

(9) サブテーマ7：非接触電極検査装置の開発

武田産業（株）

福岡県工業技術センター機械電子研究所

①研究概要

ICチップを実装する電極テープや基板の断線・ショート検査は、従来プローブを接触することによって調べられてきた。しかし、近年ICパッケージは小型化、他ピン化が進み、それにともないパッケージを実装するためのプリント配線基板の配線（電極）の細密化が進んでいる。そのため従来のコンタクトプローブを接触させることによる導通検査では対応が困難になってきている。そこで、高周波信号を用いて非接触に導通試験を行う2つの装置開発を行った。1つは、高周波信号を一端から入力し、小型アンテナで受信する方式で、もう1つは励磁コイルと検知コイルを対にして小型化したものである。それぞれの装置の欠陥検出性能評価に関する検討を行った。

②フェーズIの取り組み（H09.11～H12.03）

②-1 目的及び目標

IC、LCDなどの実装にはリードフレーム、TAB等様々な電極が使われているが、集積度が高くなるにつれて電極ピン数が増え、電極間隔が小さくなってきている。TAB電極のインナーリードはポリミドの補強がなく銅箔が露出しているため、導電性ゴム等で端子を接触させて導通テストを行うと電極部が破損する恐れがある。このため、非接触検査装置の開発が望まれている。本研究は、破損しやすい電極部分にプローブ等を接触させることなく、非接触で検査を行うことができる、オープン・ショートテスターを開発することを目標とした。

②-2 研究方法及び結果

図9-1に測定原理を示す。検査用電極①に検査針をあてて信号切り替え回路で目的のピンだけに信号を送りその他のピンはすべてGND（0電位）に落として、目的の回路パターン②を伝わってきた信号がインナーリード③から電波となって出てきた信号をセンサー④で受信し、波形解析を行う。もし、回路パターンが断線していた時は高周波信号が減衰してインナーリードから輻射される高周波信号のレベルが下がることを利用し、断線・非断線の判断を行う。また、ショート検査に関しては、印加する信号を波形解析することにより、ショートしている時には印加信号のレベルが下がることを利用して判断を行う。

②-3 考察

これまでの実験の結果、主に下記のような傾向があることが明らかになった。

- ・パターン両端箇所の計測値上昇

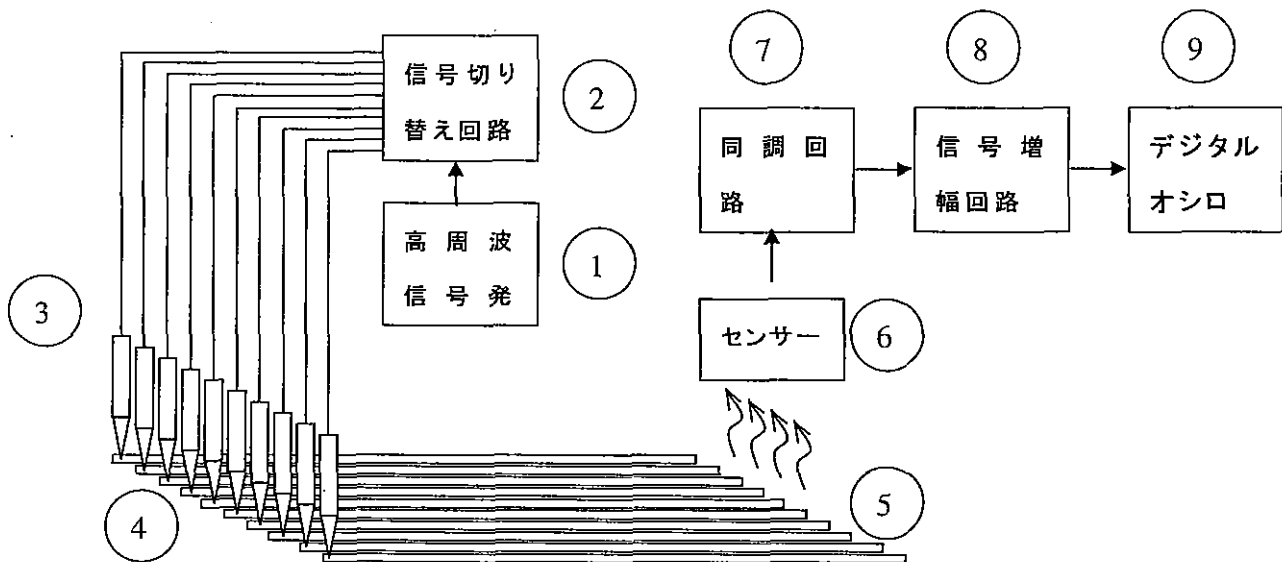


図9-1 測定の実験図

- ・断線箇所の隣の計測値上昇
- ・センサー付近での断線も判断可能（通常のオープン検査では判断不可能）
- ・センサーのライン幅を細くする事により、より確実に判断可能

（試作機のセンサーライン幅＝0.3mm）

図9-2、9-3にそれぞれ良品TAB電極、断線したTAB電極の結果を示す。20・40・50・62・80・92・102・251・252・253・254・359番ピンが断線箇所である。62番ピンはセンサーより外側で断線した。図9-4は、図9-3に示した電極の断線位置とセンサーとの関係を表している。また、図9-5は、断線箇所の写真である。

0.1mm間隔まではオープン・ショートのパターンが可能なことが明らかになった。また、アンテナであるセンサーの形状が特性に大きく影響することが分かった。自動化のためには、良品を使った参照信号の蓄積や不良の判定基準に関するデータの蓄積が必要となるが、一応0.1mmピッチ対応の非接触TAB電極検査装置開発の目処がたった。

