

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-229851  
(P2013-229851A)

(43) 公開日 平成25年11月7日(2013.11.7)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
HO1Q	9/30 (2006.01)	HO1Q 9/30	4E351
HO5K	1/09 (2006.01)	HO5K 1/09	5J046
HO1Q	9/42 (2006.01)	HO1Q 9/42	
HO1Q	1/38 (2006.01)	HO1Q 1/38	
HO1Q	1/40 (2006.01)	HO1Q 1/40	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2013-5509 (P2013-5509)  
 (22) 出願日 平成25年1月16日 (2013.1.16)  
 (31) 優先権主張番号 特願2012-82489 (P2012-82489)  
 (32) 優先日 平成24年3月30日 (2012.3.30)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000003067  
 T D K 株式会社  
 東京都港区芝浦三丁目9番1号  
 (74) 代理人 100088155  
 弁理士 長谷川 芳樹  
 (74) 代理人 100113435  
 弁理士 黒木 義樹  
 (74) 代理人 100124062  
 弁理士 三上 敬史  
 (74) 代理人 100145012  
 弁理士 石坂 泰紀  
 (72) 発明者 吉田 健一  
 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T D K 株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波伝送線路、アンテナ及び電子回路基板

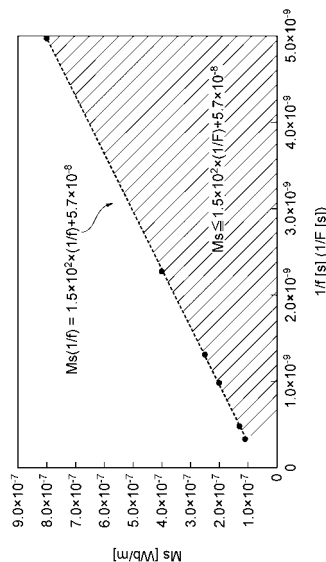
(57) 【要約】

【課題】 交流抵抗の小さい高周波伝送線路を提供すること。

【解決手段】 本発明の一態様は、絶縁性基体の表面に沿って設けられた高周波伝送線路であって、高周波伝送線路によって伝送される交流電気信号の周波数が  $F$  [Hz] であり、高周波伝送線路の単位面積当たりの飽和磁化が  $M_s$  [Wb/m] であるとき、周波数の数値  $F$  と、単位面積当たりの飽和磁化の数値  $M_s$  とが、下記数式(1)を満たす。

$$M_s \leq (1.5 \times 10^{-2}) / F + 5.7 \times 10^{-8} \quad (1)$$

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

絶縁性基体の表面に沿って設けられた高周波伝送線路であって、  
前記高周波伝送線路によって伝送される交流電気信号の周波数が  $F$  [Hz] であり、  
前記高周波伝送線路の単位面積当たりの飽和磁化が  $M_s$  [Wb/m] であるとき、  
前記周波数の数値  $F$  と、前記単位面積当たりの飽和磁化の数値  $M_s$  とが、下記数式 (1)  
) を満たす、  
高周波伝送線路。

$$M_s (1.5 \times 10^2) / F + 5.7 \times 10^{-8} \quad (1)$$

## 【請求項 2】

前記絶縁性基体の表面上に設けられた導体層と、  
前記導体層の表面を被覆する被覆層と、  
を備える、  
請求項 1 に記載の高周波伝送線路。

## 【請求項 3】

前記被覆層がニッケル又はパラジウムのうち少なくともいずれか一つを含有する、  
請求項 2 に記載の高周波伝送線路。

## 【請求項 4】

前記被覆層がニッケルを含有し、  
前記被覆層が、無電解めっきにより形成され、  
前記無電解めっきに用いるめっき液が、カルボン酸、ジカルボン酸、ヒドロキシ酸及び  
アミノ酸からなる群より選ばれる少なくとも一種の錯化剤と、ニッケル元素と、を含有す  
る、  
請求項 3 に記載の高周波伝送線路。

## 【請求項 5】

前記被覆層がリンを含有する、  
請求項 3 に記載の高周波伝送線路。

## 【請求項 6】

前記めっき液がリンを含有する、  
請求項 4 に記載の高周波伝送線路。

## 【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の高周波伝送線路を備えるアンテナ。

## 【請求項 8】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の高周波伝送線路を備える電子回路基板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、高周波伝送線路、アンテナ（放射導体及び吸収導体）及び電子回路基板に関  
する。

## 【背景技術】

## 【0002】

電子部品には、電気信号の伝送のための伝送線路が設けられている。近年の高度情報化  
時代を迎え、伝送線路が伝達する交流電気信号の周波数帯域は高周波数帯域へとシフトし  
ている。例えば、携帯情報端末における通信周波数帯域は、数百 [MHz] から数 [GHz]  
に及ぶ。このような高周波数帯域の交流電気信号を伝送する高周波伝送線路では、表皮効  
果が発生する。表皮効果では、高周波電気信号が伝送線路を流れるとき、電流密度が伝送  
線路の表面において高くなり、表面から離れるほど低くなる。そして、交流電気信号の周  
波数が高くなるにつれて、電流が伝送線路表面に集中するので、伝送線路の交流抵抗は高  
くなる。したがって、高周波伝送線路の交流抵抗を低減するためには、伝送線路表面での

10

20

30

40

50

電気伝導度を高くすることが求められる。

【0003】

高周波伝送線路の交流抵抗を低減する方法の一例として、下記特許文献1には、高周波用配線層（伝送線路）の誘電体基板との界面における表面粗さ（算術平均粗さ  $R_a$ ）が  $0.3 \mu m$  以下である高周波用配線基板が開示されている。この高周波用配線基板では、高周波用配線層の誘電体基板と接する表面の凹凸を抑えることで、界面での反応性が低減し、伝送線路の長さが短くなるため、伝送損失が小さくなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2001-015878号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記特許文献1に開示された技術では、伝送線路と誘電体基板との界面の面積が小さいため、伝送線路が誘電体基板に十分に密着せず、伝送線路が誘電体基板から剥離しやすいことが問題となる。

【0006】

また、上記特許文献1にも開示されているように、伝送線路には高い電気伝導度が要求されるため、伝送線路の基材（導体層）としては、銅又は銅系合金が汎用されている。しかし、銅又は銅系合金は、空気中の酸素、水及び腐食性ガス等によって劣化しやすい。したがって、上記特許文献1に記載の高周波用配線層は十分な耐食性を有しない。導体層の防錆、耐湿及び防食を目的として、導体層の表面をニッケルめっき膜や金めっき膜等で被覆することが検討されている。しかし、従来知られているニッケルめっきで導体層を被覆すると、伝送損失が大きくなることを本発明者らは見出した。

【0007】

さらに、上記特許文献1に開示された技術では、交流電気信号の周波数が  $10 [GHz]$  以上である場合には、伝送損失を低減する効果が得られるが、交流電気信号の周波数が  $10 [GHz]$  を下回った場合、伝送損失を低減する効果が必ずしも十分に達成されないことを本発明者らは見出した。

【0008】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、交流抵抗の小さい高周波伝送線路、当該高周波伝送線路を備えるアンテナ（放射導体及び吸収導体）及び電子回路基板を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明に係る高周波伝送線路の一態様は、絶縁性基体の表面に沿って設けられた高周波伝送線路であって、高周波伝送線路によって伝送される交流電気信号の周波数が  $F [Hz]$  であり、高周波伝送線路の単位面積当たりの飽和磁化（面積飽和磁化）が  $M_s [Wb/m]$  であるとき、周波数の数値  $F$  と、面積飽和磁化の数値  $M_s$  とが、下記数式（1）を満たす。下記数式（1）における周波数の数値  $F$  の単位は  $[Hz]$  であるが、以下では、便宜上、 $F$  等の周波数の数値を  $[MHz]$  又は  $[GHz]$  の単位を用いて表記する場合がある。  $[Hz]$ 、 $[MHz]$  及び  $[GHz]$  は、それぞれの桁の表記法が異なるが、同義である。

$$M_s (1.5 \times 10^2) / F + 5.7 \times 10^{-8} \quad (1)$$

【0010】

本発明に係る高周波伝送線路の一態様は、絶縁性基体の表面上に設けられた導体層と、導体層の表面を被覆する被覆層と、を備えることが好ましい。

【0011】

本発明に係る高周波伝送線路の一態様では、被覆層がニッケル又はパラジウムのうち少なくともいずれか一つを含有することが好ましい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 2 】

本発明に係る高周波伝送線路の一態様では、被覆層がニッケルを含有し、被覆層が無電解めっきにより形成され、無電解めっきに用いるめっき液が、カルボン酸、ジカルボン酸、ヒドロキシ酸及びアミノ酸からなる群より選ばれる少なくとも一種の錯化剤と、ニッケル元素と、を含有することが好ましい。

## 【 0 0 1 3 】

本発明に係る高周波伝送線路の一態様では、被覆層がリン元素を含有してもよい。

## 【 0 0 1 4 】

本発明に係る高周波伝送線路の一態様では、めっき液がリン元素を含有してもよい。

## 【 0 0 1 5 】

本発明に係るアンテナ（放射導体及び吸収導体）の一態様は、上記の高周波伝送線路を備える。

## 【 0 0 1 6 】

本発明に係る電子回路基板の一態様は、上記の高周波伝送線路を備える。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 7 】

本発明によれば、交流抵抗の小さい高周波伝送線路、当該高周波伝送線路を備えるアンテナ（放射導体及び吸収導体）及び電子回路基板を提供することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 8 】

