

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第5050986号  
(P5050986)

(45) 発行日 平成24年10月17日 (2012.10.17)

(24) 登録日 平成24年8月3日 (2012.8.3)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 Q 13/16 (2006.01)

HO 1 Q 13/16

HO 4 B 5/02 (2006.01)

HO 4 B 5/02

請求項の数 7 (全 22 頁)

|           |                               |           |                          |
|-----------|-------------------------------|-----------|--------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2008-118412 (P2008-118412)  | (73) 特許権者 | 000002185                |
| (22) 出願日  | 平成20年4月30日 (2008.4.30)        |           | ソニー株式会社                  |
| (65) 公開番号 | 特開2009-268022 (P2009-268022A) |           | 東京都港区港南1丁目7番1号           |
| (43) 公開日  | 平成21年11月12日 (2009.11.12)      | (74) 代理人  | 100093241                |
| 審査請求日     | 平成23年2月21日 (2011.2.21)        |           | 弁理士 宮田 正昭                |
|           |                               | (74) 代理人  | 100101801                |
|           |                               |           | 弁理士 山田 英治                |
|           |                               | (74) 代理人  | 100095496                |
|           |                               |           | 弁理士 佐々木 榮二               |
|           |                               | (74) 代理人  | 100086531                |
|           |                               |           | 弁理士 澤田 俊夫                |
|           |                               | (72) 発明者  | 清水 達夫                    |
|           |                               |           | 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社社内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アンテナ電極と接地導体面との間に環状のスロット伝送線路を有するスロット・アンテナを送信機側及び受信機側の双方で備え、

前記スロット・アンテナは誘電体基板の一方の面に形成され、前記環状のスロット伝送線路の中央を挟むように2つの給電点が配設され、

前記スロット伝送線路は、一方の給電点にてスルーホールを介して前記誘電体基板の他方の面に通じて当該他方の面上に実装された送信若しくは受信回路チップに繋がるマイクロストリップ線路に接続され、他方の給電点にてスルーホールを介して前記誘電体基板の他方の面で終端され、

前記スルーホールを介した前記スロット伝送線路と前記マイクロストリップ伝送線路の接続のインピーダンス不整合を小さくし、

前記2つの給電点の間を並列接続された2本のスロット伝送線路の特性インピーダンスとマイクロストリップ伝送線路の特性インピーダンスをおおよそ2：1と設定し、

前記スロット伝送線路の特性インピーダンスを、使用周波数帯域の中心周波数付近において整合させ、

前記送信機側では、前記送信回路は、前記給電点の一方に対して、送信信号として高速なデジタル・ベースバンド信号を直接に給電し、

前記受信機側では、前記受信回路は、前記受信アンテナのスロット伝送路上で、前記送信アンテナのスロット伝送線路に入力される進行波の進む方向とは逆方向に流れる受信信

号を取り出し、

当該送信アンテナ及び受信アンテナを近接対向して配置して、当該送信アンテナ及び受信アンテナのスロット伝送線路間で生じる近傍界の電磁結合を利用してデータ伝送を行なう、  
ことを特徴とする通信システム。

【請求項 2】

アンテナ電極と接地導体面との間に環状のスロット伝送線路を有するスロット・アンテナを送信機側及び受信機側の双方で備え、

前記スロット・アンテナは誘電体基板の一方の面に形成され、前記環状のスロット伝送線路の中央を挟むように 2 つの給電点が配設され、

前記送信機側のスロット・アンテナは、前記アンテナ電極が前記 2 つの給電点を結ぶ線を直交する線にほぼ沿って 2 つに分割され、且つ、分割した間隙の両端部分の 2 箇所において各アンテナ電極は終端され、差動伝送信号が前記 2 つの給電点にそれぞれ供給され、

前記受信機側では、前記アンテナ電極に配設された前記 2 つの給電点から差動信号が取り出され、

当該送信アンテナ及び受信アンテナを近接対向して配置して、当該送信アンテナ及び受信アンテナのスロット伝送線路間で生じる近傍界の電磁結合を利用してデータ伝送を行なう、  
ことを特徴とする通信システム。

【請求項 3】

送信アンテナのスロット伝送線路に沿って進行する  $TE_{10}$  波の近傍電界成分又は近傍磁界成分を受信アンテナのスロット伝送線路に結合させて、データ伝送を行なう、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【請求項 4】

前記接地導体面に囲まれる前記アンテナ電極の形状が、円形、若しくは正 8 角形や正 6 角形などの正多角形である、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【請求項 5】

前記スロット・アンテナは、3 層又は 4 層基板を用いて構成される、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の通信システム。

【請求項 6】

第 2 層又は第 3 層の内層パターンは、接地導体面とし、前記アンテナ電極と前記マイクロストリップ伝送線路と重なる部分が大きく切り抜かれている、  
ことを特徴とする請求項 5 に記載の通信システム。

【請求項 7】

第 2 層又は第 3 層の内層パターンは、接地導体面とし、前記アンテナ電極と重なる部分に前記アンテナ電極よりも十分に大きな開口が形成されている、  
ことを特徴とする請求項 5 に記載の通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、近接して配置された送受信アンテナ間で生じる近傍界の電磁結合作用を利用して非接触近距離データ伝送を行なう通信システム、並びに、かかる非接触近距離データ伝送に用いられるアンテナ装置に係り、特に、近傍界の電磁結合作用を利用して高速なデジタル・データの伝送を実現する通信システム並びにアンテナ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、高速デジタル信号を扱うインターフェースとして、LVDS (Low Voltage Differential Signaling)、XAUI (10 Giga bit Attachment Unit Interface)、PCI (Perip

10

20

30

40

50

heral Component Interconnect) - Expressなどの規格が存在し、高速なものではデータレートが6 Gbpsを超えるものがある。これらのインターフェース規格では、高速の信号伝送を実現するために小電圧振幅としたが、その分雑音の影響を受け易くなるという問題をシングルエンド伝送ではなく差動伝送にして解決している。

#### 【0003】

このうちLVDSは、信号線の本数を減らすことなどを目的に開発された。例えばRGBの各階調数が6ビット～10ビットのビデオ信号を伝送するために必要な信号線数は、CMOS/TTLでは20本～40本であるのに対し、LVDSでは4対（データが3対、クロックが1対）～6対（データが5対、クロックが1対）に削減することができる。LVDSの主な用途として、通信機器やPDP（Plasma Display Panel）、液晶パネル向けのデジタル・インターフェースなどが挙げられる。

10

#### 【0004】

この種の高速デジタル・インターフェースの伝送路には、特性インピーダンスが100Ωに制御された差動伝送線路を用いるものが多い。具体的な伝送路として、裏面に導体層を有する誘電体基板（プリント配線基板など）の表面に線路状に描かれた導体パターンからなるマイクロストリップ伝送線路や、ハーネスを介して同軸ケーブルなどが用いられる。当然、トランスミッタ（送信）IC（Integrated Circuit）とレシーバ（受信）ICとの間は、物理的及び電氣的に繋がった伝送路で接続されている。