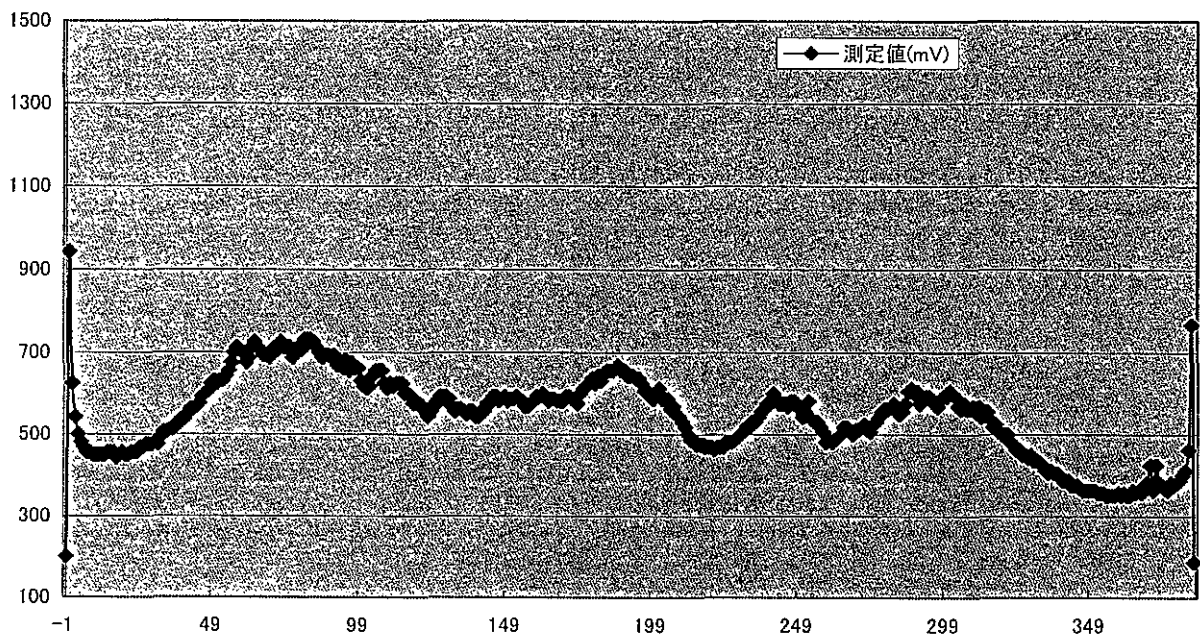


図 9-2 良品 TAB 電極の結果

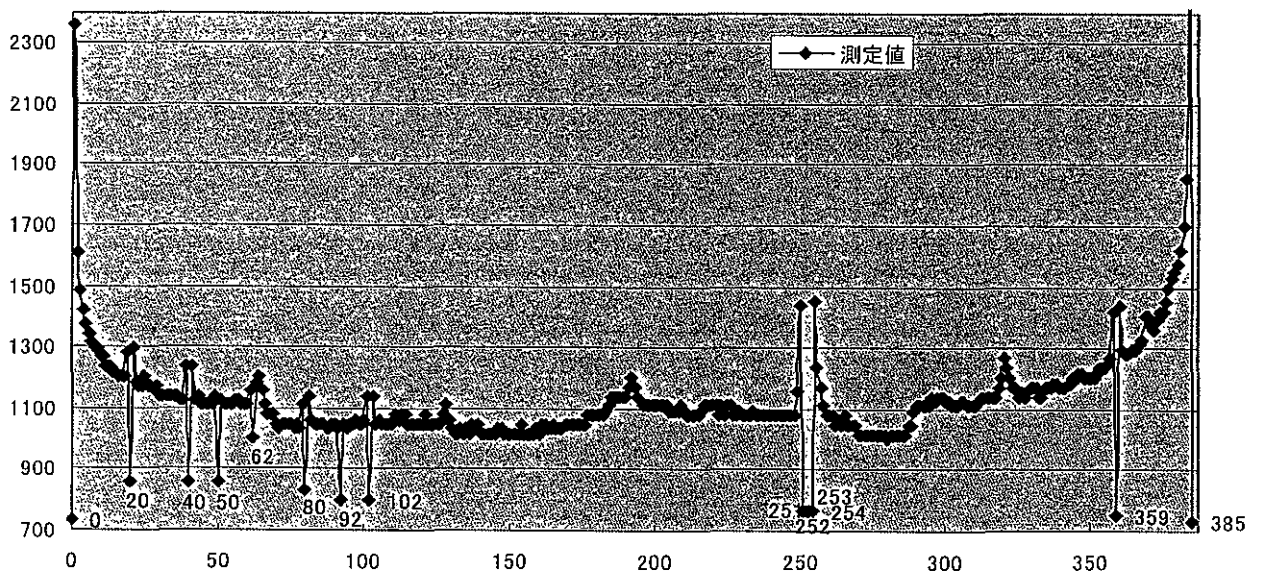


図 9-3 不良 TAB 電極の結果

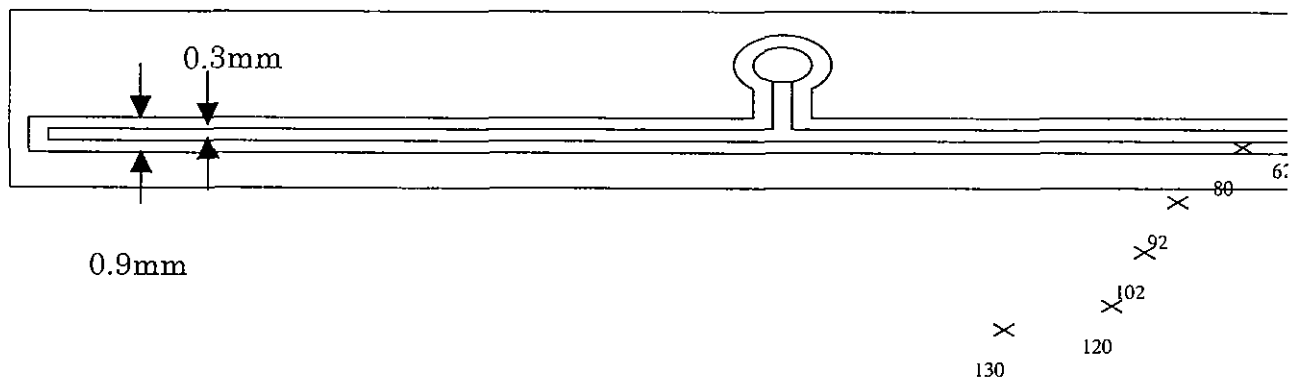


図 9-4 センサーと断線位置関係

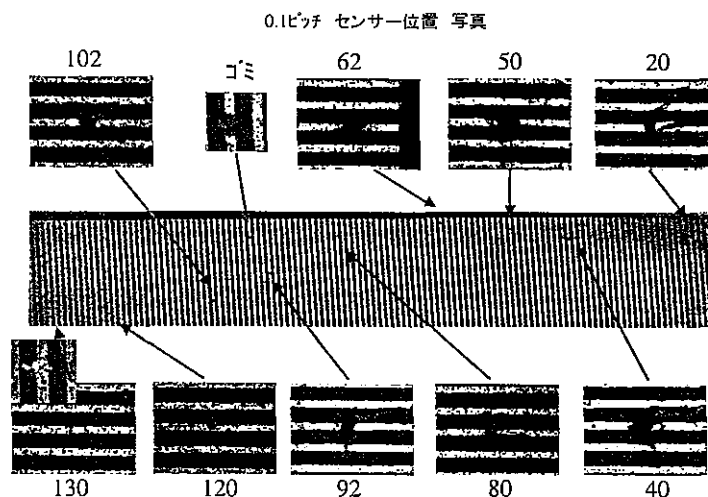


図 9-5 不良ピン番号と不良箇所の写真

③ フェーズ II の取り組み (H12.04~H14.03)

③-1 目的および目標

近年、電子機器の高性能・多機能化、小型化が急速に進んでいる。それにあわせて実装されるデバイスも超小型化に対応したパッケージである CSP (Chip Size Package) や、超多ピン化に対応したパッケージである Flip Chip 接続等の BGA (Ball Grid Array) が増加傾向にある。さらに、1パッケージ内にシステムを実現した SiP (System in a Package) や SoC (System on a Chip) も登場しており、パッケージのピンの高密度化が進んでいる。このようにパッケージのピンが高密度化されると、これらのパッケージが実装されるプリント配線基板の配線（電極）パターンの細密化が必要となる。

プリント配線基板の不良は、電子機器そのものの不良に直結している。そのため、プリ

ント配線基板自体の検査はきわめて重要であるが、近年進んでいる配線パターンは細密化のために検査が困難になってきている。現在プリント配線基板の検査は、外観検査や X 線による検査、接触による電氣的導通検査の方法が用いられている。しかし、外観検査では光不透過物に覆われた部分の検査ができないという問題があり、X 線による検査では装置が大がかりで取扱いに注意を要するという問題がある。また、接触による電氣的導通検査では、コンタクトプローブを接触させるためのパッドが必要であったり、配線を傷つけ二次不良を招くおそれがある等の問題がある。そのため、これらに代わり非接触で検査が行える新たな方法に対する要求が高まっている。

本研究では主に TAB (Tape Automated Bonding, または TCP (Tape Carrier Package)) と呼ばれる、チップをワイヤレスでボンディングするために用いられるテープ(フィルム)状の配線(電極)を検査する技術の開発を目的とする。現在 TAB の検査には、配線の両端にコンタクトプローブを接触させる導通検査が用いられている。しかしテープのリード部分(チップのパッドに接続される部分)は 100 μm 以下の狭ピッチになってきているため、上述のようにコンタクトプローブの接触によってリード部分が破損されることがある。そこで、配線のリード側で容量性結合を利用して電界を検出し、他方の端部にはプローブを接触させる半接触式の電界検出方式の検査技術の開発を行う一方で、完全非接触で検査可能な渦電流探傷法を応用した検査技術の開発を行った。磁界を媒介とする渦電流探傷法は、非接触であるだけでなく、光不透過物の介在がなんら問題とならず、また導通検査と異なり欠陥位置の特定も可能であるという特徴がある。

渦電流探傷法を配線の欠陥検査への適用した例としては、励磁にミアンダコイルを用いたプローブを用いる手法が報告されているが^{1,2)}、十分な空間分解能は得られておらず微細な配線の欠陥検出には対応できていない。ここでは、微細な配線の微小な欠陥の検出を可能にするために、高空間分解能化に関して有利な特性を持つ励磁コイルと検出コイルを立体的に直交させた構造の渦電流探傷用プローブ³⁾をとりあげ、幅 100 μm の配線の断線検出を目標として、プローブの設計、試作と、配線の欠陥検出特性に関する評価を行った。

③-2 研究方法および結果

(1) 動作原理

図 9-6 に直交コイルによる渦電流探傷プローブの原型を示す。2 個の矩形コイルを立体的に 90° 回転させて重ねたものであり、一方を励磁コイル、他方を検出コイルとして使用し、2 個のコイルの直交点近傍で欠陥検出を行う。このプローブは、動作原理としては直交 8 の字コイルを用いた渦流探傷用検出素子^{4,5)}と同じであるが、コイルが立体的に巻かれた構造であるため、平面コイルである 8 の字コイルと比較して高性能化のためのコイルの多数巻き及び小形化が容易である。また、8 の字コイルに見られるコイル外周部の影響がなく、アレイ化^{4,5)}する場合に検出コイルを高密度に配置することができる利点もある。図 9-7 に欠陥検出原理を示す^{4,5)}。ここでは検査対象を非磁性導体とし、欠陥として穴があいている場合を考える。励磁コイルに交流電流を流すことによって生じる磁束は、非磁性導体に欠陥がなければ図 9-7 (b) の矢印のようになり、検出コイルに鎖交する磁束の成分はないので検出コイルに誘導電圧は生じない。非磁性導体に図 9-7 (c) のような位置に穴があった場合は、渦電流の作用によって磁束が穴の部分に集中しようとする。そのため検出コイルに鎖交する磁束の成分が生じ、それによって検出コイルに誘導電圧が発生し、欠陥の検出が可能となる。