【 図 1 】 図 1 a は、本発明の一実施形態に係る高周波伝送線路の表面の模式図であり、図 1 b は、図 1 a の高周波伝送線路の、その表面に垂直な断面の一部の模式図である。

【 図 2 】 図 2 は、高周波伝送線路によって伝送される交流電気信号の周波数  $F$  と、各周波数  $F$  における各高周波伝送線路の  $r(F)$  との関係を示すグラフである。

【 図 3 】 図 3 は、図 2 の拡大図である。

【 図 4 】 図 4 は、高周波伝送線路の面積飽和磁化  $M_s$  と、 $r(F)$  が 1.2 であるときの交流電気信号の周波数の逆数 ( $1/f$ ) との関係を示す図である。

【 図 5 】 図 5 a は、高周波伝送線路（試料 10 ~ 12）で伝送される交流電気信号の周波数  $F$  と高周波伝送線路の交流抵抗  $R_s$  との関係を示す図であり、図 5 b は、試料 11 の高周波伝送線路の絶縁性基板に垂直な断面の写真である。

【 図 6 】 図 6 a は、高周波伝送線路（試料 1、7 及び 9）で伝送される交流電気信号の周波数  $F$  と高周波伝送線路の交流抵抗  $R_s$  との関係を示す図であり、図 6 b は、試料 7 の高周波伝送線路の絶縁性基板に垂直な断面の写真である。

【 図 7 】 図 7 a は、本発明の実施例に係るアンテナ装置の表面の模式図であり、図 7 b は、図 7 a のアンテナ装置が備える高周波伝送線路の、その表面に垂直な断面の一部の模式図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 9 】

以下、場合により図面を参照して、本発明の好適な実施形態について説明する。ただし、本発明は下記実施形態に何ら限定されるものではない。なお、各図面において、同一又は同等の要素には同一の符号を付与し、重複する説明を省略する。

## 【 0 0 2 0 】

図 1 a 及び図 1 b に示すように、本実施形態に係る高周波伝送線路 2 は、絶縁性基体 4 の表面に沿って設けられている。高周波伝送線路 2 の両端部にはそれぞれ端子 10 が電氣的に接続されている。高周波伝送線路 2 の形状は、ミアンダパターン (Meander pattern) であり、高周波伝送線路 2 はアンテナ（放射導体及び吸収導体）として機能する。

## 【 0 0 2 1 】

高周波伝送線路 2 は、絶縁性基体 4（絶縁性基板）の表面上に設けられた導体層 6 と、導体層 6 の表面を被覆する被覆層 8 と、を備えることが好ましい。被覆層 8 によって、導

10

20

30

40

50

体層 6 が保護されるため、空気中の酸素、水、腐食性ガスによる導体層 6 の劣化を抑制することができる。導体層 6 の劣化を確実に抑制するためには、導体層 6 の表面全体が被覆層 8 によって被覆されていることが好ましい。なお、高周波伝送線路 2 の最表面（被覆層 8）の接触抵抗を低減したり、最表面にはんだ濡れ性を付与したりするために、高周波伝送線路 2 の最表面上に錫、パラジウム、金、銀等を含む別の層を更に設けてもよい。

#### 【0022】

高周波伝送線路 2 によって伝送される交流電気信号の周波数が  $F$  [Hz] であり、高周波伝送線路 2 の面積飽和磁化が  $M_s$  [Wb/m] であるとき、周波数の数値  $F$  と、面積飽和磁化の数値  $M_s$  とが、下記数式 (1) を満たす。

$$M_s \leq (1.5 \times 10^2) / F + 5.7 \times 10^{-8} \quad (1)$$

10

#### 【0023】

高周波伝送線路 2 の面積飽和磁化  $M_s$  [Wb/m] は、高周波伝送線路 2 及び絶縁性基体 4 の全体が有する飽和磁化（全飽和磁化）[単位：Wb・m] を、高周波伝送線路 2 の表面積の合計 [単位： $m^2$ ] で除することによって、算出される。なお、絶縁性基体 4 は磁性を有しないので、上記の全飽和磁化とは高周波伝送線路 2 自体の飽和磁化とほぼ同義である。高周波伝送線路 2 の表面積とは、高周波伝送線路 2 内を伝播する交流電気信号（電流）の方向と平行な高周波伝送線路 2 の表面の面積である。換言すれば、高周波伝送線路 2 の表面積とは、絶縁性基体 4 の表面に略平行な高周波伝送線路 2 の表面の面積である。なお、高周波伝送線路 2 の表面にはんだ接合が形成された場合、高周波伝送線路 2 の厚さ方向（導体層 6 及び被覆層 8 の積層方向）に電流が流れるが、伝送線路 2 の厚さ方向は上記の「交流電気信号（電流）の方向」に含意されない。

20

#### 【0024】

一般的には、表皮効果によって、交流電気信号の周波数  $F$  が高くなるほど、高周波伝送線路 2 の交流抵抗が増加する。そして、導体層 6 の表面が被覆層 8 で被覆されることにより、高周波伝送線路 2 の交流抵抗の増加が顕著になる。特に被覆層 8 がニッケルめっき等の磁性体である場合、交流抵抗の増加がより顕著になる。しかし、本実施形態では、周波数の数値  $F$  と、面積飽和磁化の数値  $M_s$  とが、上記数式 (1) を満たすことにより、被覆層 8 による導体層 6 の被覆に伴う交流抵抗の増加を抑制することが可能となる。つまり、本実施形態では、高周波伝送線路 2 の設計上の交流電気信号の周波数  $F$  に応じて、高周波伝送線路 2（特に被覆層 8）の組成又は厚さ等を適宜調整することにより、面積飽和磁化  $M_s$  を  $[(1.5 \times 10^2) / F + 5.7 \times 10^{-8}]$  以下に制御する。これにより、交流抵抗が低減し、交流電気信号の伝送損失が低減する。同様の理由から、本実施形態に係る高周波伝送線路 2 を備えるアンテナ装置では、被覆層 8 による導体層 6 の被覆に伴う放射効率及び吸収効率の低下が抑制される。なお放射効率とは、例えば、アンテナ装置が放射する全電力の、アンテナ装置に供給される全電力に対する比と定義される。さらに、吸収効率とは、例えば、アンテナ装置が吸収する全電力の、アンテナ装置に照射される全電力に対する比として定義される。 $M_s$  が  $[(1.5 \times 10^2) / F + 5.7 \times 10^{-8}]$  よりも大きい高周波伝送線路では、表皮効果によって交流電気信号が高周波伝送線路の表面（被覆層 8）に集中してしまい、交流抵抗が顕著に増加してしまう。なお、上記数式 (1) は本発明者らの研究によってはじめて見出された経験式であり、その理論的な導出方法は必ずしも明らかではない。

30

40

#### 【0025】

特に、被覆層 8 がニッケルめっき等の磁性体である場合、被覆層 8 の組成又は厚さを調整して被覆層 8 の磁気特性を制御することにより、面積飽和磁化  $M_s$  を低減し、交流抵抗を低減することが可能となる。例えば、被覆層 8 がリンを含有する無電解ニッケルめっき層であり、導体層 6 が銅からなる場合、上記数式 (1) が満たされることにより、高周波伝送線路 2 の交流抵抗が、導体層 6 だけからなる伝送線路（被覆層 8 がない高周波伝送線路）の交流抵抗の 1.2 倍以下の値に低減される。

#### 【0026】

面積飽和磁化  $M_s$  の値は、例えば、 $1.0 \times 10^{-7} \sim 1.0 \times 10^{-6}$  程度である。

50

面積飽和磁化  $M_s$  の値は小さいほど好ましく、その下限値は面積飽和磁化  $M_s$  の測定限界に近い値である。面積飽和磁化  $M_s$  の上限値は、被覆層 8 がニッケル単体からなる場合の値に相当する。

【0027】

交流電気信号の周波数  $F$  は、 $100 [MHz] \sim 3.0 [GHz]$  であることが好ましく、 $200 [MHz] \sim 3.0 [GHz]$  であることがより好ましい。高周波伝送線路 2 又は絶縁性基体 4 の表面粗さの低減により交流抵抗を低減する方法は、 $5.0 \sim 20 [GHz]$  程度の周波数帯域内の伝送損失を低減することは可能であるが、 $5.0 [GHz]$  未満である周波数帯域での伝送損失を十分に低減することは困難である。一方、本実施形態によれば、上記の周波数帯域においても、交流抵抗を低減し、交流電気信号の伝送損失を低減することが可能になる。

10

【0028】

本発明者らは、周波数の数値  $F$  と、面積飽和磁化の数値  $M_s$  との間に成立する上記数式 (1) で表される関係は、高周波伝送線路 2 及び絶縁性基体 4 の表面粗さに影響されないことを見出した。したがって、本実施形態では、上記特許文献 1 に記載の技術とは異なり、高周波伝送線路 2 の絶縁性基体 4 との界面の粗さを低減しなくとも、交流抵抗を低減することができる。したがって、本実施形態では、上記特許文献 1 に記載の技術に比べて、高周波伝送線路 2 と絶縁性基体 4 との界面の面積を増加させ、高周波伝送線路 2 を絶縁性基体 4 に十分に密着させることが可能になる。

20

【0029】

以上のように、本実施形態によれば、導体層 6 の劣化、交流抵抗の増加、及び高周波伝送線路 2 の剥離の全てを抑制することが可能である。

【0030】

絶縁性基体 4 を構成する物質としては、エポキシ樹脂が含浸したガラス繊維、ポリカーボネート樹脂、ABS樹脂、アクリル樹脂等の誘電性樹脂材料、ガラスセラミック等の誘電性無機材料等が挙げられる。絶縁性基体 4 の平均厚さは、特に限定されないが、 $50 \mu m \sim 2 mm$  程度である。高周波伝送線路 2 の幅は、特に限定されないが、 $10 \mu m \sim 30 mm$  程度である。