#### 【0005】

20

これに対し、本発明者らは、非接触データ通信技術を用いて高速デジタル信号を伝送する方法もあると考えている。非接触通信は、無線でデータ伝送を行なうものの、送受信間が近距離に配置されるゆえ傍受する不正な機器が介在する余地はなく、伝送路上でハッキングの防止や秘匿性の確保を考慮する必要がないというメリットがある。

#### 【0006】

例えば、2つのICチップを1枚のプリント基板上にフリップチップ実装し、これらのICチップ間を5.6cmの伝送を介して、近傍界の電磁結合を利用したデータ伝送を行なうことができる（例えば、非特許文献1乃至2を参照のこと）。ICチップ上のアンテナ電極とプリント基板上のアンテナ電極を対向して配置し、これらの電極間の容量結合を利用してICチップとプリント基板上の伝送線路と接続して、2.5Gbpsのデータ転送を実現することができる。ここで用いられるアンテナ電極のサイズは、ICチップ側並びにプリント基板側ともに、200μm×200μmで、通信距離は1μmと非常に短い。また、ICチップの実装にはバンプを用いる。すなわち、プリント基板側に形成した溝にICチップ上に形成したバンプを埋め込む形で実装し、アンテナ電極間の距離を近接させるという、非常に手の込んだものである。ICチップはフリップチップ実装されるので、実装した後のICチップの取り外しや組み換えは非現実的である。

30

#### 【0007】

また、非接触データ伝送技術の他の例として、SIP（System In Package）実装を念頭に、数10μm程度に薄く研磨したICチップを複数枚積層し、それらのチップ間でデータ転送を行なう技術について提案がなされている（例えば、特許文献1、非特許文献3乃至4を参照のこと）。例えば、ICチップ上に半導体プロセスを用いて、近接した送受信回路とアンテナ・コイルからなるチャンネルを50μm間隔で複数レイアウトする。直径48μmのアンテナ・コイルを使用した場合、1チャンネル当たりの特性として、43μm離れたアンテナ間で1.0Gbpsのデータ転送を実現することができる。

40

#### 【0008】

ここで、近傍界の電磁結合を利用した非接触近距離データ伝送技術は、送信機側と受信機側に用意された2つのアンテナ電極間の容量性結合を利用するものと、同じく2つのアンテナ・コイル間の誘導性結合を利用するものに大別することができる。また、同伝送技術を、送受信回路とアンテナを繋ぐ配線長に応じて、インピーダンス整合を必ずしも必要

50

としないものと、インピーダンス整合をとることが必要なものの2種類に分類することができる。

#### 【0009】

送信回路若しくは受信回路の直近にアンテナを配置した場合には、回路入出力端子とアンテナ入出力端子がほぼ同位相で動作するので、反射の影響を無視することができ、インピーダンス整合は必ずしも必要ない。これに対し、アンテナを送受信回路から離して配置すると、それらの間を繋ぐ配線（伝送線路）の長さが無視できなくなることから、回路の入出力端子及びアンテナ入出力端子と伝送線路との間でインピーダンス整合が必要となる。特に1 Gbpsを超えるような高速のデータ転送を行なう場合には、送受信回路とアンテナからなる系において、インピーダンス不整合が存在すると、それによって引き起こされる反射のために、受信信号に不要なリングングが乗り、ジッターの増加やエラーレートの悪化などの原因となり、高速化の妨げとなる。

10

#### 【0010】

容量性結合の場合、アンテナ電極が信号波長 $\lambda$ （但し、波長短縮率を考慮するものとする）の $1/8$ 以上のサイズになると、そのサイズに依存して決まる共振周波数を考慮する必要がある。また、給電線の寄生誘導成分（L）が無視できない場合には、アンテナ電極の自己容量（C）と直列共振回路を形成し、 $1/2\pi\sqrt{LC}$ で決まる自己共振周波数 $f_r$ が存在する。これに対し、アンテナのサイズが $\lambda/8$ 以下より十分小さく、且つ、上記の寄生誘導成分が無視できる場合のみ、純粋な容量として扱うことができ、送受信アンテナの結合はいわゆるAC結合とみなすことができる。

20

#### 【0011】

一方、誘導性結合の場合、コイルの誘導成分（L）と、コイルを形成する配線間及び対GNDへの寄生容量成分（C）とが並列共振回路を形成するので、こちらも $1/2\pi\sqrt{LC}$ で決まる自己共振周波数 $f_r$ が存在する。

#### 【0012】

これらの自己共振周波数 $f_r$ 以上の周波数帯域では、容量性結合アンテナはもはやキャパシタとして機能せず、誘導性結合アンテナはインダクタとして機能しない。また、 $f_r$ 付近の信号成分に対しては、容量性結合アンテナ及び誘導性結合アンテナともに、共振を起こすため、データ転送に使用できる周波数帯域は自己共振周波数 $f_r$ によって制限される。

30

#### 【0013】

従来、非接触データ転送用のアンテナとしては、いわゆる集中定数型のアンテナ構造が多く採用されている。一般に大きなサイズのアンテナは自己共振周波数 $f_r$ が低くなる傾向があることから、高周波数帯域の使用を可能としデータ転送レートを高めるためにはアンテナ・サイズを小さく設定する必要がある。ところが、近傍界の電磁結合を利用した非接触通信の場合、その通信距離はアンテナ・サイズと同程度となるので、小さなサイズのアンテナを用いると転送距離も短くなってしまうという制約がある。

#### 【0014】

このように、従来の非接触通信には、高速のデータ転送を行おうとすると転送距離が短くなってしまうという欠点がある。このため、非接触通信のアプリケーションは、積層されたICチップ間のデータ転送などの超近距離に制限される。また、アンテナを送受信回路から離して設置して両者間を伝送線路で繋ぐと、共振型の狭帯域アンテナでは、データ転送レートはアンテナ帯域の約 $1/2$ に制限され、高速化が困難であるという欠点がある。

40

#### 【0015】

【特許文献1】特開2005-228981号公報

【非特許文献1】Wilson, J、Lei Luo、Jian Xu、Mick, S.、Erickson E.、Hsuan-Jung Su、Chan, B.、How Lin、Franzon, P. 共著“AC coupled interconnect

50

using buried bumps for laminated organic packages” (Electronic Components and Technology Conference, 2006. Proceedings. 56th, 30 May–2 June 2006 Page(s): 8pp.)