(2) 実験

(2)-1 実験システム

実験で使用したプローブは、励磁効率及び空間分解能の向上と検査時間短縮のための広領域走査を両立できるようにするため、図 9-8 のような形状に加工した Mn-Zn フェライト磁心にコイルを埋め込んだ構造とした。図 9-9 に実験システム、図 9-10 に励磁・検出回路構成を示す。実験は、XY ステージを用いて試料を移動させることでプローブを相対的に試料上で 2 次元走査し、検出コイルに誘導される電圧をロックインアンプで検出して、2 次元の画像（イメージングパターン）として表示するという方法で行った⁴⁻⁶⁾。イメー

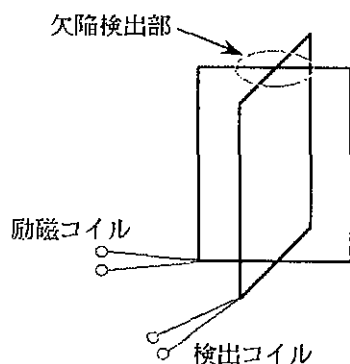


図 9-6 直交コイルによるプローブの原型

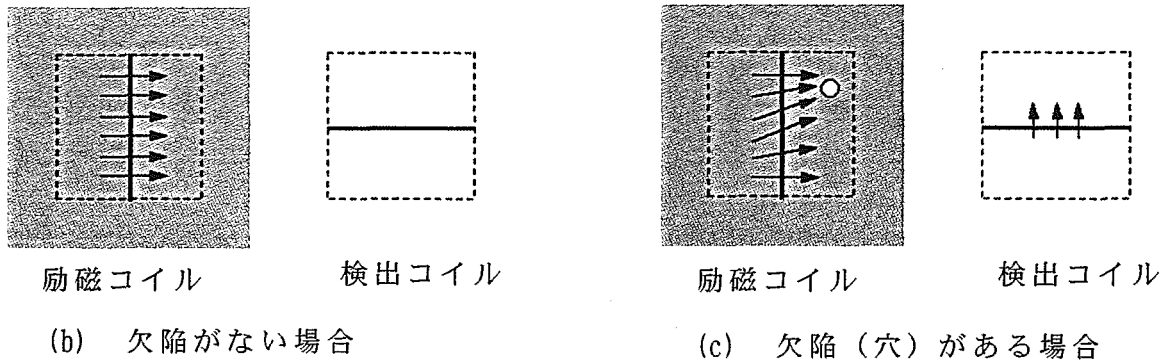
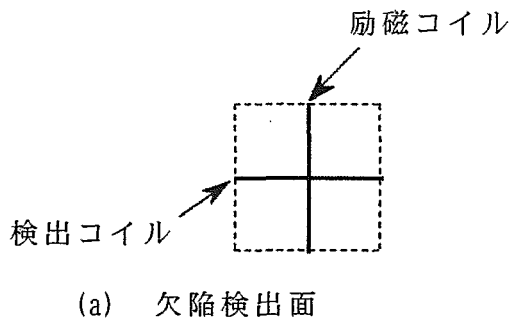


図 9-7 直交コイルによるプローブの欠陥検出原理

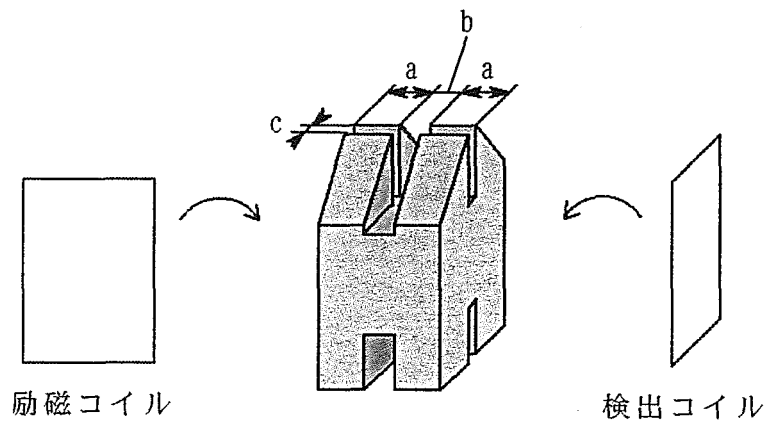


図 9-8 実験に使用したプローブの構造

ジングパターンは、ロックインアンプで同期整流された出力電圧のレベルをグレースケールで表しもので、パターン中の白い部分が電圧の高い部分、黒い部分が電圧の低い部分に対応する。

(2)-2 プローブの感度特性

検出コイルの巻き数の違いによる、励磁周波数、励磁電流と欠陥検出感度の関係の比較を行うため、表 9-1 に示すように検出コイルの巻き数のみが異なる 3 種類のプローブを作

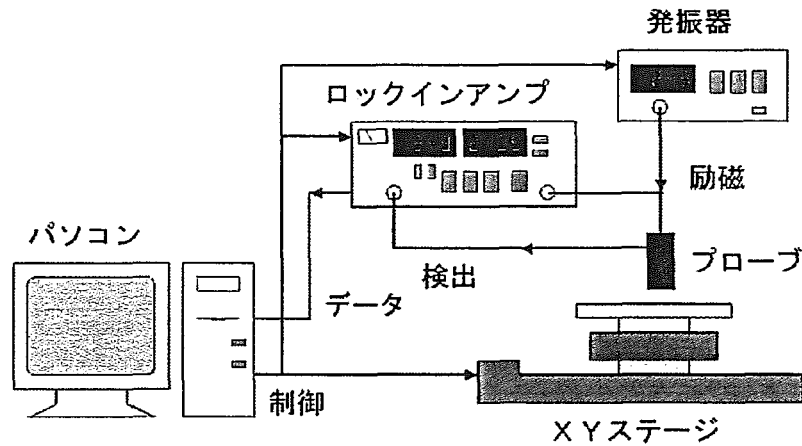


図 9-9 実験システム

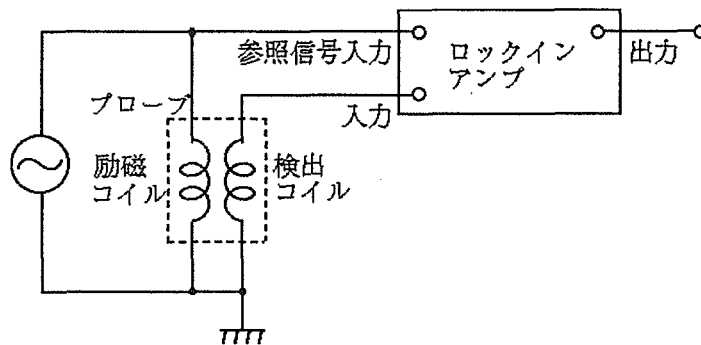


図 9-10 励磁・検出回路構成

表 9-1 プローブのコイル巻回数

プローブ	励磁コイル (turn)	検出コイル (turn)
#1	10	250
#2	10	100
#3	10	50

製した。磁心の寸法は、図 9-8 の a, b, c がそれぞれ 1.1, 0.8, 0.2 mm である。厚さ 30 μm の銅箔に直径 0.8 mm の穴をあけた試料をプローブで走査して得られたイメージングパターンの一例を図 9-11 に示す。使用したのは #2 プローブで、励磁周波数は 600 kHz, 励磁電流は 80 mA, リフトオフ (試料とプローブとの距離) は 50 μm とした。走査領域は 10 mm \times 10 mm である。ロックインアンプの同期位相は、出力電圧の変化が最も大きく現れるように設定した。点状傷に対するイメージングパターンが、図 9-11 のような点を中心とし

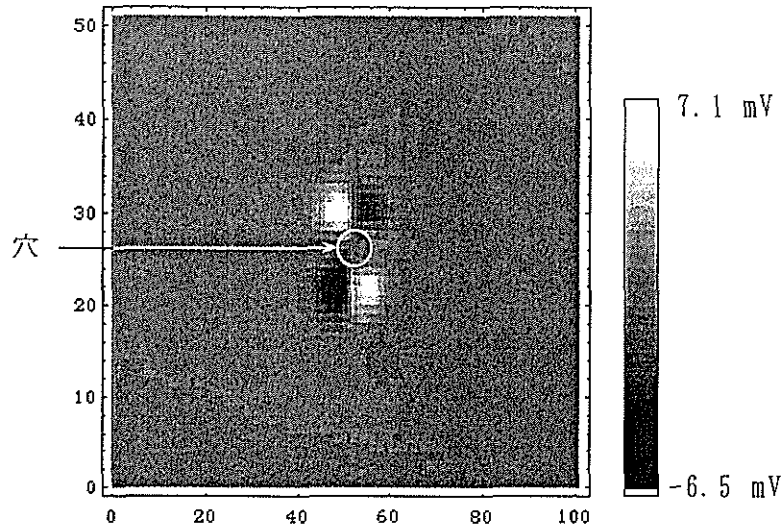


図 9-11 #2 プローブによる穴を空けた銅箔に対するイメージングパターン

た点対称のパターンとなるのは直交 8 の字コイルを用いた渦流探傷用検出素子と同様であり、空間微分特性を有している^{4,5)}。このような空間微分特性を持つプローブは、空間分解能が高く微小欠陥の検出に有利である⁷⁾。