【0031】

導体層 6 を構成する組成物としては、銅、銀、金、白金、パラジウム及びこれらの元素を含む合金等が挙げられる。これらの中でも、高い電気伝導性を有し、比較的安価な銅又は銅を含む合金が好ましい。導体層 6 の平均厚さは、特に限定されないが、 $5 \sim 50 \mu m$  程度である。

30

【0032】

面積飽和磁化  $M_s$  が上記数式 (1) を満たすためには、面積飽和磁化  $M_s$  が小さいことが好ましい。面積飽和磁化  $M_s$  を低減するためには、被覆層 8 の有する磁性は弱いことが好ましい。交流抵抗を低減するためには、被覆層 8 が高い電気伝導性を有することが好ましい。被覆層 8 によって導体層 6 を保護するためには、被覆層 8 に耐食性や硬度 (耐傷性) が要求される。被覆層 8 を構成する組成物としては、これらの条件のうち少なくともいずれか一つを満たすものであれば、特に限定されない。被覆層 8 を構成する組成物の具体例としてはニッケル、亜鉛、錫、金、銀、パラジウム及びこれらの元素を含む合金等が挙げられる。ただし、亜鉛、錫、金及び銀は他の金属に比べて柔らかい。これらの元素に比べて、耐食性と耐傷性を有する点において、ニッケル及びパラジウムが好ましい。さらに比較的安価である点において、ニッケルがより好ましい。被覆層 8 の平均厚さは、特に限定されないが、 $0.1 \sim 3.0 \mu m$  程度である。被覆層 8 が薄いほど、面積飽和磁化  $M_s$  が低減する傾向があり、被覆層 8 が厚いほど、導体層 6 の劣化を抑制し易くなる傾向がある。

40

【0033】

被覆層 8 が後述の無電解ニッケルめっき法によって形成される場合、被覆層 8 は主成分である金属ニッケルだけではなく、ニッケルと共析したリンを不可避免的に含む。この場合、被覆層 8 中のニッケルの含有率は、被覆層 8 全体に対して  $83 \sim 99$  質量% 程度である

50

。被覆層 8 中のリンの含有率は、1 ~ 17 質量 % 程度である。ニッケルめっき層中のリンの含有率が高いほど、ニッケルめっき層の磁性が弱まり、 $M_s$  が低減する傾向がある。ニッケルめっき層中のリンの含有率が低いほど、ニッケルめっき層の硬度が上昇する傾向がある。なお、被覆層 8 は、ニッケル及びリン以外に、ホウ素又は硫黄を含有してもよい。

【0034】

次に、本実施形態の高周波伝送線路の製造方法の一例を、以下に説明する。

【0035】

まず、市販の絶縁性基体 4 (絶縁性基板) 又は公知の方法によって作製された絶縁性基体 4 を準備する。この絶縁性基体 4 の表面にミアンダパターン状の導体層 6 を形成する。例えば、銅箔が積層されたガラスエポキシ基板 (市販の汎用品) に、公知の方法でレジストを塗布する。そして、ミアンダパターンの露光、現像、銅のエッチング及びレジスト剥離を行う。これら一連の工程によって、銅からなるミアンダパターン状の導体層 6 が絶縁性基体 4 の表面に沿って形成される。または、ミアンダパターン状の導体層 6 を、絶縁性基体 4 の表面に転写したり、印刷したりしてもよい。この場合、転写又は印刷の前に、絶縁性基体 4 の表面に対向する導体層 6 の表面、又は導体層 6 に対向する絶縁性基体 4 の表面を研磨して、各表面の表面粗さを低減してもよい。これにより、完成後の伝送線路の長さが短縮され、伝送損失が小さくなる。

10

【0036】

絶縁性基体 4 上に形成された導体層 6 の表面の脱脂を行う。脱脂には市販の脱脂液を用いればよい。導体層 6 を脱脂液に浸漬した後、導体層 6 表面を水洗いすればよい。さらに硫酸等のエッチング液を用いて、導体層 6 表面のエッチングを行うことが好ましい。

20

【0037】

エッチング後、導体層 6 を活性化処理液に浸漬する活性化工程を行う。活性化処理液としては、市販の活性化処理液を用いることができる。活性化工程後、導体層 6 をポストディップ液に浸漬するポストディップ工程を行う。活性化工程で導体層 6 の表面に付着した活性剤 (パラジウム系触媒等) のうち余剰な活性剤がポストディップ工程で除去される。ポストディップ液としては、市販のポストディップ液を用いることができる。

【0038】

ポストディップ工程後、導体層 6 の表面に被覆層 8 を形成する。ニッケル金属を主成分とする被覆層 8 を形成する場合、導体層 6 を無電解ニッケルめっきによって形成することが好ましい。つまり、導体層 6 を無電解ニッケルめっき液 (めっき浴) に浸漬することにより、ニッケルめっき層を導体層 6 の表面に形成する。無電解ニッケルめっきによれば、被覆層 8 の組成及び厚さ等を容易に制御することができる。

30

【0039】

無電解ニッケルめっき液には、還元剤として次亜リン酸塩等のリン化合物が添加されていることが好ましい。無電解ニッケルめっき液中のリン化合物 (例えば、次亜リン酸ナトリウム 1 水和物) の濃度を調整することにより、被覆層 8 (無電解ニッケルめっき層) 中のリン元素の含有率を調整して、被覆層 8 の磁性を制御することができる。

【0040】

無電解ニッケルめっき液は、カルボン酸、ジカルボン酸、ヒドロキシ酸、アミン類及びアミノ酸からなる群より選ばれる少なくとも一種の錯化剤を含有することが好ましい。より好ましくは、無電解ニッケルめっき液が、アミノ酸およびジカルボン酸のいずれか又は両方を含有することが好ましい。これにより、無電解ニッケルめっき層の磁性が低減され、面積飽和磁化  $M_s$  が  $[(1.5 \times 10^2) / F + 5.7 \times 10^{-8}]$  以下である高周波伝送線路 2 を確実に形成することが可能となる。錯化剤の含有率は、無電解ニッケルめっき液全量に対して 10 ~ 100 g / L 程度であればよい。錯化剤の含有率が低すぎると、無電解ニッケルめっき液の安定性が低下する傾向がある。錯化剤の含有率が高すぎると、被覆層 8 に共析するリンの含有率が不安定となり、その結果被覆層 8 の磁性を制御しにくくなる傾向がある。

40

【0041】

50

無電解ニッケルめっき液の温度（浴温）は、例えば、50～95 程度である。浴温が低すぎると、無電解ニッケルめっきの析出速度が極端に遅くなったり、または析出が止まったりする恐れがある。浴温が高すぎると、水分蒸発により無電解ニッケルめっき液の濃度が大きく変動し、得られる無電解ニッケルめっき層の組成の安定性が低下する恐れがある。無電解ニッケルめっき液のpHは、例えば希硫酸やアンモニアを用いて、4.0～7.0程度に調整される。

【0042】

以上の工程によって、絶縁性基体4の表面に沿って設けられた高周波伝送線路2が完成する。

【0043】

以上、アンテナ（放射導体及び吸収導体）として機能する高周波伝送線路の一態様について説明したが、本発明は上記実施形態に何ら限定されるものではない。上記の高周波伝送線路を備える他の電子回路基板においても、上記実施形態の同様の作用効果が達成される。例えば、上記の高周波伝送線路を備えるトランジスタ、IC、コンデンサ、インダクタ、フィルタ及び電磁シールド等においても、上記実施形態の同様の作用効果が達成される。また、被覆層はニッケルのみから構成されていてよく、ニッケル及びパラジウムから構成されていてよく、パラジウムのみから構成されていてよい。被覆層がパラジウムを含有する場合、無電解パラジウムめっき液を用いためっき工程によって、被覆層を形成すればよい。

【実施例】

【0044】

以下、本発明の内容を実施例及び比較例を用いてより詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【0045】

[試料1]

（導体層6の形成工程）

ガラスエポキシ基板に積層された銅箔の表面全体に、公知の方法でレジストを塗布した。そして、ミアンダパターンの露光、現像、銅のエッチング及びレジスト剥離を行った。これら一連の工程によって、銅からなるミアンダパターン（導体層6）及びその両端部に接続された測定用端子をガラスエポキシ基板（絶縁性基体4）の表面に沿って形成した（図1a、図1b参照）。ガラスエポキシ基板の寸法は、横4.5mm×縦3.2mm×厚さ0.8mmであった。ミアンダパターンの線幅は200 $\mu$ mであった。ミアンダパターンの線路長は19.7mmであった。ミアンダパターンの面積Sは0.0394cm<sup>2</sup>であった。銅からなるミアンダパターン（導体層6）の厚さは、15 $\mu$ mであった。ミアンダパターンとの界面におけるガラスエポキシ基板の表面の算術平均粗さRaは1.0 $\mu$ mであり、十点平均粗さRzが6.2 $\mu$ mであった。

【0046】

（脱脂工程）

ミアンダパターン及び測定用端子が形成されたガラスエポキシ基板を、40 度の脱脂液に3分間浸漬した後、基板を取り出して、1分間水洗した。脱脂液としては、奥野製薬工業株式会社製のエスクリーン850（商品名）を使用した。