【非特許文献2】Lei Luo、John Wilson、Stephen Mick、Jian Xu、Liang Zhang、Evan Erickson、Paul Franzon共著“A 36Gb/s ACCI Multi-Channel Bus using a Fully Differential Pulse Receiver” (IEEE 2006 Custom Integrated Circuits Conference (CICC))

10

【非特許文献3】Miura, N.、Mizoguchi, D.、Inoue, M.、Sakurai, T.、Kuroda, T. 共著“A 195-gb/s 1.2-W inductive inter-chip wireless superconnect with transmit power control scheme for 3-D-stacked system in a package” (Solid-State Circuits, IEEE Journal of Volume 41, Issue 1, Jan. 2006 Page(s): 23–34)

【非特許文献4】Jian Xu、John Wilson、Stephen Mick、Lei Luo、Paul Franzon共著“2.8Gb/s Inductively Coupled Interconnect for 3-D ICs” (2005 Symposium on VLSI Circuits Digest of Technical Papers)

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

本発明の目的は、近傍界の電磁結合作用を利用して高速なデジタル・データの伝送を実現することができる、優れた通信システム、並びに、かかる非接触近距離データ伝送に用いられるアンテナ装置を提供することにある。

【0017】

本発明のさらなる目的は、高周波数帯域の使用が可能となるアンテナを用い、近傍界の電磁結合作用による高速なデジタル・データの伝送を実現することができる、優れた通信システム並びにアンテナ装置を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0018】

本発明は、上記課題を参酌してなされたものであり、

アンテナ電極と接地導体面との間に環状のスロット伝送線路を有するスロット・アンテナを送信機側及び受信機側の双方で備え、当該送信アンテナ及び受信アンテナを近接対向して配置して、当該送信アンテナ及び受信アンテナのスロット伝送線路間で生じる近傍界の電磁結合を利用してデータ伝送を行なう、ことを特徴とする通信システムである。

40

【0019】

但し、ここで言う「システム」とは、複数の装置（又は特定の機能を実現する機能モジュール）が論理的に集合した物のことを言い、各装置や機能モジュールが単一の筐体内にあるか否かは特に問わない。

【0020】

非接触近距離データ通信は、近接配置した送受信アンテナ間で生じる近傍界の電磁結合を利用してデータ伝送を行なう通信技術であるが、利用する結合作用の相違により、容量性結合と誘導性結合の2タイプに分類される。また、送受信回路とアンテナを繋ぐ配線長に応じたインピーダンス整合の必要性の有無により当該通信技術を分類することもできる。

50

## 【0021】

容量性結合の場合、アンテナ電極が信号波長 $\lambda$ の $1/8$ 以上のサイズになると、給電線の規制誘導成分が無視できない場合においてアンテナ電極の自己容量とともに直列共振回路を形成し、自己共振周波数が存在する。一方、誘導性結合の場合、アンテナ・コイルの誘導成分と、コイルを形成する配線間及び対GNDへの寄生容量成分とにより並列共振回路を形成し自己共振周波数が存在する。これらの共振周波数付近では共振を起こすが、共振周波数以上の周波数帯域では容量性結合若しくは誘導性結合が作用しなくなるため、データ転送に使用できる周波数帯域が制限されるという問題がある。

## 【0022】

また、アンテナ・サイズが大きくなると自己共振周波数が低くなる傾向にあることから、高周波数帯域の仕様を可能としデータ転送レートを高めるには、アンテナ・サイズを小さく設定する必要がある。ところが、近傍界の電磁結合を利用した非接触通信の場合、その通信距離はアンテナ・サイズと同程度となるので、小さなサイズのアンテナを用いると転送距離も短くなる。すなわち、高速のデータ転送を行おうとすると転送距離が短くなってしまう。また、アンテナを送受信回路から離して設置し両者間を伝送線路で繋ぐと、共振型の狭帯域アンテナでは、データ転送レートはアンテナ帯域の約 $1/2$ に制限され、高速化が困難である。

## 【0023】

これに対し、本発明に係る通信システムは、互いのアンテナが近距離に配置された送信機及び受信機間で非接触データ通信を行なうが、データ転送の原理として、元来周波数分散の小さい伝送線路間の結合を用い、且つ、非共振型の構成を採っている。具体的には、2つのスロット・アンテナを近接対向して配置し、送信アンテナのスロット伝送線路に沿って進行する $TE_{10}$ 波の近傍電界成分並びに近傍磁界成分を、直接受信アンテナのスロット伝送線路に結合させるようにしており、共振型のアンテナとは相違する。

## 【0024】

スロット・アンテナは、アンテナ電極と接地導体面との間に環状のスロット伝送線路を有している。ここで、環状スロットを有するスロット・アンテナの形状としては、接地導体面に囲まれる電極の形状が、円形、若しくは正8角形や正6角形などの正多角形であることが好ましい。このような場合、アンテナ電極と接地導体面との間の環状スロットは、スロット伝送線路として考えるのが適当である。また、環状スロットにはその中央を挟むように2つの給電点が設けられているが、これら2つの給電点間のスロット線路長は時計回りと反時計回りではほぼ等しく、送信、受信アンテナ間の信号伝送にとって等しい役割を果たしている。

## 【0025】

スロット伝送線路は、各給電点においてスルーホールを介して基板の他方の面に通じ、送信IC若しくは受信ICに繋がるマイクロストリップ伝送線路に接続されている。このようなスルーホールを介したスロット伝送線路とマイクロストリップ伝送線路の接続のインピーダンス不整合を小さくすることによって、反射を小さくし、定在波の発生を抑えることが可能であることから、広帯域特性を実現することができる。2つの給電点の間を並列接続された2本のスロット伝送線路の特性インピーダンスとマイクロストリップ伝送線路の特性インピーダンスをおおよそ2:1と設定することで、インピーダンスを整合させることができる。

## 【0026】

また、スロット伝送線路は、マイクロストリップ伝送線路と比較して特性インピーダンスの周波数分散は大きい、それぞれ、デジタル・ベースバンド信号伝送のために必要な周波数帯域の中心周波数付近において特性インピーダンスを整合させるように設計することで、広い周波数帯域において、反射の少ない良好な伝送特性を得ることができる。

## 【0027】

送受信アンテナを近接して配置しておき、送信アンテナには送信信号として、高速なデジタル・ベースバンド信号を直接に給電すると、送受信アンテナ間には近傍界の電磁結合

10

20

30

40

50

作用により起電力が発生し、これを利用して非接触データ転送が可能である。そして、上述したように広帯域な特性を有する伝送線路自体をアンテナとして用いているので、デジタル・ベースバンドに含まれる広帯域なAC成分を、送信アンテナから受信アンテナに直接パルス信号として伝送することができる。デジタル・ベースバンド信号をそのまま伝送すると、複雑な変復調回路を必要とせず、システムの高速化、低消費電力化に適しており、容易にGbpsを超える通信システムを実現することができる。