プローブの感度の評価を行うために、厚さ 30 μm の銅箔に直径 0.8 mm の穴をあけた試料から得られるイメージングパターンの x 軸に平行な直線上での電圧の変化に着目し、図 9-12 に示すような最大値と最小値の差が最大となる直線上でのその電圧差 (V_{p-p}) を測定した。励磁周波数をパラメータとした励磁電流と V_{p-p} との関係を図 9-13 に示す。同期位相は、それぞれの励磁周波数と励磁電流の組合せごとに V_{p-p} が最大となるように設定した。

まず励磁周波数について考える。表皮深さ δ は、励磁周波数を f 、導体の透磁率を μ 、導

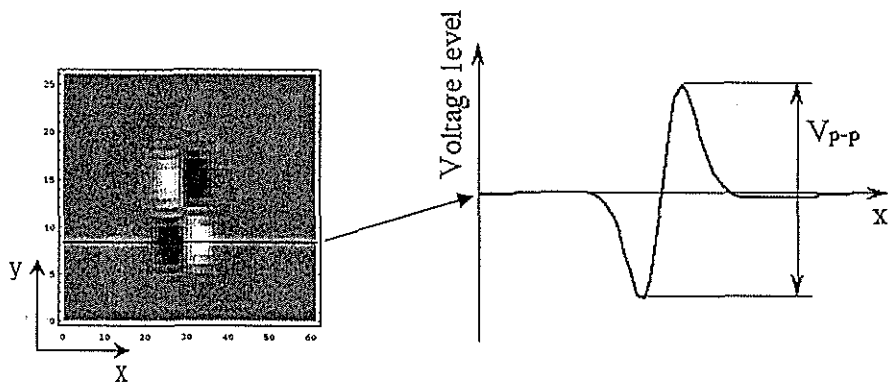
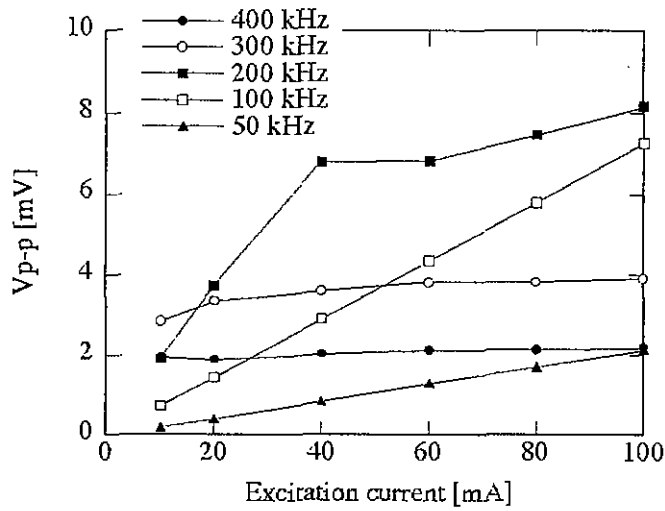
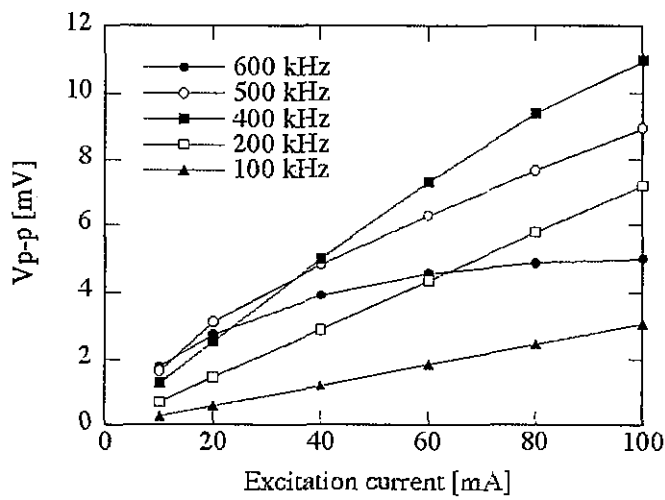


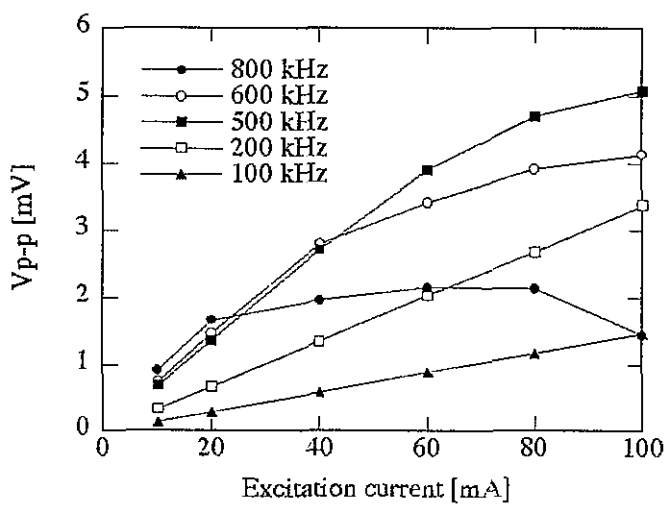
図 9-12 V_{p-p} の定義



(a) #1 プローブ



(b) #2 プローブ



(c) #3 プローブ

図 9-13 励磁周波数をパラメータとした V_{p-p} 対励磁電流特性

電率を σ とすると

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} \quad (1)$$

と表される。励磁周波数 f が低く表皮深さ δ が銅箔の厚さに対して大きい場合、多くの磁束は銅箔を透過してしまうため、探傷に寄与する磁束成分はごく一部となる。励磁周波数 f を高くすると表皮深さ δ が小さくなり、より多くの磁束を銅箔部に集中できるため高感度化が期待でき、表皮深さ δ が銅箔の厚さと同じ $30 \mu\text{m}$ 程度となる励磁周波数 $f = 4 \sim 5 \text{ MHz}$ が最も有効であると考えられる。また、検出コイルに誘導される電圧 V は、検出コイルの巻き数を N 、鎖交する磁束を Φ とすると次式となる。

$$V = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

ここで Φ は周波数 f で正弦波状に変化するので、 V をフェーザ表示すると次式となる。

$$V = -j2\pi f N \Phi \quad (3)$$

したがって、(3) 式からも高周波の方がプローブは高感度化できると期待される。

次に検出コイルの巻き数に関しては、(3) 式より誘導電圧 V は巻き数 N に比例するので、多数巻きした方が高感度化が期待できる。

しかし、実際には図 9-13 からわかるように、表皮深さ δ が銅箔の厚さと同程度となる $4 \sim 5 \text{ MHz}$ よりもかなり低いある特定の励磁周波数で V_{p-p} はピーク値をとり、それより高周波では V_{p-p} は小さくなった。これは、検出コイルのインダクタンス L と励磁-検出コイル間の寄生容量の共振の影響による。プローブの励磁周波数は共振の影響を受けないように共振周波数より低く設定しなければならないが、共振周波数が $1/\sqrt{L}$ に比例することや、図 7-8 (a), (b), (c) の比較からもわかるように巻き数が多くなるとインダクタンス L が大きくなるために共振周波数が低くなるので、それに伴って励磁周波数もより低く設定しなければならない。すなわち、巻き数の多数化は高周波化の妨げとなる。したがって、磁心の形状や寸法が決まれば、励磁周波数の高周波化と検出コイル巻き数の多数化とのトレードオフを考慮し、最大感度を得られるような最適な検出コイルの巻き数と励磁周波数の組み合わせを選択する必要がある。

(2)-3 磁心形状の解析

微細な配線の欠陥を検出するためにはプローブの形状、すなわち磁心の形状を小さくしなければならないが、プローブの小形化は感度の低下を招く。そこで、小形化してもプローブ先端に多くの磁束を集中でき、かつ高い空間分解能を持つように、図 9-8 に示した磁心の形状を基本として、有限要素法による磁界数値解析を用いて磁心の有効な形状の導出を行った。図 9-14 に解析を行ったモデルを示す。ここでは、磁心先端部の形状及び角度の違いによる磁束密度分布の相対的な関係を見ることを目的としたので、検出コイルを含む面と平行な面での 2 次元解析を行った。抵抗率 $1 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$ 、厚さ $30 \mu\text{m}$ の導体板（銅