【0047】

温度30 度のエッチング液に、脱脂後のガラスエポキシ基板を1分間浸漬して、ミアンダパターン表面のエッチングを行った。エッチング後、ミアンダパターンの水洗を行った。エッチング液の成分及びその含有量は以下のように調整した。

過硫酸ナトリウム： 100g/L。

硫酸（98質量%）： 30mL/L。

水： 残部。

【0048】

（活性化工程）



エッチング後、ガラスエポキシ基板を、35 のめっき活性化処理液に、5 分間浸漬した。その後、基板をめっき活性化処理液から取り出して、1 分間水洗した。めっき活性化処理液としては、奥野製薬工業株式会社製の N N P アクセラ（商品名）を用いた。

## 【0049】

（ポストディップ工程）

活性化工程後、ガラスエポキシ基板を、25 のポストディップ液に2分間浸漬して、ミランダパターン（導体層6）の表面に付着した余分なパラジウム成分を除去した。ポストディップ液としては、奥野製薬工業株式会社製の N N P ポストディップ401（商品名）を用いた。

## 【0050】

（無電解ニッケルめっき工程）

水、硫酸ニッケル6水和物（ニッケル源）、次亜リン酸ナトリウム1水和物（還元剤）、カルボン酸及びヒドロキシ酸（錯化剤）、界面活性剤（潤滑剤）及びビスマス化合物（めっき液の安定化剤）を混合して、無電解ニッケルめっき液を調製した。水酸化ナトリウム水溶液を用いて無電解ニッケルめっき液のpHを6.0に調整した。めっき液中のニッケル源の含有率は、25 g/Lに調整した。めっき液中の還元剤の含有率は、20 g/Lに調整した。めっき液中の安定化剤の含有率は、1 mg/Lに調整した。

## 【0051】

ポストディップ工程後、ガラスエポキシ基板を85 の上記めっき液に浸漬して、ミランダパターン（導体層6）の表面全体に、厚さの平均値が約2 μmである無電解ニッケルめっき層（被覆層8）を形成した。その後、無電解ニッケルめっき液からガラスエポキシ基板を取り出して1分間水洗した。なお、電子線プローブマイクロアナライザ（Electron Probe Micro Analyzer：EPMA）により測定した無電解ニッケルめっき層のリンの濃度は、被覆層全体に対して2.1質量%であった。

## 【0052】

以上の工程を経て、銅からなる導体層6と、導体層6を被覆する無電解ニッケルめっき層（被覆層8）とを備え、ガラスエポキシ基板（絶縁性基体4）の表面に沿って設けられたミランダパターン状の高周波伝送線路（試料1）を得た（図1a及び図1b参照。）。

## 【0053】

[試料2～7]

試料2～7の作製では、無電解ニッケルめっき液のpH及び温度、ニッケル源の含有率、及び還元剤の各含有率を表1に示す値に調整した。試料2～7では、表1に示す錯化剤及び安定化剤を用いた。試料2～7の被覆層8の厚さ及び被覆層8中のリン（P）の濃度は、表1に示す値に調整した。これら事項以外は試料1と同様の方法及び原料を用いて、試料2～7の高周波伝送線路を作製した。なお、試料1～7の作製に用いた無電解ニッケルめっき液中の錯化剤の含有率の合計値は、10～100 g/Lの範囲で適宜調整した。

## 【0054】

[試料8]

試料8の作製では、活性化工程から無電解ニッケルめっき工程までの工程を行わず、無電解錫めっき液を用いためっき工程を行った。つまり、試料8の作製では、導体層6を、無電解ニッケルめっき層ではなく、無電解錫めっき層（被覆層8）で被覆した。無電解錫めっき液は、水、メタンスルホン酸錫、メタンスルホン酸、チオ尿素及び諸添加剤を混合することにより調製した。無電解錫めっき液中のメタンスルホン酸錫の含有率は30 g/Lに調整した。無電解錫めっき液中のメタンスルホン酸の含有率は、100 g/Lに調整した。無電解錫めっき液中のチオ尿素の含有率は70 g/Lに調整した。無電解錫めっき液のpHは1.5に調整した。無電解錫めっき液の温度は30 に調整した。めっき工程では、ガラスエポキシ基板を無電解錫めっき液に30分間浸漬した。試料8の無電解錫めっき層の厚さは1 μmに調整した。以上の事項以外は試料1と同様の方法及び原料を用いて、試料8の高周波伝送線路を作製した。

## 【0055】

10

20

30

40

50

## 【試料 9】

脱脂工程から無電解ニッケルめっき工程までの一連の工程を実施しなかったこと以外は、試料 1 の同様方法及び原料を用いて、被覆層 8 を備えない試料 9 を作製した。つまり、試料 9 は、ガラスエポキシ基板（絶縁性基体 4）の表面に沿って設けられた、銅（Cu）のみからなるミアンダパターン（高周波伝送線路）である。

## 【0056】

## 【試料 13】

試料 13 の作製では、無電解ニッケルめっき工程の代わりに、無電解パラジウムめっき液を用いためっき工程を行った。つまり、試料 13 の作製では、導体層 6 を、無電解ニッケルめっき層ではなく、無電解パラジウムめっき層（被覆層 8）で被覆した。無電解パラジウムめっき液は、水、パラジウム塩（1 g/L）、次亜リン酸ナトリウム 1 水和物（1 g/L）、エチレンジアミン（15 g/L）及び諸添加剤を混合することにより調製した。無電解パラジウムめっき液の pH は 6.0 に調整した。無電解パラジウムめっき工程では、ポストディップ工程後のガラスエポキシ基板を無電解パラジウムめっき液に 20 分間浸漬した。この無電解パラジウムめっき工程では、無電解パラジウムめっき液の温度を 60 に調整した。試料 13 の無電解パラジウムめっき層の厚さは 0.1 μm に調整した。以上の事項以外は試料 1 と同様の方法及び原料を用いて、試料 13 の高周波伝送線路を作製した。

10

## 【0057】

## &lt; 磁気特性の評価 &gt;

20

振動試料型磁気計（Vibrating Sample Magnetometer: VSM）による測定に基づき、各試料の高周波伝送線路の面積飽和磁化  $M_s$  [Wb/m] を求めた。この各試料の面積飽和磁化  $M_s$  は、高周波伝送線路で伝送される交流電気信号の周波数  $F$  に依存しない物性値である。各試料の  $M_s$  を表 2 に示す。ただし、試料 8、9 及び 13 の  $M_s$  は測定限界（ $5.7 \times 10^{-8}$ ）未満であった。なお、VSM では全飽和磁化 [Wb·m] を測定した。この測定値をミアンダパターンの面積  $S$  [m<sup>2</sup>] で除して面積飽和磁化  $M_s$  [Wb/m] を求めた。

## 【0058】

## &lt; 交流抵抗の測定 &gt;

周波数  $F$  [GHz] が下記表 2 に示す値である交流電気信号を試料 1 ~ 8 及び 13 の高周波伝送線路に流し、各周波数  $F$  [GHz] における各高周波伝送線路の交流抵抗  $R_s(F)$  [ ] を、インピーダンスアナライザで計測した。なお、交流抵抗  $R_s(F)$  とは、高周波伝送線路（ミアンダパターン）の一方の端部と、他方の端部との間の抵抗である。同様の方法で、各周波数  $F$  における試料 9 の高周波伝送線路の交流抵抗  $R_{s-cu}(F)$  [ ] を計測した。そして、各試料の各周波数  $F$  における  $R_s(F)$  の  $R_{s-cu}(F)$  に対する比  $r(F)$  を求めた。 $r(F)$  は、下記数式（A）で表されるように、周波数  $F$  に依存する。各試料の各周波数  $F$  における  $r(F)$  を、下記表 2 の二重線で囲まれた領域内に示す。 $r(F)$  が小さい高周波伝送線路（ミアンダパターン）ほど、被覆層 8 による導体層 6 の被覆に伴う交流抵抗の増加を抑制する効果に優れている。

30

$$r(F) = R_s(F) / R_{s-cu}(F) \quad (A)$$

40

## 【0059】

表 2 に記載の各周波数  $F$  と、各周波数  $F$  における各試料の  $r(F)$  とをプロットすることにより、図 2 及び図 3 に示すグラフを描いた。図 3 は、図 2 の拡大図である。図 2 及び図 3 に示された各近似線は、表 2 の  $F$  及び  $r(F)$  に対応する点を結んだものであり、関数  $r(F)$  に相当する。なお、表 2 に示すように、各周波数  $F$  において試料 8 の  $r(F)$  と試料 13 の  $r(F)$  とは一致する。よって、図 2 及び図 3 中の試料 8 の近似曲線と試料 13 の近似曲線とは重なる。図 3 に示すように、 $r(F) = 1.20$  を表す直線と、各試料の近似線との交点における周波数  $f$  [GHz] を求めた。つまり、各試料において  $r(F)$  が 1.20 であるときの周波数  $f$  をそれぞれ求めた。この 1.20 との値は、被覆層による導体層の被覆に伴う交流抵抗の増加（表皮効果）の程度を判別するための閾値であ