#### 【0028】

スロット伝送線路長が進行波の波長より短い場合には、順方向に伝わる進行波の振幅と比較して、逆方向に伝わる進行波（いわゆるリターン電流）の振幅が大きく、支配的になる。そこで、アンテナを小型に製作した場合などにおいては、受信機側では、受信アンテナのスロット伝送路上で、送信アンテナのスロット伝送線路に入力される進行波の進む方向と逆方向に流れる受信信号を受信回路が取り出すようにすればよい。

10

#### 【0029】

また、本発明に係る通信システムで用いるアンテナは非共振型であり、自己共振周波数 $f_r$ の制限を受けることなく、アンテナ・サイズを大きくしても広帯域を保つことができるので、非接触通信システムにおける通信距離を長くすることができる。

#### 【0030】

ここで、送受信アンテナを、両面基板ではなく、それぞれ3層又は4層（すなわち2層以上）の基板を用いて構成することができる。但し、この場合には、アンテナ構造と重なる部分には、アンテナ電極とスロット伝送線路に電氣的に影響を与えないように、内層パターンを配置しないようにする必要がある。例えば、内層パターンは接地導体面とし、アンテナ電極とマイクロストリップ伝送線路と重なる部分を大きく切り抜く、あるいは、アンテナ電極と重なる部分は、アンテナ電極より一回り大きな開口を形成するようにすればよい。

20

#### 【0031】

また、本質的に広帯域な特性を有する伝送線路自体を非接触データ転送用アンテナとして用い、デジタル・ベースバンド信号をそのまま伝送する、という本発明の概念は、シングルエンド伝送だけでなく差動信号伝送にも適用することができる。高速の信号伝送を実現するために小電圧振幅とした場合には、差動伝送により雑音の影響を抑制することができるという利点がある。

30

#### 【0032】

差動信号伝送を行なう場合、送信機側のスロット・アンテナは、前記アンテナ電極が前記2つの給電点を結ぶ線を直交する線にほぼ沿って2つに分割され、LVDSやCMLなどの差動伝送信号を2つの給電点にそれぞれ供給するようにする。また、分割した間隙の両端部分の2箇所において各アンテナ電極を適切に終端することで、反射の少ない良好な伝送特性を得ることができる。そして、受信機側では、アンテナ電極に配設された2つの給電点から差動信号を取り出すことができる。

#### 【0033】

一般にデジタル信号の出力段は、伝送線路と良いインピーダンス整合が取られているとは限らない。例えば、CML (Common Mode Logic) 出力などのオープン・ドレイン構成の場合、出力データ(0, 1)に応じて、出力インピーダンスは、低インピーダンス(数 $\Omega$ )から高インピーダンス(数100 $\Omega$ )の間を変化する。このような場合、送信アンテナにおけるインピーダンス不整合で生じた反射波は、送信ICへ戻り、その出力段で反射され、再度送信アンテナへと入射される。そして、大きなシンボル間干渉が生じ、受信IC側での、ジッターの増大、ビットエラーレート(BER)の悪化などの悪影響を引き起こすことが懸念される。

40

#### 【0034】

これに対し、本発明に係るアンテナ装置は、広い周波数帯域において、反射の少ない特性を有している。したがって、必ずしも出力段に伝送線路との良いインピーダンス整合を要求しないので、低コスト化、低消費電力化を実現できる利点を有している。特に、差動

50

デジタル信号との親和性が高いので、現在広く普及している高速シリアル転送技術を応用できるという利点がある。

【0035】

また、本発明に係るアンテナ装置は、デジタル信号が給電されるアンテナ電極と周囲の接地導体面が環状スロットで分離されている構成となっているので、アンテナ周囲の電磁界分布は局所的範囲に限定される。したがって、同一基板上に複数のアンテナを配置した場合にもアイソレーションを確保することが可能であり、多チャンネル化を図ることができ、システムのデータ転送帯域の拡張が可能となる。さらに、同一多層プリント配線基板上に、アンテナとICを作り込むことができ、これによってシステムの小型化、低コスト化を図ることができる。

10

【0036】

勿論、本発明に係る通信システムは、送受信間が近距離に配置されるゆえ傍受する不正な機器が介在する余地はなく、伝送路上でハッキングの防止や秘匿性の確保を考慮する必要がないというメリットがある。

【発明の効果】

【0037】

本発明によれば、高周波数帯域の使用が可能となるアンテナを用い、近傍界の電磁結合作用による高速なデジタル・データの伝送を実現することができる、優れた通信システム並びにアンテナ装置を提供することができる。

【0038】

20

また、本発明によれば、広帯域な周波数成分を含むパルス信号を利用したデジタル・ベースバンド信号を、非接触にて直接転送することができる、優れた通信システム並びにアンテナ装置を提供することができる。

【0039】

本発明によれば、本質的に広帯域な特性を有する伝送線路自体を非接触データ転送用アンテナとして採用し、特に、環状スロットを有するスロット・アンテナを用いることで、非常に広帯域にわたりインピーダンス整合を確保でき、且つ良好な伝送特性を持つ通信システムを提供することができ、例えば、5 Gbps以上の転送レートにおいても、5 mm程度の非接触転送距離を容易に実現することが可能となる。また、デジタル・ベースバンドに含まれる広帯域なAC成分を直接パルス信号として伝送することができるので、複雑な変復調回路を必要とせず、システムの高速化、低消費電力化に適している。

30

【0040】

本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施形態や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0041】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳解する。

【0042】

本発明に係る通信システムは、近傍電磁界を利用した非接触データ伝送を行なうが、本質的に広帯域な特性を有する伝送線路自体を非接触データ転送用アンテナとして用いることで、デジタル・ベースバンドに含まれる広帯域なAC成分を、送信アンテナから受信アンテナに直接パルス信号として伝送するものである。デジタル・ベースバンド信号をそのまま伝送することから、複雑な変復調回路を必要とせず、システムの高速化、低消費電力化に適している。

40

【0043】

図1には、本発明の一実施形態に係る通信システムの構成例を示している。図示の通信システムは、送信基板100と受信基板120を近接対向して配置させ、シングルエンドのデジタル・データ転送を行なう。

【0044】

送信基板100並びに受信基板120はともに、一方の面に導体層が形成されるととも

50

に、他方の面に回路コンポーネントが実装された誘電基板からなる。

【0045】

送信基板100の受信基板120と向き合う一方の面101は、導体層からなり、面101の中央のアンテナ電極とその周縁の接地導体の間に形設された環状のスロット伝送路すなわち環状スロット102を有するスロット・アンテナ103を備えている。スロット・アンテナ103の形状としては、接地導体面に囲まれる電極の形状が、図示のように円形である他、正八角形や正六角形などの正多角形であることが好ましい（後述）。