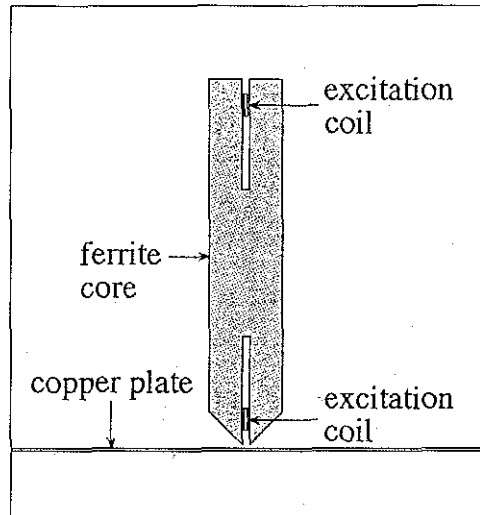


図 9-14 磁界数値解析用プローブモデル

板)に $50 \mu\text{m}$ のギャップを設けて比透磁率 2300 の強磁性 (フェライト) 磁心を配置し, 励磁コイルには 500 kHz, 起磁力 1 AT となる電流を流した。

まず, プローブの高感度化のために磁心先端部により多くの磁束を集中させる形状を選定するため, 図 9-15 に示すような先端部が尖鋭な type1 と先端部に面取りを施した type2 の, 形状が異なる 2 種類の磁心について角度 α を 25° から 90° まで変化させて解析を行った。

導体板表面における磁束密度分布の一例を, type2 の $\alpha = 35^\circ$ の場合について図 9-16 に示す。また, 図 9-17 に導体板表面における磁束密度の最大値 ($x=0$ での磁束密度値) $B(x=0)$ と磁束密度分布の半値幅 (FWHM) の角度 α に対する依存性を示す。図 9-16, 図 9-17 の磁束密度は, $\alpha = 90^\circ$ のときの最大値 $B(x=0)$ を基準として正規化している。ここ

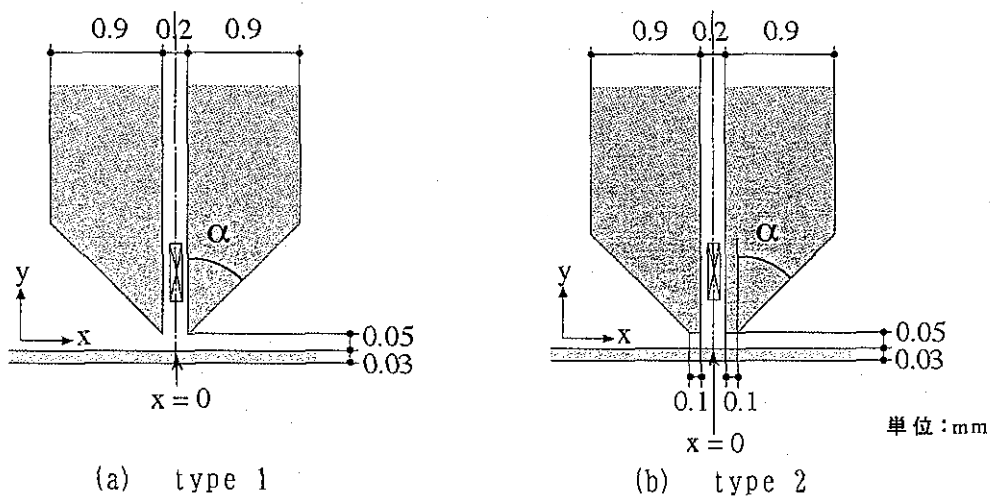


図 9-15 解析モデルのプローブ先端拡大図

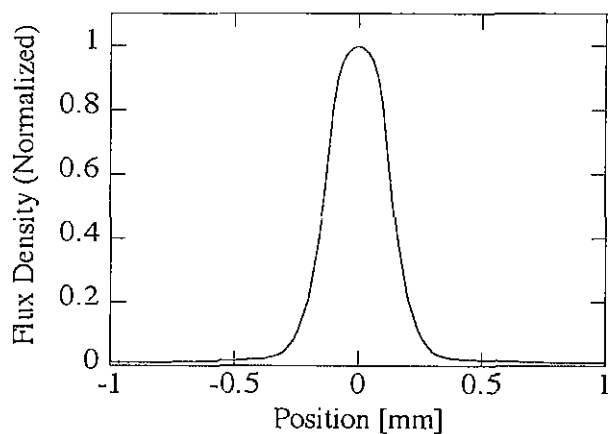
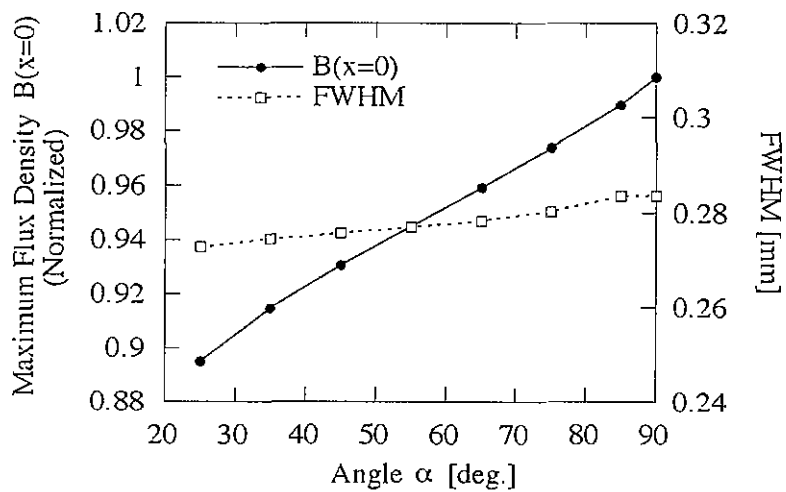
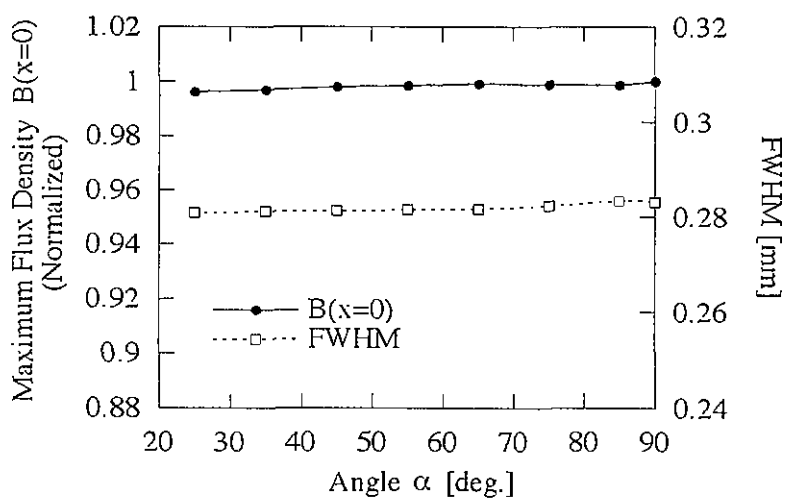


図 9-16 type 2, $\alpha=35^\circ$ における銅板表面の磁束密度分



(1) type 1



(2) type 2

図 9-17 磁束密度の最大値 $B(x=0)$ と半値幅の角度 α 依存

で、 $\alpha = 90^\circ$ のときは type1 と type2 はまったく同じ形状となる。最大値 $B(x=0)$ に関しては、type1 については角度 α が大きいほど大きな値となったが、type2 については角度 α によらずほぼ一定の値となっていた。磁束の広がり具合を示す半値幅に関しては、いずれの条件についてもほとんど差は見られなかった。したがって、磁心先端の狭領域により多くの磁束を集中させるには、type 1 について角度 α を大きくするか、type 2 を採用すればよいことがわかる。

次に、本プローブは導体の傷によって生じる磁束のゆがみを検出するものであるから、導体に傷があるときの磁束分布のゆがみ（変化）を調べた。図 9-18 に示す導体板に傷（欠損箇所）を設けた 2 種類のモデル case 1, case 2 に関して、type1, type2 それぞれとの組み合わせについて角度 α を変化させて解析を行った。

傷がないときの磁束密度を基準とした磁束密度の変化の一例を type2 の $\alpha = 35^\circ$ の場合について図 9-19 に示す。この図に関しても、磁束密度は導体板に傷がない場合における $\alpha = 90^\circ$ のときの最大値 $B(x=0)$ を基準として正規化した値で示している。プローブが高感度であるためには、導体の傷がプローブの先端部に近い図 9-18 case1 のような場合は磁束密度の変化が大きくなければならない。一方空間分解能を考慮すると、図 9-18 case2 のようにプローブ先端から離れたところにある傷によって生じる磁束密度分布の変化は小さい方が望ましい。そこで、case1, case2 のそれぞれの磁束密度変化のピーク値 V_{p1} , V_{p2} (図 9-19 参照) の比 (V_{p2}/V_{p1}) をとって角度 α に対してプロットしたものが図 9-20 である。 V_{p2}/V_{p1} は小さい方が良く、type2 において角度 α を小さくすれば良いことがわかる。