50

る。そして、 $r(F)$  が 1.20 以下であることは、交流抵抗の増加が十分に抑制されることを意味する。なお、図 3 に示すように、周波数  $F$  が 3.00 [GHz] 以下である範囲では、試料 7、8 及び 13 それぞれの  $r(F)$  はいずれも 1.2 未満であった。各試料の周波数  $f$  とその逆数  $1/f$  を表 3 に示す。表 3 に記載の各試料の  $f$  の単位は [Hz] である。そして、表 3 に記載の各試料の  $M_s$  の実測値と各試料の周波数の逆数 ( $1/f$ ) とをプロットすることにより、図 4 に示すグラフを描いた。図 4 に示された破線は、各試料の  $M_s$  及び  $1/f$  に対応する複数の点から得られた線形近似直線であり、下記数式 (B) で表される。つまり、 $M_s$  は、 $1/f$  の関数として近似される。下記数式 (B) における  $f$  の単位は [Hz] である。

$$M_s(1/f) = 1.5 \times 10^2 \times (1/f) + 5.7 \times 10^{-8} \quad (B)$$

10

【0060】

上記数式 (B) は、下記数式 (C) のように一般化される。つまり、 $M_s$  は  $F$  の関数として近似される。表 2 に記載の周波数  $F$  を下記数式 C に代入することにより、各周波数  $F$  に対応する面積飽和磁化の計算値  $M_s(F)$  [Wb/m] を求めた。ただし、下記数式 C に代入される周波数  $F$  の単位は [Hz] である。各周波数  $F$  に対応する  $M_s(F)$  を表 2 に示す。

$$M_s(F) = (1.5 \times 10^2) / F + 5.7 \times 10^{-8} \quad (C)$$

【0061】

なお、下記の各表中における「 $E - 0n$ 」(ただし、 $n$  は任意の自然数である。)との表記は、「 $\times 10^{-n}$ 」を意味する。「 $E - 10$ 」との表記は、「 $\times 10^{-10}$ 」を意味する。「 $E + 0n$ 」との表記は、「 $\times 10^n$ 」を意味する。

20

【0062】

【表 1】

表1 試料	めっき液							被覆層	
	pH	温度	ニッケル源	還元剤	錯化剤	安定化剤	厚さ	リン	
1	6.0	85°C	25g/L	20g/L	カルボン酸 ヒドロキシ酸	ビスマス化合物	2μm	2.1質量%	
2	6.0	85°C	25g/L	20g/L	カルボン酸 ヒドロキシ酸	ビスマス化合物	1μm	2.1質量%	
3	7.0	85°C	25g/L	40g/L	ヒドロキシ酸	ビスマス化合物	2μm	4.5質量%	
4	4.5	85°C	25g/L	30g/L	アミノ酸 ジカルボン酸	ビスマス化合物	3μm	6.6質量%	
5	4.5	85°C	25g/L	30g/L	アミノ酸 ジカルボン酸	ビスマス化合物	2μm	6.6質量%	
6	4.5	85°C	15g/L	30g/L	アミノ酸 ジカルボン酸	ビスマス化合物	2μm	8.3質量%	
7	4.5	85°C	25g/L	30g/L	アミノ酸 ジカルボン酸	硫黄化合物	2μm	9.9質量%	

10

20

30

40

【表 2】

表2		r(F) = Rs(F) / Rs-cu(F)									
		0.20	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00	
F [GHz]		8.1E-07	3.6E-07	2.6E-07	2.1E-07	1.8E-07	1.6E-07	1.3E-07	1.2E-07	1.1E-07	
Ms(F) [Wb/m]		8.1E-07	3.6E-07	2.6E-07	2.1E-07	1.8E-07	1.6E-07	1.3E-07	1.2E-07	1.1E-07	
試料1	Ms = 8.0E-07	* 1.18	2.14	2.70	3.26	3.80	4.18	4.82	5.30	5.70	
試料2	Ms = 4.0E-07	* 1.00	1.28	1.80	2.18	2.50	2.83	3.38	3.80	4.10	
試料3	Ms = 2.5E-07	* 1.00	* 1.00	* 1.18	1.68	2.10	2.40	2.90	3.20	3.40	
試料4	Ms = 2.0E-07	* 1.00	* 1.00	* 1.05	* 1.18	1.50	1.90	2.40	2.70	2.90	
試料5	Ms = 1.3E-07	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.02	* 1.05	* 1.16	1.55	1.98	
試料6	Ms = 1.1E-07	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.01	* 1.05	* 1.11	* 1.20	
試料7	Ms = 1.0E-07	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.03	* 1.07	* 1.15	
試料8	Ms < 5.7E-08	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	
試料9	Ms < 5.7E-08	(1.00)	(1.00)	(1.00)	(1.00)	(1.00)	(1.00)	(1.00)	(1.00)	(1.00)	
試料13	Ms < 5.7E-08	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	* 1.00	

【 0 0 6 4 】

10

20

30

40

【表 3】

表3	Ms [Wb/m]	f [Hz]	1/f [sec]
試料1	8.0E-07	2.01E+08	4.98E-09
試料2	4.0E-07	4.40E+08	2.27E-09
試料3	2.5E-07	7.61E+08	1.31E-09
試料4	2.0E-07	1.02E+09	9.84E-10
試料5	1.3E-07	2.07E+09	4.82E-10
試料6	1.1E-07	3.00E+09	3.33E-10
試料7	1.0E-07	f > 3.00E+09	-
試料8	Ms < 5.7E-08	f > 3.00E+09	-
試料13	Ms < 5.7E-08	f > 3.00E+09	-

10

## 【 0 0 6 5 】

表 2 によれば、無電解ニッケルめっき層を備える試料 1 ~ 7 のいずれにおいても、周波数の増加に伴い、 $r(F)$  も増加することが確認された。つまり、被覆層 8 による導体層 6 の被覆に伴って交流抵抗が増加する現象は、周波数  $F$  が高いほど顕著になることが確認された。

## 【 0 0 6 6 】

表 2 によれば、各試料の面積飽和磁化の実測値  $M_s$  が計算値  $M_s(F)$  以下である場合、いずれの周波数  $F$  においても  $r(F)$  が 1.2 以下であることが確認された。また、各試料の面積飽和磁化の実測値  $M_s$  が計算値  $M_s(F)$  よりも大きい場合、いずれも周波数  $F$  においても  $r(F)$  が 1.2 より大きいことが確認された。つまり、表 2 において \* 印が付された  $r(F)$  の全ては 1.2 以下であり、かつ 1.2 以下である  $r(F)$  に対応する各試料の面積飽和磁化の実測値  $M_s$  及び周波数  $F$  の全ては、下記数式 (1) を満足する。

20

$$M_s (1.5 \times 10^2) / F + 5.7 \times 10^{-8} \quad (1)$$

## 【 0 0 6 7 】

以上のように、周波数  $F$  と、各試料の面積飽和磁化の実測値  $M_s$  との間に、上記数式 (1) が成立するとき、上記数式 (1) が成立しない場合に比べて、被覆層 8 による導体層 6 の被覆に伴う交流抵抗の増加が抑制されることが確認された。

## 【 0 0 6 8 】

< ガラスエポキシ基板の表面粗さと交流抵抗との関係 >

[ 試料 10 ]

表面の算術平均粗さ  $R_a$  が 0.2 [ $\mu\text{m}$ ] であり、十点平均粗さ  $R_z$  が 1.3 [ $\mu\text{m}$ ] であるガラスエポキシ基板を用いたこと以外は、試料 1 と同様の方法で、試料 10 を作製した。試料 10 の  $M_s$  の測定値は、試料 1 と同様に  $8.0 \times 10^{-7}$  であった。

30

## 【 0 0 6 9 】

[ 試料 11 ]

表面の算術平均粗さ  $R_a$  が 0.2 [ $\mu\text{m}$ ] であり、十点平均粗さ  $R_z$  が 1.3 [ $\mu\text{m}$ ] であるガラスエポキシ基板を用いたこと以外は、試料 7 と同様の方法で、試料 11 を作製した。試料 11 の  $M_s$  の測定値は、試料 7 と同様に  $1.0 \times 10^{-7}$  であった。

40

## 【 0 0 7 0 】

[ 試料 12 ]

表面の算術平均粗さ  $R_a$  が 0.2 [ $\mu\text{m}$ ] であり、十点平均粗さ  $R_z$  が 1.3 [ $\mu\text{m}$ ] であるガラスエポキシ基板を用いたこと以外は、試料 9 と同様の方法で、試料 12 (Cu からなるミアンダパターン) を作製した。試料 12 の  $M_s$  の測定値は、試料 9 と同様に測定限界 ( $5.7 \times 10^{-8}$ ) 未満であった。

## 【 0 0 7 1 】

試料 10 に流す交流電気信号の周波数  $F$  を 100 [MHz] ~ 3.0 [GHz] の範囲で掃引しながら、各周波数  $F$  [GHz] における試料 10 の交流抵抗  $R_s$  [ ] を、インピーダンスアナライザで計測した。試料 11 及び 12 についても同様の測定を測定した。各

50

周波数  $F$  における試料 10、11 及び 12 の各交流抵抗  $R$  の値を図 5 a に示す。なお、図 5 a の縦軸及び横軸には対数目盛を付した。また、ガラスエポキシ基板の表面に垂直な試料 11 の断面の写真を図 5 b に示す。写真は、走査型電子顕微鏡で撮影した。

【0072】

試料 10 と同様の方法で測定した、各周波数  $F$  における試料 1、7 及び 9 の交流抵抗  $R_s$  の値を図 6 a に示す。なお、図 6 a の縦軸及び横軸には対数目盛を付した。また、ガラスエポキシ基板の表面に垂直な試料 7 の断面の写真を図 6 b に示す。写真は、走査型電子顕微鏡で撮影した。

【0073】

図 5 a に基づいて、試料 10 及び試料 12 を比較すると、周波数  $F$  が約 100 [MHz] 以上である領域では、面積飽和磁化が高い試料 10 の交流抵抗が、周波数  $F$  の増加に伴って急激に増加することが確認された。つまり、周波数  $F$  が約 100 [MHz] 以上である場合、高い磁性を有する被覆層による導体層の被覆によって、交流抵抗の増加（表皮効果）が顕著になることが確認された。

