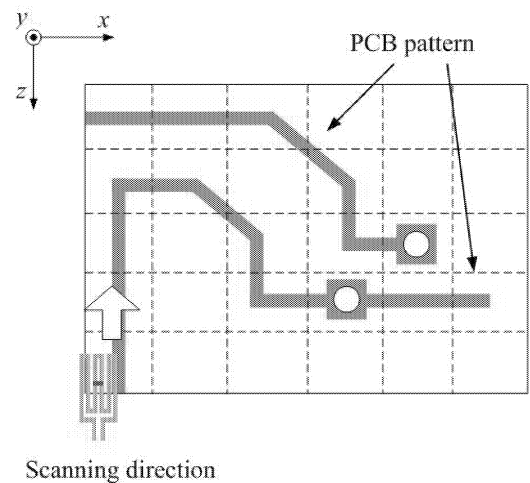


図 10 プリント配線パターン

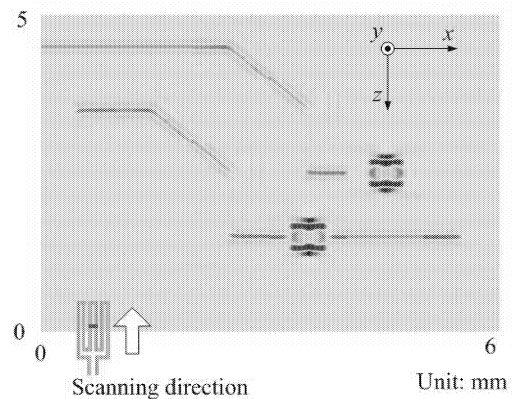


図 11 教師イメージ

4. まとめ

本論文では本研究室が開発しているうず電流探傷技術によるプリント基板システムにおける欠陥同定部に必要である教師イメージを設計パターンから電磁界解析で生成する手法を検討した。プリント基板配線を要素パターンに分割し、ミアンダコイル 4 本を設置した解析モデルを用い、実際の走査と同様にミアンダコイルとプリント基板配線の位置を $\Delta h = 25 \mu\text{m}$ ずつ変位させ、ミアンダコイル 1 周期分の解析を行ったデータを合成し、要素パターンを作成した。測定結果とほぼ同様の ECT イメージが得られており、これを合成することで教師イメージが生成できる。今回、要素パターンから教師イメージを生成する際は手動で合成を行ったが、実用化に向けプリント基板の設計パターンを要素パターンに分割し、教師イメージ用要素パターンを合成するプログラムの開発が必要である。

参考文献

- [1] K.Chomsuwan, S.Yamada, M.Iwahara, H.Wakiwaka, and S.Shoji : PCB Conductor Dimension and Alignment Inspection Using an ECT Probe with an SV-GMR Sensor, Trans.Magn.Soc.Japan,5,93-96,2005
- [2] 脇若 : GMR センサの特性とその応用, 日本応用磁気学会誌, Vol. 28, No. 7, 2004
- [3] 福田, K. Chomsuwan, 山田, 岩原, 脇若, 庄司 : ECT 応用を目指した SV-GMR センサの高周波数微小磁界振幅特性, 日本応用磁気学会誌, 28, 405-408, 2004

口頭発表

- [1] 西野, K. Chomsuwan, 山田, 岩原 : 高周波渦電流探傷における高速データ処理法の研究, 電気学会北陸支部大会, 2006 年 9 月, 金沢工業大学
- [2] 西野, 織田, K. Chomsuwan, 山田, 岩原 : マルチ渦電流探傷プローブによるプリント基板検査, 電気学会全国大会, 2007 年 3 月, 富山大学
- [3] 西野, H. Bayani, 山田, 岩原 : 渦電流探傷技術によるプリント基板検査のための教師イメージの作成, 電気学会北陸支部大会, 2007 年 9 月, 福井工業大学