以上のことから、先端部にわずかな面取りを施した type 2 の角度 α の小さな磁心を採用すれば、磁心先端部に磁束を有効に集中させることができ、かつ空間分解能の高いプロ

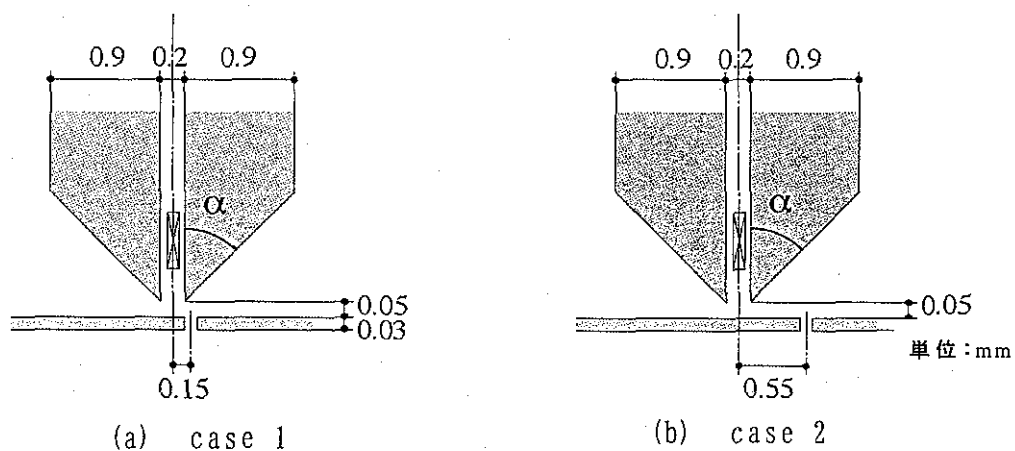
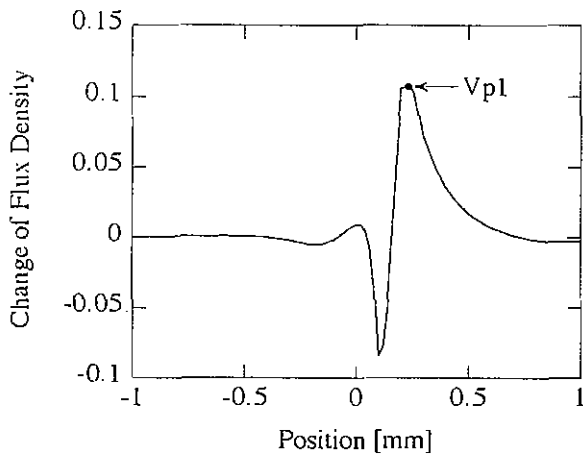
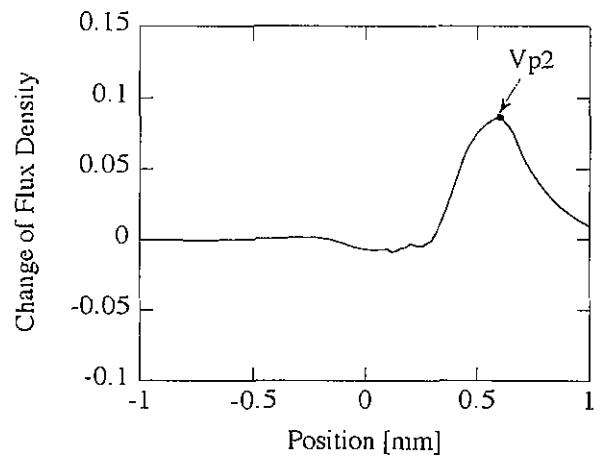


図 9-18 解析モデルのプローブ先端拡大図



(a) case 1



(b) case 2

図 9-19 type 2, $\alpha=35^\circ$ における, 銅板に付加した傷の影響による磁束密度の変化

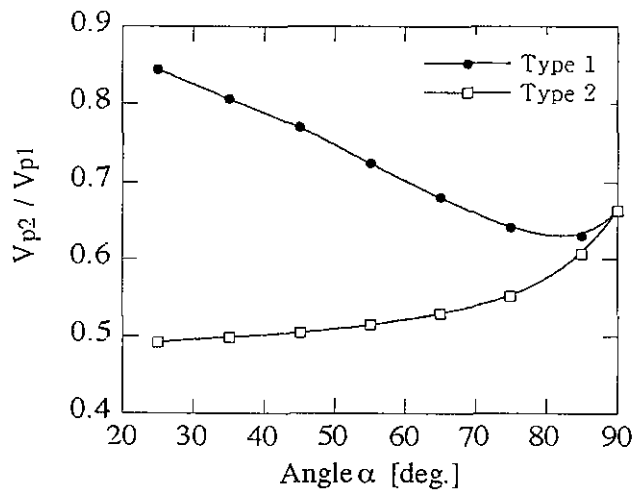


図 9-20 case 1 と case 2 における磁束密度変化の比 (V_{p2}/V_{p1}) の角度 α 依存性

ープが実現できると考えられる。

(2)-4 配線の欠陥検出特性

(2)-2, (2)-3 節の結果を基に, 磁心の機械的強度も考慮して, 図 9-21 に示すような形状の type2, $\alpha = 35^\circ$ の磁心を Mn-Zn フェライトにより作製し, 溝部に励磁コイルを 10 ターン, 検出コイルを 80 ターン巻いてプローブを作製した。

配線の断線検出性能を評価するために, 図 9-22 に示した 0.4 mm ピッチ (配線幅 0.2 mm, 配線間隔 0.2 mm) の QFP ピッチ変換基板を試料として, 白線で囲まれた 20 mm \times 20 mm の領域を対象にプローブで走査を行った。励磁周波数は予備実験で良好な SN 比を示した 800 kHz とし, 励磁電流は 100 mA, リフトオフ (試料とプローブとの距離) は 50 μ m とした。

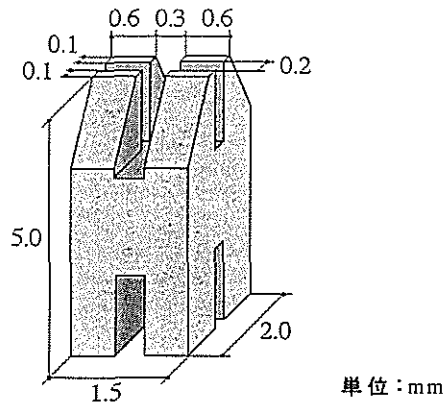


図 9-21 作製したプローブ磁心の形状

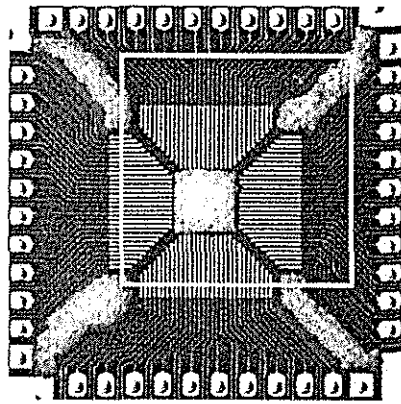


図 9-22 配線幅 0.2 mm の QFP ピッチ変換基板

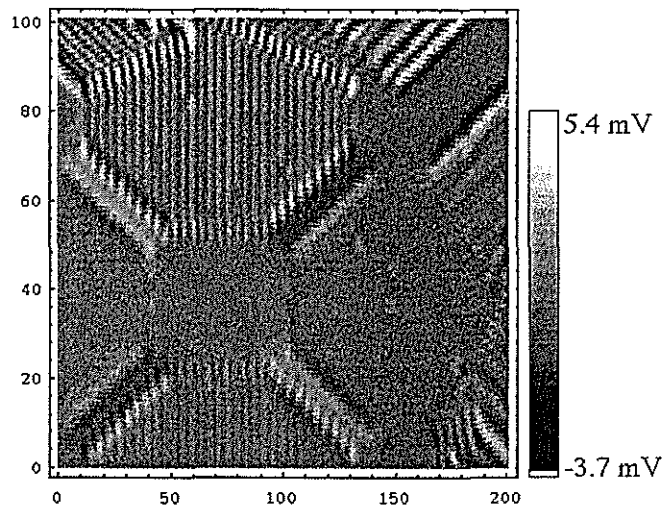


図 9-23 断線部を付加した QFP ピッチ変換基板から得られたイメージングパターン

この白線の領域内には 6 箇所にかッターナイフにより断線部を設けている。得られたイメージングパターンを図 9-23 に示す。この図では、配線の端部や斜めの配線の影響が大きい

く出ており、断線部のパターンを認識することは難しい。そこで、断線箇所のない正常な基板から得られたイメージングパターンである図 9-24 を参照用パターンとして図 7-18 との差をとったものが図 7-20 である。配線の端部や斜めの配線パターンの影響を良好にキャンセルできていることがわかる。図 9-25 中の 6 箇所の円で囲まれた部分に断線部があり、a, b は縦方向配線の断線部、c, d は斜め方向配線の断線部、e は横方向配線の断線部、f は横方向から斜め方向に屈曲する点にある断線部であるが、配線の方角に関わらず全ての断線箇所を明瞭に検出することができた。