10

【0074】

図 6 a に示すように、周波数  $F$  が約 100 [MHz] 以上である場合、面積飽和磁化が高い試料 1 の交流抵抗は、試料 9 に比べて、周波数  $F$  の増加に伴って急激に増加することが確認された。つまり、周波数  $F$  が約 100 [MHz] 以上である場合、高い磁性を有する被覆層による導体層の被覆によって、交流抵抗の増加（表皮効果）が顕著になることが確認された。しかし、上記のように、試料 7 及び 11 では、上記数式（1）が満たされること

20

【0075】

図 5 a 及び図 6 a の比較によれば、ガラスエポキシ基板の表面粗さを低減するだけでは、100 [MHz] 以上の高周波数帯における交流抵抗の増加（表皮効果）を十分に抑制することは困難であることが確認された。

【0076】

[試料 1 a]

試料 1 a の導体層の形成工程では、銅からなるミアンダパターン（導体層 6）とその一方の端部に接続された給電端子とを、ガラスエポキシ基板（絶縁性基体 4）の表面に沿って形成した。導体層 6 の形成工程以外は、試料 1 と同様の方法及び原料を用いて、試料 1 a の高周波伝送線路 2 を作製した。試料 1 a の高周波伝送線路 2 は、その一方の端部のみ

30

【0077】

すなわち、図 7 (a) に示すように、試料 1 a のアンテナ装置 16 は、ガラスエポキシ基板（絶縁体基材 4）と、ガラスエポキシ基板の表面に沿って設けられた高周波伝送線路 2（アンテナ）と、ガラスエポキシ基板の表面に設けられた給電端子 10 a と、高周波給電回路 12 と、を備える。高周波伝送線路 2 の一方の端部に給電端子 10 a が電気的に接続されている。給電端子 10 a に高周波給電回路 12 が電気的に接続されている。高周波給電回路 12 は接地されている。図 7 (b) に示すように、アンテナ装置 16 が備える高周波伝送線路 2 は、ガラスエポキシ基板（絶縁体基材 4）の表面上に設けられた銅からなる導体層 6 と、導体層 6 を被覆する無電解ニッケルめっき層（被覆層 8）とを有する。

40

【0078】

[試料 4 a]

試料 4 a の導体層 6 の形成工程では、銅からなるミアンダパターン（導体層 6）とその一方の端部に接続された給電端子とを、ガラスエポキシ基板（絶縁性基体 4）の表面に沿って形成した。導体層 6 の形成工程以外は、試料 4 と同様の方法及び原料を用いて、試料 4 a の高周波伝送線路 2 を作製した。試料 4 a の高周波伝送線路 2 は、その一方の端部の

50

みに給電端子 10 a が接続されていること以外は、試料 4 の高周波伝送線路 2 と同様の構造及び組成を有するものである。試料 4 a の高周波伝送線路 2 に接続された給電端子 10 a に高周波給電回路 1 2 を電氣的に接続して、高周波給電回路 1 2 を接地することにより、試料 4 a のアンテナ装置 1 6 を作製した。

【0079】

[試料 5 a]

試料 5 a の導体層 6 の形成工程では、銅からなるミアンダパターン（導体層 6）とその一方の端部に接続された給電端子とを、ガラスエポキシ基板（絶縁性基体 4）の表面に沿って形成した。導体層 6 の形成工程以外は、試料 5 と同様の方法及び原料を用いて、試料 5 a の高周波伝送線路 2 を作製した。試料 5 a の高周波伝送線路 2 は、その一方の端部のみに給電端子 10 a が接続されていること以外は、試料 5 の高周波伝送線路 2 と同様の構造及び組成を有するものである。試料 5 a の高周波伝送線路 2 に接続された給電端子 10 a に高周波給電回路 1 2 を電氣的に接続して、高周波給電回路 1 2 を接地することにより、試料 5 a のアンテナ装置 1 6 を作製した。

10

【0080】

[試料 7 a]

試料 7 a の導体層 6 の形成工程では、銅からなるミアンダパターン（導体層 6）とその一方の端部に接続された給電端子とを、ガラスエポキシ基板（絶縁性基体 4）の表面に沿って形成した。導体層 6 の形成工程以外は、試料 7 と同様の方法及び原料を用いて、試料 7 a の高周波伝送線路 2 を作製した。試料 7 a の高周波伝送線路 2 は、その一方の端部のみに給電端子 10 a が接続されていること以外は、試料 7 の高周波伝送線路 2 と同様の構造及び組成を有するものである。試料 7 a の高周波伝送線路 2 に接続された給電端子 10 a に高周波給電回路 1 2 を電氣的に接続して、高周波給電回路 1 2 を接地することにより、試料 7 a のアンテナ装置 1 6 を作製した。

20

【0081】

[試料 9 a]

試料 9 a の導体層 6 の形成工程では、銅からなるミアンダパターン（導体層 6）とその一方の端部に接続された給電端子とを、ガラスエポキシ基板（絶縁性基体 4）の表面に沿って形成した。導体層 6 の形成工程以外は、試料 9 と同様の方法及び原料を用いて、試料 9 a の高周波伝送線路を作製した。試料 9 a の高周波伝送線路は、その一方の端部のみに給電端子 10 a が接続されていること以外は、試料 9 の高周波伝送線路と同様の構造及び組成を有するものである。試料 9 a の高周波伝送線路に接続された給電端子 10 a に高周波給電回路 1 2 を電氣的に接続して、高周波給電回路 1 2 を接地することにより、試料 9 a のアンテナ装置を作製した。

30

【0082】

[試料 13 a]

試料 13 a の導体層 6 の形成工程では、銅からなるミアンダパターン（導体層 6）とその一方の端部に接続された給電端子とを、ガラスエポキシ基板（絶縁性基体 4）の表面に沿って形成した。導体層 6 の形成工程以外は、試料 13 と同様の方法及び原料を用いて、試料 13 a の高周波伝送線路 2 を作製した。試料 13 a の高周波伝送線路 2 は、その一方の端部のみに給電端子 10 a が接続されていること以外は、試料 13 の高周波伝送線路 2 と同様の構造及び組成を有するものである。試料 13 a の高周波伝送線路 2 に接続された給電端子 10 a に高周波給電回路 1 2 を電氣的に接続して、高周波給電回路 1 2 を接地することにより、試料 13 a のアンテナ装置 1 6 を作製した。

40

【0083】

<磁気特性の評価>

試料 1 の場合と同様の方法で、各アンテナ装置 1 6（試料 1 a、4 a、5 a、7 a 及び 13 a）が備える高周波伝送線路 2 の面積飽和磁化  $M_s$  [Wb/m] を求めた。その結果を表 4 に示す。表 4 に記載の周波数  $F$  を上記数式  $C$  に代入することにより、各周波数  $F$  に対応する面積飽和磁化の計算値  $M_s(F)$  [Wb/m] を求めた。各周波数  $F$  に対応する

50



Ms ( F ) を表 4 に示す。

【 0 0 8 4 】

< アンテナ装置の特性の評価 >

電波暗室において、各アンテナ装置 1 6 ( 試料 1 a、4 a、5 a、7 a 及び 1 3 a ) を発信機としたときの、既知の受信機による受信電力を測定した。これらの測定に基づき、表 4 に記載の各周波数 F における各アンテナ装置 1 6 の放射効率 G s ( F ) [ d B ] を求めた。同様の方法で、各周波数 F における試料 9 a のアンテナ装置の放射効率 G s c u ( F ) [ d B ] を求めた。そして、下記数式 ( D ) に基づき、各周波数 F における各アンテナ装置 1 6 の G ( F ) の G s c u ( F ) に対する差分 g ( F ) [ d B ] を求めた。各試料のアンテナ装置 1 6 の各周波数 F における g ( F ) を、下記表 4 の二重線で囲まれた領域内に示す。なお、下記数式 ( D ) で表されるように、g ( F ) は周波数 F に依存する。g ( F ) が大きいほど放射効率が高い。

10

$$g ( F ) = G s ( F ) - G s c u ( F ) \quad ( D )$$

【 0 0 8 5 】

【表 4】

表4		g(F) [dB] = Gs(F) - Gs-cu(F)			
F [GHz]		0.75	1.25	2.00	3.00
Ms(F) [Wb/m]		2.6E-07	1.8E-07	1.3E-07	1.1E-07
試料1	Ms = 8.0E-07	-0.6	-0.9	-1.0	-1.1
試料4	Ms = 2.0E-07	* 0.0	-0.3	-0.6	-0.7
試料5	Ms = 1.3E-07	* 0.0	* 0.0	* -0.1	-0.4
試料7	Ms = 1.0E-07	* 0.0	* 0.0	* 0.0	* -0.1
試料13	Ms < 5.7E-08	* 0.0	* 0.0	* 0.0	* 0.0