【0046】

環状スロット102からなるスロット・アンテナ103には、環状スロット102の中央を挟むように2つの給電点107及び108が設けられている。

10

【0047】

一方の給電点107は、スルーホールを介して送信基板100の他方の面104で、送信IC106から出る給電線105に接続されている。給電線105は、送信基板100の他方の面104に形成された線條の導体パターンからなるマイクロストリップ伝送線路として構成される。マイクロストリップ伝送線路の特性インピーダンスは、その線路幅と送信基板100の厚さにより調整することができる（例えば、新井宏之著「新アンテナ工学―移動通信時代のアンテナ技術―」総合電子出版社、2001年9月10日、第3版、第30乃至31ページを参照のこと）。ここで、スルーホールを介したスロット伝送線路とマイクロストリップ伝送線路の接続のインピーダンス不整合を小さくすることによって、反射を小さくし、定在波の発生を抑えることが可能であることから、広帯域特性を実現

20

【0048】

また、他方の給電点108は、スロット・アンテナ103の中央を挟んで給電点107とはほぼ反対側となる場所に配置されているが、スルーホールを介して送信基板100の他方の面104で、終端抵抗109に接続されている。図示するように、給電点107及び108間のスロット線路長は時計回りと反時計回りでほぼ等しく、送受信アンテナ間の信号伝送にとって等しい役割を果たしていることを理解されたい。

【0049】

同様に、受信基板120の送信基板100と向き合う一方の面124は、導体層からなり、アンテナ電極と接地導体の間に形設された環状スロット122を有するスロット・アンテナ123を備え、環状スロット122の中央を挟むよう2つの給電点127及び128が設けられている。

30

【0050】

一方の給電点127は、スルーホールを介して受信基板120の他方の面121で、受信IC126に繋がるマイクロストリップ伝送線路からなる給電線125に接続されている。但し、スルーホールを介したスロット伝送線路とマイクロストリップ伝送線路の接続のインピーダンス不整合を小さくすることとする（同上）。

【0051】

また、他方の給電点128は、スロット・アンテナ123の中央を挟んで給電点127とはほぼ反対側となる場所に配置されているが、スルーホールを介して受信基板120の他方の面121で、終端抵抗129に接続されている。図示するように、給電点127及び128間のスロット線路長は時計回りと反時計回りでほぼ等しく、送受信アンテナ間の信号伝送にとって等しい役割を果たしている（同上）。

40

【0052】

なお、受信アンテナ側では、終端抵抗129の値は0Ωに設定することも可能である。この場合、図2に示すように、給電点128において、スルーホールを介さず、アンテナ電極を接地導体に直接ショートする構成としてもよい。

【0053】

図1に示したアンテナの動作原理について、図3及び図4を参照しながら説明する。

【0054】

50

環状スロットを有するスロット・アンテナの形状としては、接地導体面に囲まれる電極の形状が、円形、若しくは正8角形や正6角形などの正多角形であることが好ましい。このような場合、アンテナ電極と接地導体面との間の環状スロットは、スロット伝送線路として考えるのが適当である。他方、アンテナ電極の形状が長方形で、且つ2つの給電点を繋ぐ方向（長方形の高さ）が、それに直交する方向（長方形の幅）に対して十分大きいと、アンテナ電極はコプレーナ伝送線路として捉える方が適当である。以下では、環状スロットを前者のスロット伝送線路と捉えた場合に限定して説明を進める。

#### 【0055】

図3には、図1に示した通信システムにおいて、送信アンテナ並びに受信アンテナを進行する進行波の様子を示している。

10

#### 【0056】

図3Aに示す送信アンテナの構造において、マイクロストリップ伝送線路200からなる給電線は、環状スロット上の一方の給電点202において、スルーホールを介してスロット伝送線路203にほぼ直角に接続されている。なお、相川正義外著「モノリシックマイクロ波集積回路（MMIC）」（電子情報通信学会、平成9年1月25日初版、第50乃至51ページ）には、マイクロストリップ伝送線路をスルーホール経由でコプレーナ伝送線路へ変換する方法、並びにコプレーナ伝送線路からスロット伝送線路へ変換する方法が記載されており、例えばコプレーナ伝送線路を介してマイクロストリップ伝送線路からストリップ伝送線路へ線路変換することができる。

#### 【0057】

20

マイクロストリップ伝送線路200から流れ込む準TEM（Transverse Electric Magnetic）波201は、上述のようにして線路変換が行なわれた後、図3Bに示すように、給電点202において、互いに逆方向に進行する2つのTE<sub>10</sub>モード（断面内だけに電界の成分がある）の進行波に変換される。同図中では、環状スロットを時計回りに進行する進行波を参照番号204aで示し、反時計回りに進行する進行波を参照番号204bで示している。

#### 【0058】

スロット伝送線路203を互いに逆方向に進行する2つの進行波204a並びに204bは、それぞれ進行波205a、205bとして、環状スロットの他方の給電点206において合成され、スルーホールを介してマイクロストリップ伝送線路207に接続され、再度準TEM波208に変換される。

30

#### 【0059】

後述するように、送信アンテナ側でスロット伝送線路上を2方向に分岐して伝搬する各進行波から漏れ出た近傍電界並びに近傍磁界は、受信アンテナのスロット伝送線路に到達すると、電磁結合作用によって順方向に伝搬する進行波と逆方向に伝搬する進行波を誘起する。図3Cには、受信アンテナ側で、送信アンテナ側のスロット伝送線路を伝搬する進行波とは逆方向に誘起された進行波の様子を示している。マイクロストリップ伝送線路からスロット伝送線路へ、並びにスロット伝送線路からマイクロストリップ伝送線路へ、線路変換する動作は受信アンテナについても上記と同様である。

#### 【0060】

40

上述したように、2つの給電点間のスロット線路長は時計回りと反時計回りでほぼ等しく、送信、受信アンテナ間の信号伝送にとって等しい役割を果たしている。ここで、各給電点202、206にてマイクロストリップ伝送線路200、207に接続されたスロット伝送線路203を回路的に解釈すると、TE<sub>10</sub>モードの進行波204a（205a）、204b（205b）が互いに逆方向に進行する2本のスロット伝送線路が、1本のマイクロストリップ伝送線路に並列接続された構成となっている。したがって、並列接続された2本のスロット伝送線路の特性インピーダンスとマイクロストリップ伝送線路の特性インピーダンスをおおよそ2:1と設定したときには、インピーダンスを整合させることができる。

#### 【0061】

50

スロット伝送線路は、マイクロストリップ伝送線路と比較して特性インピーダンスの周波数分散は大きい、それぞれ、デジタル・ベースバンド信号伝送のために必要な周波数帯域の中心周波数付近において特性インピーダンスを整合させるように設計することで、広い周波数帯域において、反射の少ない良好な伝送特性を得ることができる。