更に、図 9-26 に示した 0.25 mm ピッチ（配線幅約 0.1 mm、配線間隔約 0.15 mm）の直

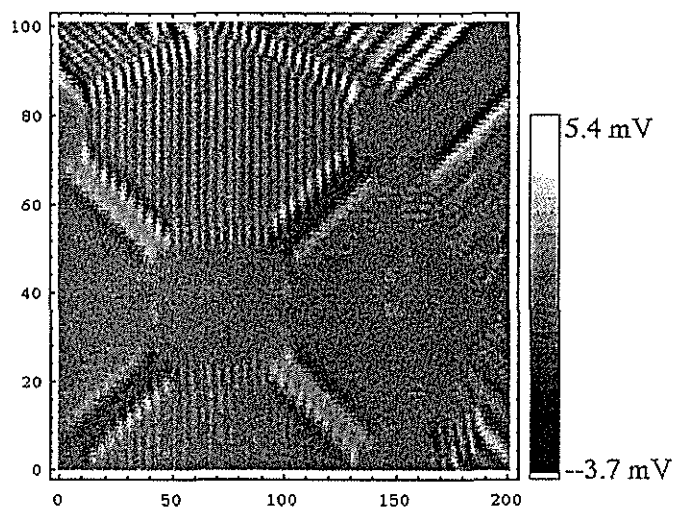


図 9-24 断線のない QFP ピッチ変換基板から得られたイメージングパターン

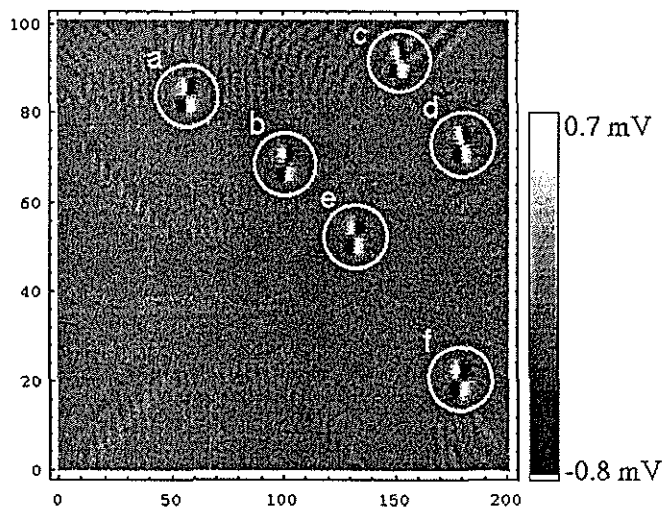


図 9-25 参照用パターンとの差をとることにより得られたイメージングパターン

線状配線を試料として、4 mm×5 mm の領域を対象に、励磁周波数 800 kHz、励磁電流 100 mA、リフトオフ 30 μm という条件で走査を行った。得られたイメージングパターンを図 9-26 に示す。走査領域内には配線 1 本のみにかッターナイフにより断線部を設けているが、図 9-27 にはその断線部に断線パターンが生じており、0.1 mm 幅配線の断線の検出が可能であることが確認できた。図 9-27 は参照用パターンとの差をとったものではない。このように走査領域内が直線状の配線のみといった単純な配線パターンであれば、参照用パターンとの差をとる必要はない。

(2)-5 プロープのアレイ化

1 個のプロープで検査を行うには、1 次元スキャンの繰り返しで 2 次元面を覆う必要があり長時間を要する。そのため検査を高速化するには、複数のプロープを配列してアレイ化する方法が考えられ、直交コイルによるプロープでは 1 個の励磁コイルに対して複数の検出コイルを配列することが可能である。図 9-28 に 9 個の検出コイルを配列したアレイプロープの構造を示す。実験に使用したアレイプロープは、励磁コイルが 10 ターン、9

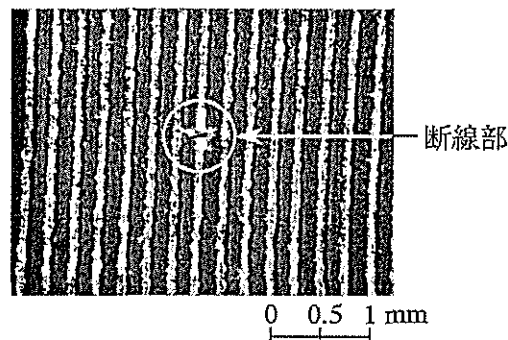


図 9-26 断線部を付加した 0.1 mm 幅配線

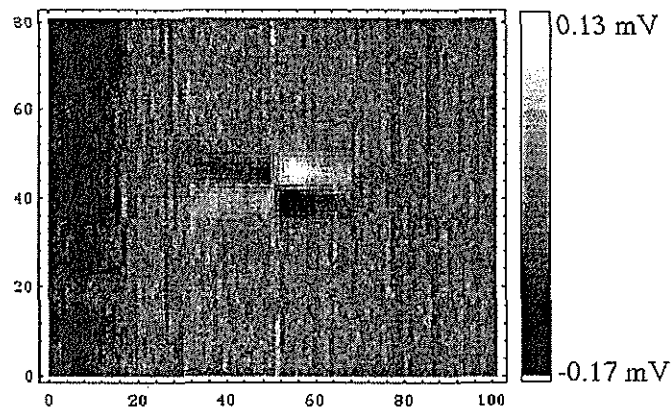


図 9-27 断線部を付加した 0.1 mm 幅配線から得られたイメージングパターン

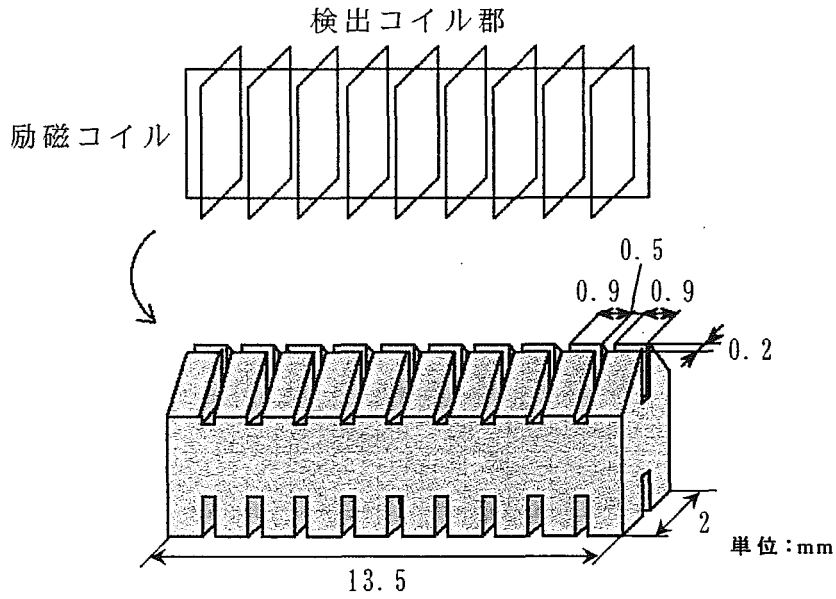


図 9-28 アレイプローブの構造

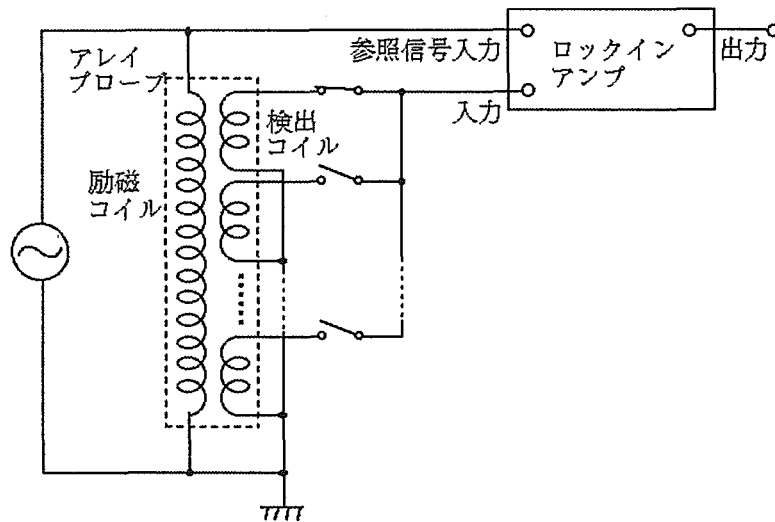


図 9-29 アレイプローブによる検出回路構成

個の検出コイルがそれぞれ 100 ターンである。今回実験に用いたアレイプローブによる検出回路構成を図 9-29 に示す。本来検査を高速化するには複数の検出コイルそれぞれに整流・増幅回路を接続し、同時にデータを収集する必要があるが、ここではロックインアンプを使用した関係で、検出コイルを 1 個ずつパソコンにより切り替えながら誘導電圧を検出、整流・増幅するという方法で行った。また、9 個の検出コイル間にはゼロ点のレベルに個体差があったため補正を行った。補正の方法は、アレイプローブの励磁コイルの長辺を x 方向とし、 $(x, y) = (i, j)$ の位置で実測された電圧値を V_{ij} 、補正後の電圧値を V'_{ij} 、y 方向の測定ポイント数を n として次式で表される。

$$V'_{ij} = V_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_{ij} \quad (4)$$