20

【 0 0 8 6 】

表 4 によれば、各アンテナ装置 1 6 の高周波伝送線路 2 の面積飽和磁化の実測値 M s が計算値 M s ( F ) 以下である場合、いずれの周波数 F においても g ( F ) が - 0 . 1 [ d B ] 以上であり、各アンテナ装置 1 6 の放射効率が高いことが確認された。換言すれば、各アンテナ装置 1 6 の高周波伝送線路の面積飽和磁化の実測値 M s が計算値 M s ( F ) 以下である場合、被覆層 8 を備える各アンテナ装置 1 6 の放射効率 G s ( F ) と、被覆層 8 を備えないアンテナ装置 ( 試料 9 a ) の放射効率 G s c u ( F ) との差異が、いずれの周波数 F においても僅少であることが確認された。また、各アンテナ装置 1 6 の高周波伝送線路 2 の面積飽和磁化の実測値 M s が計算値 M s ( F ) より大きい場合、いずれの周波数 F においても g ( F ) が - 0 . 3 [ d B ] 以下であり、各アンテナ装置 1 6 の放射効率が低いことが確認された。換言すれば、各アンテナ装置 1 6 の高周波伝送線路 2 の面積飽和磁化の実測値 M s が計算値 M s ( F ) より大きい場合、いずれの周波数 F においても、被覆層 8 を備える各アンテナ装置 1 6 の放射効率 G s ( F ) と、被覆層 8 を備えないアンテナ装置 ( 試料 9 a ) の放射効率 G s c u ( F ) との間に優位な差異があることが確認された。つまり、表 4 において \* 印が付された g ( F ) の全ては - 0 . 1 以下であり、かつ - 0 . 1 以下である g ( F ) に対応する各試料の面積飽和磁化の実測値 M s 及び周波数 F の全ては、下記数式 ( 1 ) を満足する。

30

40

$$M s ( 1 . 5 \times 1 0 ^ 2 ) / F + 5 . 7 \times 1 0 ^ - 8 \quad ( 1 )$$

【 0 0 8 7 】

以上のように、周波数 F と、各アンテナ装置 1 6 が備える高周波伝送線路 2 の面積飽和磁化の実測値 M s との間に、上記数式 ( 1 ) が成立するとき、上記数式 ( 1 ) が成立しない場合に比べて、被覆層 8 による導体層 6 の被覆に伴う放射効率の低下が抑制されることが確認された。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 8 8 】

本発明によれば、交流抵抗の小さい高周波伝送線路、当該高周波伝送線路を備えるアン

50

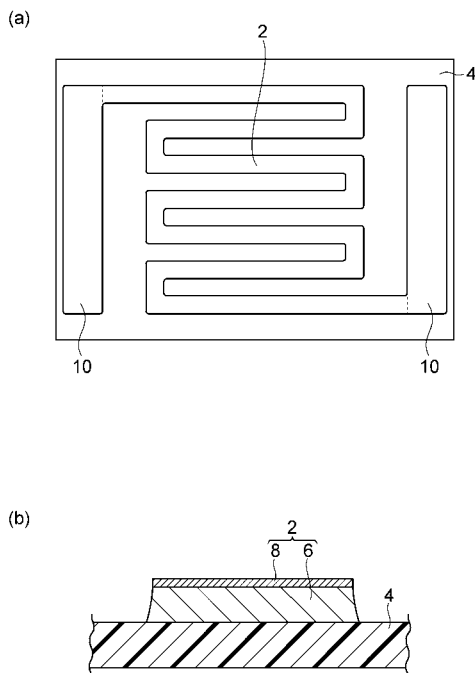
テナ（放射導体及び吸収導体）及び電子回路基板が提供される。本発明では、上記数式（1）を用いることにより、必要な周波数に対して低い交流抵抗を達成するための最適なめっき種又はめっき厚を選定することが可能である。よって、本発明では、高周波数帯で使用する電子部品の信頼性及び性能の向上並びにコストダウン等の効果が期待できる。

【符号の説明】

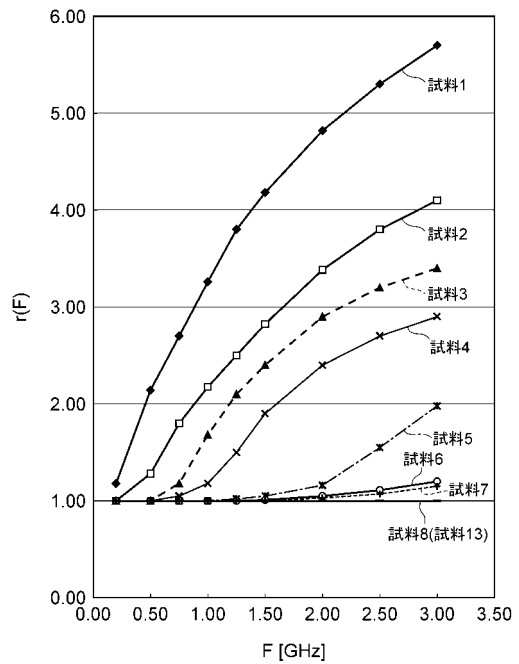
【0089】

2・・・高周波伝送線路、4・・・絶縁性基体、6・・・導体層、8・・・被覆層、10・・・端子（測定端子）、10a・・・給電端子、12・・・高周波給電回路、14・・・接地（earth）、16・・・アンテナ装置。