#### 【0062】

図4には、近接対向して配置された送信アンテナと受信アンテナの間で発生する近傍電界の様子を示している。但し、同図中で一点鎖線で示す矢印は、電気力線を模式的に表している。図示のように、送信アンテナのスロット伝送線路300に沿って進行波301が伝わると、スロット伝送線路300をほぼ同心円状に取り巻く電界302が発生する。そして、送信アンテナのスロット伝送線路300に沿って伝わる進行波301から漏れ出た近傍界の電界302と磁界（図示しない）は、受信アンテナのスロット伝送線路303に到達すると、電磁結合作用によって、上記の進行波301に対し順方向にスロット伝送線路303上を伝搬する進行波304と、進行波301とは逆方向にスロット伝送線路303上を伝わる進行波305を誘起する。

10

#### 【0063】

特に、スロット伝送線路長が進行波の波長より短い場合には、順方向に伝わる進行波の振幅と比較して、逆方向に伝わる進行波（いわゆるリターン電流）の振幅が大きく、支配的になることが、本発明者らが実施した電磁界解析より分かっている。したがって、小型のシステムにおいてアンテナ面積の削減が求められる場合には、受信機側では、送信アンテナに入力される進行波の進む方向と逆方向に受信信号を取り出す構成が有利であると言える。このことは、図6～8で示す測定結果にも表れているが、この点については後に詳解する。

20

#### 【0064】

図3を参照しながら説明したように、本実施形態に係る通信システムで利用される送信アンテナ及び受信アンテナは、伝送線路自体をアンテナとして利用したものであり、デジタル・ベースバンドに含まれる広帯域なAC成分を、送信アンテナから受信アンテナに直接パルス信号として伝送することができる。すなわち、送受信アンテナを近接して配置した状態で、送信ICから送信アンテナに高速なデジタル・ベースバンド信号を直接に給電すると、送受信アンテナ間には近傍界の電磁結合作用により起電力が発生するので、これを利用して非接触データ転送が可能である。デジタル・ベースバンド信号をそのまま伝送することから、複雑な変復調回路を必要とせず、システムの高速化、低消費電力化に適している。

30

#### 【0065】

図1に示した通信システムにおける非接触デジタル・データ転送の原理について、図5を参照しながら説明する。

#### 【0066】

本実施形態に係る送信アンテナ及び受信アンテナは、直流(DC)成分から10GHz以上の周波数にわたりリターン・ロスを非常に低く抑えることが可能であるから、デジタル・ベースバンド信号を直接、変調を施さずに送信アンテナに入力することが可能である（既に述べたように、スルーホールを介したスロット伝送線路とマイクロストリップ伝送線路の接続のインピーダンス不整合を小さくすることによって、反射を小さくし、定在波の発生を抑えることが可能である）。

40

#### 【0067】

図5Aには、送信機及び受信機の構成を模式的に示している。送信機側では、デジタル・ベースバンド信号からなる送信データは出力バッファを介してそのまま送信アンテナに供給される。受信機側では、図3～図4を参照しながら説明した動作原理に従って、受信アンテナで伝搬信号を受信すると、これを増幅器で電力増幅し、2値化比較器で2値化処理して、元のデジタル・ベースバンド信号を再生し、これを受信データとして出力する。

#### 【0068】

図5Bには、デジタル・ベースバンド信号からなる送信データと、これに対応する受信

50

信号、並びに受信信号から取り出される受信データを例示している。図5 B上段に示す通り、送信デジタル・ベースバンド信号には、 $0 \rightarrow 1$ 、並びに $1 \rightarrow 0$ の2値データの遷移に伴ったAC成分が含まれる。

#### 【0069】

図4を参照しながら説明したように、送信アンテナで発生する近傍電磁界は電磁結合作用によって受信アンテナに伝わる。図5 B中段に示すように、送信デジタル・ベースバンド信号のデータ遷移に伴ったAC成分は、その遷移の極性に応じたパルス信号として受信アンテナにて受信される。同図中の点線は2値化比較器の判定閾値に相当し、 $0 \rightarrow 1$ 並びに $1 \rightarrow 0$ のデータ遷移を判定する。すなわち、図5 B下段に示すように、受信したパルス信号の極性から、デジタル・データを再生することができる。このように、デジタル・ベースバンド信号をそのまま伝送することができるという点を十分理解されたい。

10

#### 【0070】

本発明者らは、アンテナ電極と接地導体の間に環状スロット伝送線路を有するスロット・アンテナを試作し、その動作確認を行なったが、その結果について図6～図8を参照しながら説明する。

#### 【0071】

図1並びに図2では、両面基板（導体面が2層）のアンテナ構造を想定したが、3層、4層基板など、2層以上の基板を用いて作成することが可能である。但し、4層でアンテナ基板を構成する場合、アンテナ構造と重なる部分には、アンテナ電極とスロット伝送線路に電氣的に影響を与えないように、第2層並びに第3層の内層パターンを配置しないようにする必要がある。

20

#### 【0072】

図7 A並びに図8 Aには、0.8 mm厚の4層FR4基板を用いて試作したアンテナ基板の構造をそれぞれ例示している。いずれも、第1層の部品面にマイクロストリップ伝送線路を、第4層の半田面にアンテナ電極を配置した。図7 Aに示した試作品では、第2層及び第3層の内層パターンは、接地導体面とし、アンテナ電極とマイクロストリップ伝送線路と重なる部分を大きく切り抜き、両面基板と同等の層構成となるようにしている。また、図8 Aに示した試作品では、第2層及び第3層の内層パターンは、接地導体面とし、アンテナ電極と重なる部分は、アンテナ電極より一回り大きな開口が形設されている。

#### 【0073】

30

図6 Aには、測定時における送信アンテナ及び受信アンテナの配置を示している。送信アンテナ電極702及び受信アンテナ電極712はともに直径6.0 mmの円盤で、接地導体との間に形成されるスロット伝送線路幅は0.2 mmとした。スロット伝送線路の特性インピーダンス設計値は100  $\Omega$ である。図7 Aに示した試作品では、給電線701と給電線711は線幅1.6 mmのマイクロストリップ伝送線路で、特性インピーダンスの設計値は50  $\Omega$ である。図8 Aに示した試作品では、給電線701と給電線711は線幅0.2 mmのマイクロストリップ伝送線路で、特性インピーダンスの設計値は50  $\Omega$ である。

#### 【0074】

図6 Aに示すように、送信アンテナ基板700と受信アンテナ基板710を、2.0 mm離してアンテナ面が互いに向き合うように設置する。送信基板の入力側ポート703には、立ち上り時間100ピコ秒のステップ波形を入力し、出力側ポート704には50  $\Omega$ の終端抵抗を接続する。図6 Bには、ポート703への入力ステップ波形を示している。但し、横軸は時間軸で1目盛当たり200ピコ秒とし、縦軸は電圧軸で任意単位とする。