図 9-30 に厚さ 30 mm の銅箔に直径約 0.1 mm の穴をあけた試料をアレイプローブで走査して得られたイメージングパターンを示す。励磁周波数は 9 個の検出コイル間のゼロ点レベルの固体差が小さくなる 100 kHz とし、励磁電流は 100 mA とした。アレイプローブは y 方向に 0.1 mm 刻みで 100 ポイント分、x 方向に 0.35 mm 刻みで 4 ポイント分移動させるという方法で 12.25 mm × 10 mm の領域を走査した。リフトオフは 50 μm とした。図 9-30 の銅箔の穴に対応する部分には、若干磁心の形状に沿って広がっているがシングルプローブの場合（図 9-11）と同様な点対称パターンが生じており、シングルプローブと同様に欠陥検査が可能であることがわかる。

アレイプローブを使用して、図 9-31 に示した配線ピッチ 0.5 mm（配線幅 0.2 mm，配線間隔 0.3 mm）の直線状の配線の白線で囲まれた 12.25 mm × 10 mm の領域を走査して得られたイメージングパターンを図 9-32 に示す。図 9-31 の円で囲まれた部分の配線 1 本に断

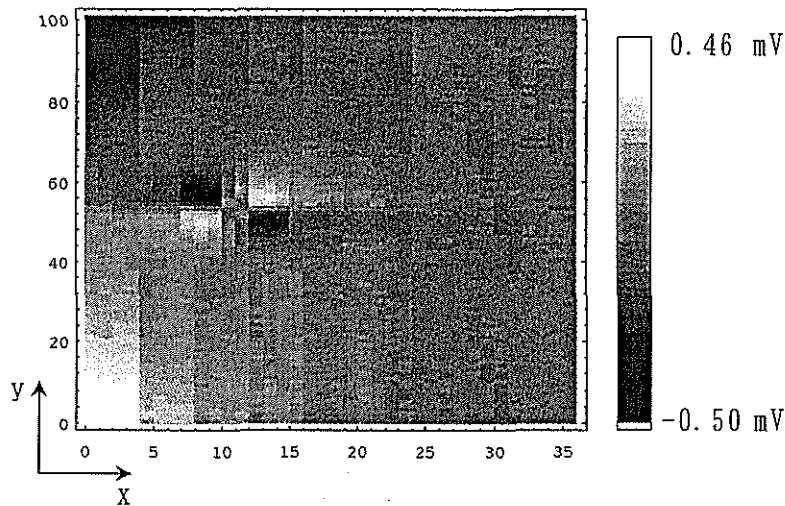


図 9-30 アレイプローブによる穴のあいた銅箔に対するイメージングパターン

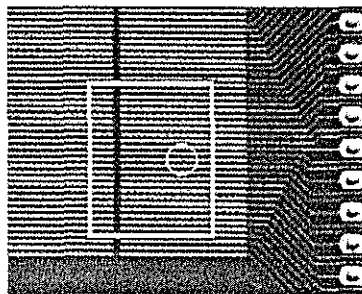


図 9-31 配線幅 0.2 mm の SOP ピッチ変換基板

線部が設けてある。断線部がある図 9-32 の円内に特有の点対称パターンが生じており、断線検出が可能であることがわかる。

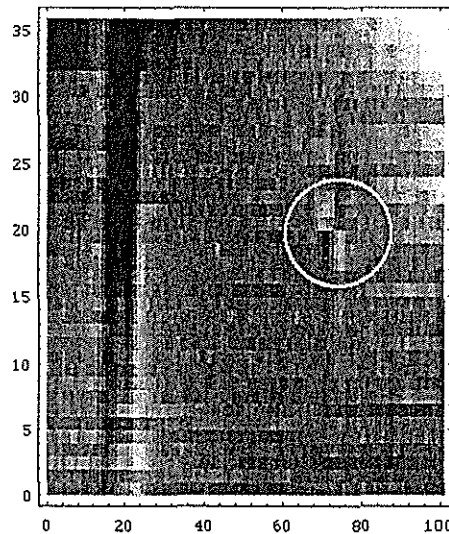


図 9-32 アレイプローブによる 0.2 mm 幅配線から得られたイメージングパターン

③-3 考察

直交コイルによるプローブにおいて、検出コイルの巻き数と励磁条件の関係を調べるとともに、プローブに用いる磁心形状の設計のため有限要素法による磁界数値解析を行った。これらの結果を基に、先端部にわずかな面取りを施し先端角度を小さくした磁心を用いてプローブを作製して評価を行った。参照パターンとの差をとることで断線箇所のみを明確に抽出でき、幅 0.2 mm の配線について、配線方向（縦、横、斜め、曲部）に関わらず断線の検出ができた。また、単純な配線パターンに関しては参照パターンとの差をとる必要はなく、幅 0.1 mm の直線状配線の断線検出が可能であることが確認できた。

今回作製したプローブは、コイル巻回を手で行う等の作製上の都合で十分に小型化することができなかった。しかし、プローブの小型化を進めることにより、さらに微細な数 10 μm オーダーの配線の欠陥検出も可能であると考えられる。ただし、小型化により SN 比の低下が予想されるため、検出回路系の高性能化等が必要になると考えられる。

また、検査を高速化するために 1 つの励磁コイルと複数の検出コイルを組み合わせたアレイプローブについても検討を行い、シングルプローブと同様に欠陥検査が可能で、0.2 mm 幅の配線の断線検出が可能であることを確認した。しかしアレイプローブに関しては、シングルプローブと比較して明瞭なイメージングパターンが得られなかった。今回、プローブの構造をシンプルにするために複数の検出コイルに対して 1 つの大きな励磁コイルを用いたが、そのために励磁磁束が広範囲に広がったことがイメージの不明瞭かにつなが

ったと考えられる。不要な磁束による影響が検出コイルに及ばないように、磁心の隣接した検出コイル間にギャップを設ける等の改良を施すか、プローブ構造は複雑となるがシングルプローブをそのまま複数配置する方法等を検討する必要がある。

③-4 成果の達成度

当初目標としていた幅 100 μm 配線の断線検出に関しては達成することができた。しかし、具体的な目標としては掲げていなかったが、検査速度の点に関して十分な成果が得られなかった。

③-5 今後の課題

高周波信号を用いた非接触テスターは、外部環境・検査対象物の品質ばらつきなど、影響を受けやすく、検査データの蓄積および、センサーおよび、信号増幅回路の改良を行う必要がある。また、現在の TAB 電極のピッチは、本非接触検査の開発時に比べ、大幅に進歩しており、今後は 40 μm ピッチ対応の非接触検査装置が必要となろう。また、プローブが小型化されると検査速度の点では不利になるため、プローブのアレイ化が不可欠になってくる。アレイプローブを有効に機能させるには、検出コイル 1 個に 1 組の検出、整流・増幅回路を接続し、多ポイントのデータを同時に収録可能な回路の作製が必要である。さらに、画像で得られた欠陥の情報から良否を判定する方法についても検討すべき課題である。

③-6 フェーズ III への取り組み

狭ピッチ配線への対応のためのプローブの小型化と、それにより予想される性能の低下 (SN 比の悪化) を補充する手法の開発を重点課題として取り組む。

また、本プローブは汎用性が高く、光不透過物の存在が何ら障害とならないという大きな利点があることから、配線の検査以外の非破壊検査等への応用の可能性についても検討を行う。

参考文献

- 1) 藤城, 山田, 岩原: 日本応用磁気学会誌, Vol. 21, No. 4-2, p. 769 (1997)
- 2) 中村, 山田, 岩原: 日本応用磁気学会誌, Vol. 25, No. 4, p. 555 (2002)
- 3) K. Krzywosz: Proceedings of 13th International Conference on NDE (1995)
- 4) 笹田, 渡邊: 電気学会マグネティックス研究会資料, MAG-94-142 (1994)
- 5) I. Sasada, N. Watanabe: IEEE Trans. on Magn., Vol. 31, No. 6, p. 3149 (1995)
- 6) R. E. Joynson, R. O. MaCary, D. W. Oliver, K. H. Silverstein-Hedengren, L. L. Thumhart: IEEE Trans. on Magn., Vol. 22, No. 5, p. 1260 (1986)
- 7) 笹田: 日本応用磁気学会誌, Vol. 24, No. 7, p. 1130 (2000)