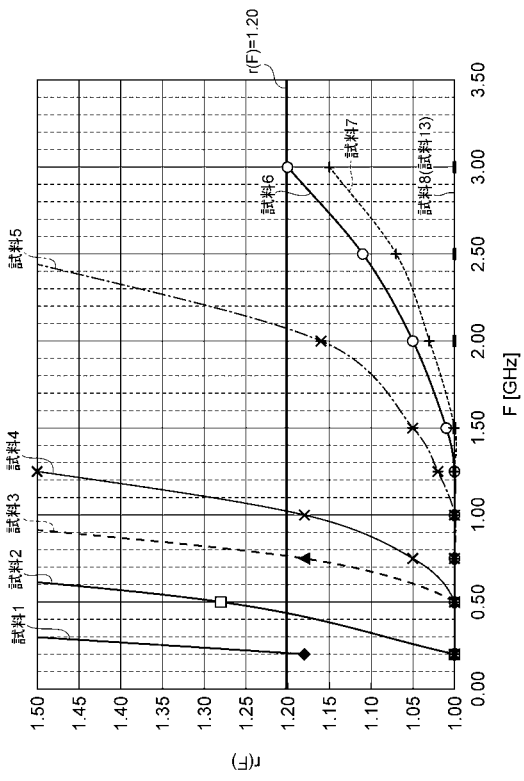
【図1】



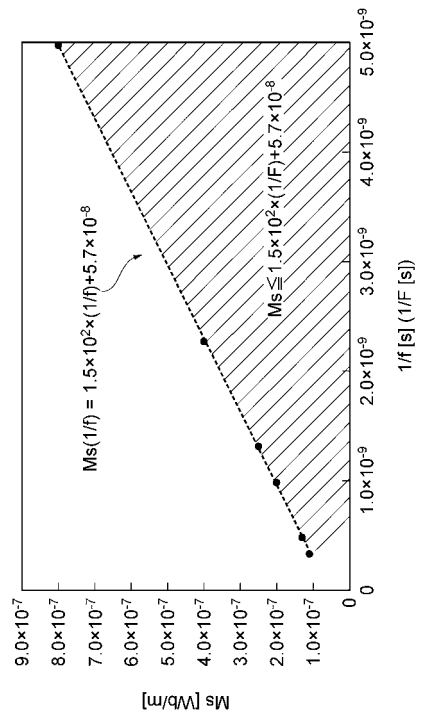
【図2】



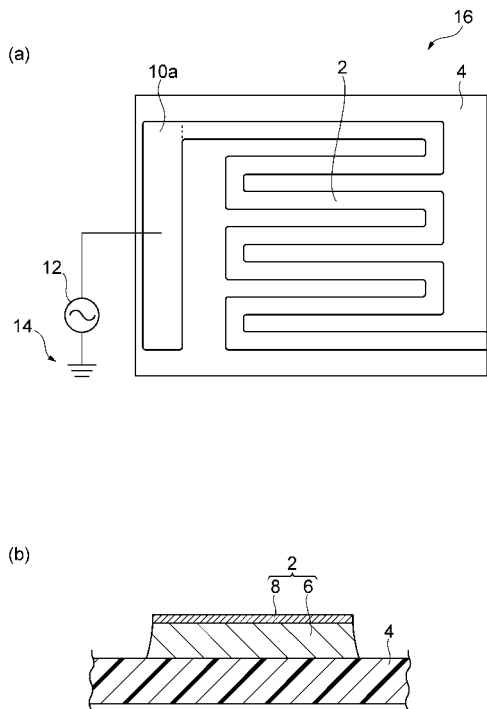
【 図 3 】



【 図 4 】

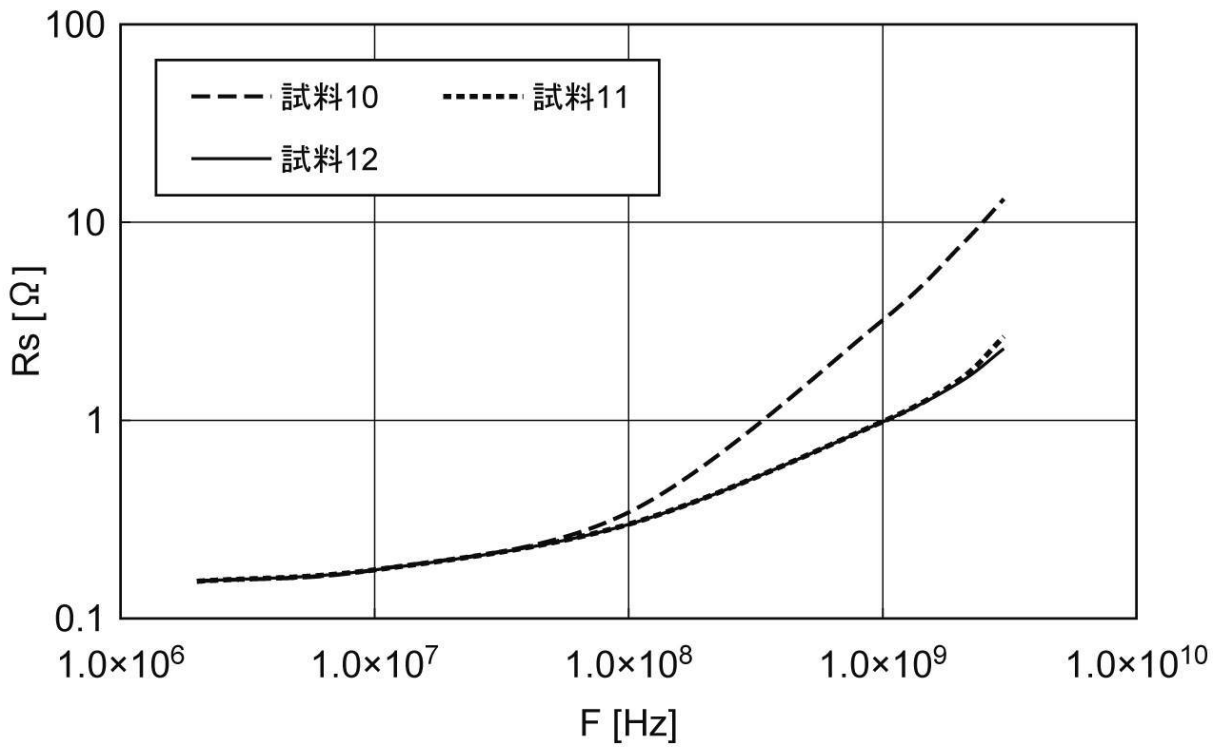


【 図 7 】

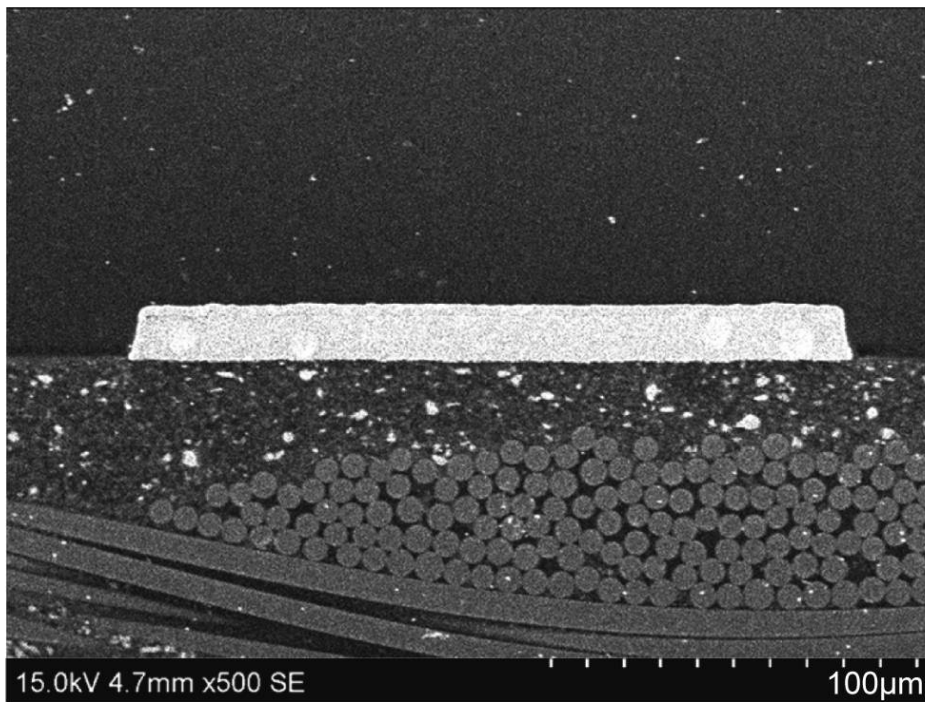


【 図 5 】

(a)

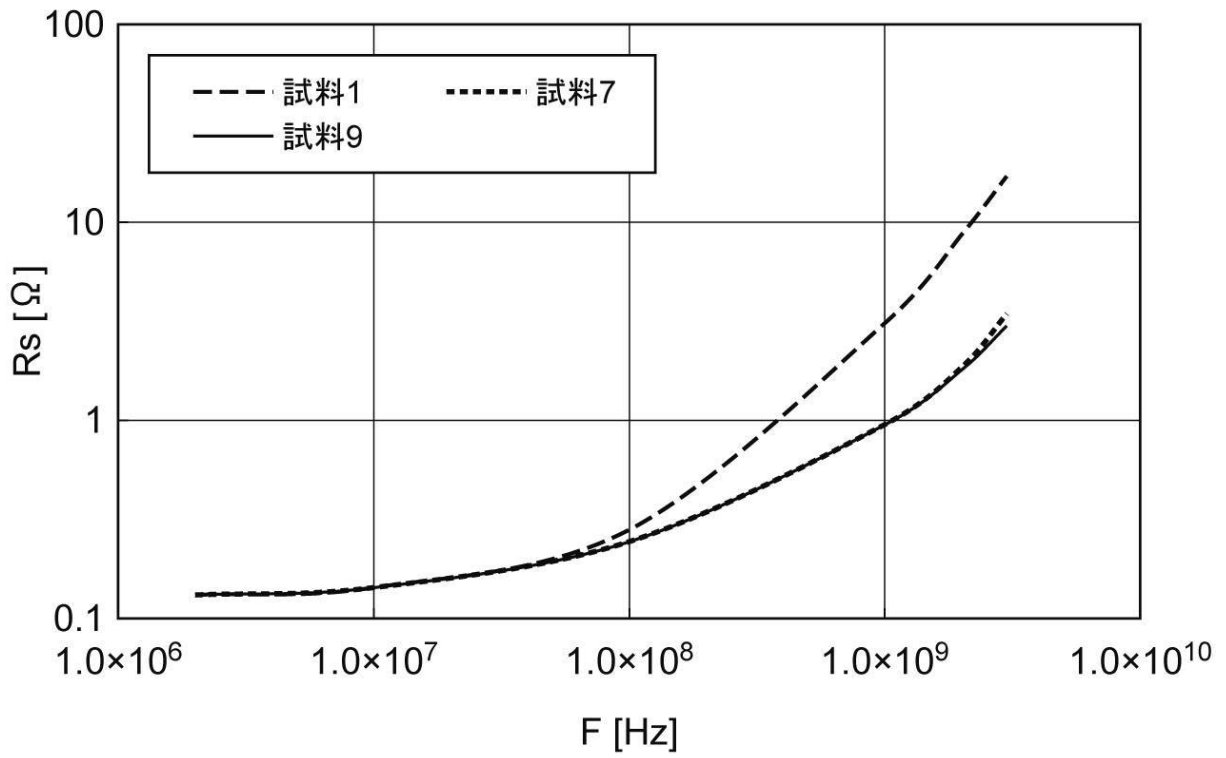


(b)

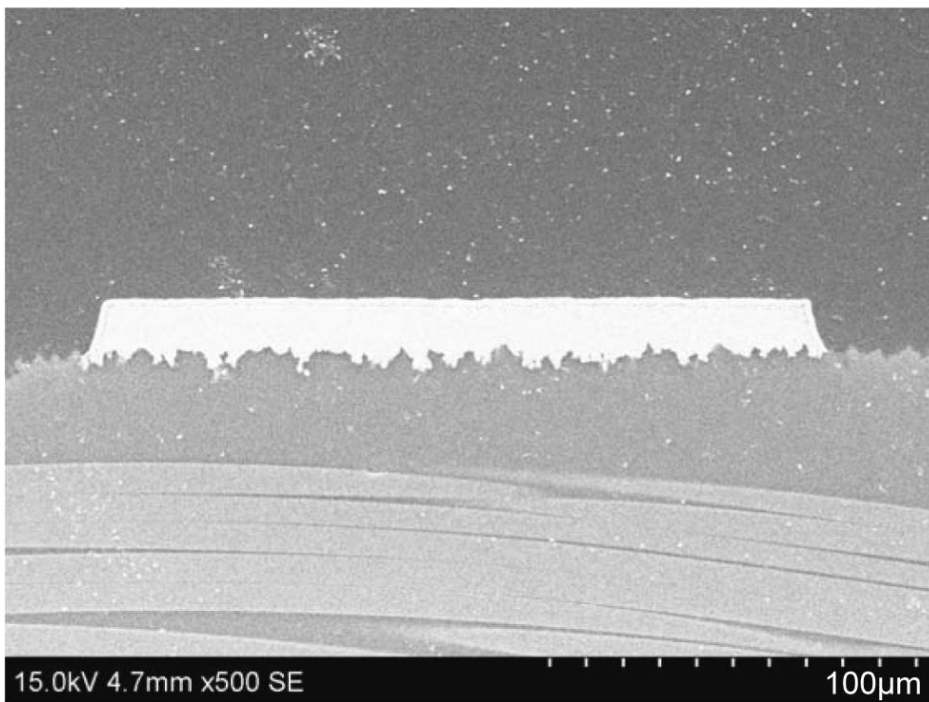


【 図 6 】

(a)



(b)



---

フロントページの続き

(72)発明者 堀川 雄平

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内

Fターム(参考) 4E351 AA03 AA07 BB01 BB30 BB35 BB38 DD04 DD05 DD06 DD19

DD20 GG07

5J046 AA04 AA06 AA13 AB06 PA04 PA07 QA01