40

#### 【0075】

受信基板710からの出力は、一方のポートからシングルエンドで取り出し、他方のポートには50  $\Omega$ の終端抵抗を接続した。図4を参照しながら説明したように、送信アンテナ702側のスロット伝送線路に沿って伝わる進行波から発生した近傍電磁界が、対向する受信アンテナ712側のスロット伝送線路に到達すると、電磁結合作用によって、順方

50

向及び逆方向に伝搬する進行波がそれぞれ誘起される。そこで、受信基板 710 からの出力としては、ポート 714 から出力を取り出す前方出力と、ポート 713 から出力を取り出す後方出力を測定することとした。また、前方出力を測定する際にはポート 713 に  $50\ \Omega$  の終端抵抗を接続し、後方出力を測定する際には、ポート 714 に  $50\ \Omega$  の終端抵抗を接続することとした。測定には、ネットワーク・アナライザの時間領域解析機能を用いた。

#### 【0076】

図 7 B 並びに図 7 C には、図 7 A に示した試作品における受信アンテナ 712 での前方出力波形と後方出力波形をそれぞれ示している。但し、横軸は時間軸で 1 目盛当たり 200 ピコ秒とし、縦軸は電圧軸で任意単位とする。入力ステップ波形の振幅を 1 としたときに、受信アンテナ 712 の後方出力からは、約 0.062 の振幅を持ち、時間幅が 200 p s 以下のパルス波形が測定された。一方、受信アンテナ 712 の前方出力からは、小さな振幅の波形しか測定されない。

10

#### 【0077】

また、図 8 B 並びに図 8 C には、図 8 A に示した試作品における受信アンテナ 712 での前方出力波形と後方出力波形をそれぞれ示している。但し、横軸は時間軸で 1 目盛当たり 200 ピコ秒とし、縦軸は電圧軸で任意単位とする。この場合も同様に、入力ステップ波形の振幅を 1 としたときに、受信アンテナ 712 の後方出力からは、約 0.050 の振幅を持ち、時間幅が 200 p s 以下のパルス波形が測定された。一方、受信アンテナ 712 の前方出力からは、小さな振幅の波形しか測定されない。

20

#### 【0078】

これらの結果から、両面基板を用いた場合、及び 3 層以上の多層基板を用いた場合の双方とも、5 G b p s 程度の転送レートを実現する上で十分良好な特性を有しており、本発明で提供するアンテナの動作を実証していると言える。

#### 【0079】

本発明に係る通信システムは、本質的に広帯域な特性を有する伝送線路自体を非接触データ転送用アンテナとして用い、デジタル・ベースバンド信号をそのまま伝送するものであるが、このような発明の概念は、シングルエンド伝送だけでなく差動信号伝送にも適用することができる。高速の信号伝送を実現するために小電圧振幅とした場合には、差動伝送により雑音の影響を抑制することができるという利点がある。

30

#### 【0080】

図 9 には、本発明の他の実施形態に係る通信システムの構成例を示している。送信基板 500 と受信基板 520 は、近接対向して配置されている。送信基板 500 並びに受信基板 520 はともに、一方の面に導体層に環状スロットからなるスロット・アンテナが形成されるとともに、他方の面に送信 IC 501 若しくは受信 IC 526 などの回路コンポーネントが実装された誘電基板である。図 1 に示した通信システムと同様にデジタル・データ転送を行なうが、差動伝送を行なう点で相違する。

#### 【0081】

まず、送信機について説明する。図 1 に示した通信システムでは、スロット・アンテナ 103 はアンテナ電極と接地導体の間に形成された環状のスロット伝送線路からなり、スロット・アンテナの中央を挟むように 2 つの給電点 107、108 が配設されている。これに対し、図 9 に示す実施形態では、接地導体のほぼ中央部分においてスロット伝送線路で分離されたアンテナ電極が配置される点では共通するが、送信基板 500 の一方の面に、スロット・アンテナの中央を挟むように設けられた 2 つの給電点 504、505 を結ぶ線を直交する線にほぼ沿って分割された 2 つのアンテナ電極 503 a 及び 503 b を備えている。そして、各アンテナ電極 503 a、503 b を分割した間隙の両端部分において、アンテナ電極 503 a、503 b 間は終端抵抗 506 a、506 b で接続されている。

40

#### 【0082】

なお、各アンテナ電極 503 a、503 b の終端方法は図 9 に限定されるものではない。例えば、図 10 に示すように、アンテナ電極と接地導体との間、若しくは電源端子との

50

間に、終端抵抗507a、507b、507c、507dを配置するという変形例も考えられる。

#### 【0083】

また、送信基板500の他方の面には、送信IC501を始めとする回路コンポーネントが実装されている。送信IC501からは、デジタル・ベースバンド信号がLVD SやCMLなどの差動電気信号として2つに分岐された差動伝送線路502a、502bに出力される。各差動伝送線路502a、502bは、マイクロストリップ伝送線路からなるが、スルーホールを介してそれぞれ給電点504、505において各アンテナ電極503a、503bに接続されている。

#### 【0084】

送信IC501から出力された電気信号は、インピーダンス整合された、マイクロストリップ伝送線路(502a、502b)、スルーホール、及びスロット伝送線路を通り、そのほとんどが、終端抵抗において熱に変換されるので、反射の少ない良好な伝送特性を得ることができる。

#### 【0085】

続いて、受信機について説明する。受信基板520は、一方の面に、アンテナ電極と接地導体の間に形成された環状のスロット伝送線路からなるスロット・アンテナ521を備えている。そして、スロット・アンテナ521には、その中央を挟むように2つの給電点522、523が配設され、それぞれスルーホールを介して他方の面のマイクロストリップ伝送線路525a、525bに接続されている。2本のマイクロストリップ伝送線路525a、525bはアンテナの近くで交わり、差動伝送線路525として受信IC526に接続されている。

#### 【0086】

図11A並びに図11Bには、図9に示した通信システムにおいて、送信アンテナ並びに受信アンテナを進行する進行波の様子をそれぞれ示している。また、図12A並びに図12Bには、図10に示した通信システムにおいて、送信アンテナ並びに受信アンテナを進行する進行波の様子をそれぞれ示している。

#### 【0087】

マイクロストリップ伝送線路からなる各差動伝送線路502a、502bは、給電点504、505においてスルーホールを介してアンテナ電極503a、503bにそれぞれ接続されている。したがって、差動伝送線路502aに流れ込む準TEM波は、給電点504において互いに逆方向に進行する2つのTE<sub>10</sub>モードの進行波に変換され、同様に、差動伝送線路502bに流れ込む準TEM波は、給電点505において互いに逆方向に進行する2つのTE<sub>10</sub>モードの進行波に変換される。その後、各給電点504、505をそれぞれ分岐点として互いに逆方向に進行する2組の進行波は、アンテナ電極503a、503bの各端において、終端抵抗506a、506b、若しくは終端抵抗507a、507bを介して終端されている。すなわち、送信IC501から出力された電気信号は、インピーダンス整合された、マイクロストリップ伝送線路(502a、502b)、スルーホール、及びスロット伝送線路を通り、そのほとんどが、終端抵抗において熱に変換されるので、反射の少ない良好な伝送特性を得ることができる(前述)。

#### 【0088】

各差動伝送線路502a、502bから給電点504、505に流れ込んだ進行波は、それぞれ分岐して終端抵抗606a、506b若しくは507a、507b、507c、507dに向かって進行する。このように図11A並びに図12Aに示したように送信アンテナのスロット伝送線路に沿って進行波が伝わると、図4で示した例と同様に、スロット伝送線路をほぼ同心円状に取り巻く電界が発生する。送信アンテナのスロット伝送線路に沿って伝わる2組の進行波から漏れ出た近傍界の電界と磁界は、受信アンテナのスロット伝送線路521に到達すると、電磁結合作用によって、上記の進行波に対し順方向並びに逆方向にスロット伝送線路521上を伝搬するそれぞれ2組の進行波を誘起する。順方向に伝わる進行波の振幅と比較して、逆方向に伝わる進行波すなわちリターン電流の振幅

10

20

30

40

50

が大きく、支配的になる（同上）。

#### 【0089】

図11B並びに図12Bに示すように、スロット伝送線路521に誘起された2組のリターン電流は、各給電点522、523においてそれぞれ合成されて1対の差動信号となる。そして、この差動信号は、スルーホール並びにマイクロストリップ伝送線路525a、525bを介して受信IC526に到達する。受信アンテナには終端抵抗を設けていないので、受信信号の電力が熱として損なわれることなく、良好な受信感度を実現することができる。

#### 【0090】

本発明に係る通信システムでは、アンテナ電極と接地導体との間に環状スロット線路を有するアンテナ装置を送受信アンテナとするが、広帯域な特性を有する伝送線路自体を非接触データ転送用アンテナとして用いることにより、デジタル・ベースバンド信号をそのまま伝送することができるという効果がある。他方、スロット・アンテナ自体は当業界において周知である。そこで、最後に、本発明で用いるアンテナ装置との相違について言及しておく。

#### 【0091】

一般に、無限導体板に長さ $L$ 並びに幅 $W$ 、( $L \gg W$ )の切り込みを入れ、スロットの幅の狭い方に高周波電源を繋いだものをスロット・アンテナと言ひ、ダイポール・アンテナとは補対関係にある。このようなスロット・アンテナは、長さ $L$ によって決まるある特定の周波数に対して共振し、平面波を送出し、あるいは受信するアンテナとして動作する（例えば、新井宏之著「新アンテナ工学－移動通信時代のアンテナ技術－」総合電子出版社、2001年9月10日、第3版、第55乃至57ページを参照のこと）。

#### 【0092】

また、導体板に環状のスロットを設けたスロット・アンテナについては、既に幾つか提案されているが、主に、特定周波数（狭帯域）の円偏波を送出、受信する目的で用いられる（例えば、特許第2646273号公報、特許第3247140号公報を参照のこと）。これらのアンテナでは、円形スロット線路に給電点と摂動素子を設け、給電点から見て時計回り又は反時計回り方向の摂動素子までのスロット線路長が半波長となる周波数の $TE_{10}$ 波に対して定在波を発生させ、その電界成分と、左旋円偏波又は右旋円偏波の電界成分との変換により平面波としての電波の送出、受信が行なわれている。したがって、この種の環状スロット・アンテナは、共振型の狭帯域特性を示す。

#### 【0093】

これに対し、本発明に係る通信システムでは、2つのスロット・アンテナを近接対向して配置し、送信アンテナのスロット伝送線路に沿って進行する $TE_{10}$ 波の近傍電界成分並びに近傍磁界成分を、直接受信アンテナのスロット伝送線路に結合させるようにしており、共振型のアンテナとは相違する。ここで、環状スロットにはその中央を挟むように2つの給電点が設けられているが、これら給電点間のスロット線路長は時計回りと反時計回りではほぼ等しく、送受信アンテナ間の信号伝送にとって等しい役割を果たしている。また、スルーホールを介したスロット伝送線路とマイクロストリップ伝送線路の接続は、インピーダンス不整合が小さいため反射が小さく、定在波の発生を抑えることが可能であることから、広帯域特性を実現することができる。

#### 【0094】

したがって、本発明に係る通信システムによれば、広帯域な周波数成分を含むパルス信号を利用したデジタル・ベースバンド信号を、近距離ではあるが非接触にて直接転送することが可能となり、従来の変復調を用いた通信方式と比較して、圧倒的な高速化を容易に図ることが可能となる訳である。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0095】

以上、特定の実施形態を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施形態の修正や代用を成し得ることは自明

10

20

30

40

50

である。

【0096】

本発明に係る通信システムは、例えば、A V機器とテレビ、またはコンピュータとディスプレイ（プロジェクタ）を繋ぐケーブルのコネクタを非接触化するようなアプリケーションが可能となる。これにより、筐体に電気的コネクタを露出させる必要がなくなり、機器の耐水耐久性、デザイン性を向上させることができる。また、マグネットによる着脱機構との併用など工夫を加えると、ケーブルの取り回しを容易にしてユーザーの利便性を向上させる、ケーブルを引っ掛けた場合などに機器の転倒を防ぐ等の安全性を向上させるという効果を生むことができる。

【0097】

要するに、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、本明細書の記載内容を限定的に解釈するべきではない。本発明の要旨を判断するためには、特許請求の範囲を参酌すべきである。

【図面の簡単な説明】

【0098】

【図1】図1は、本発明の一実施形態に係る通信システムの構成例を示した図である。

【図2】図2は、受信基板120側の変形例を説明するための図である。

【図3A】図3Aは、図1に示した通信システムで使用されるアンテナの動作原理を説明するための図であり、具体的には、給電線200が給電点202においてスルーホールを介してスロット伝送線路203にほぼ直角に接続されている送信アンテナの構造を示した図である。

【図3B】図3Bは、図1に示した通信システムで使用されるアンテナの動作原理を説明するための図であり、具体的には、送信アンテナ側で、マイクロストリップ伝送線路200から流れ込む準TE波201が給電点202で互いに逆方向に進行する2つのTE<sub>10</sub>モードの進行波に変換される様子を示した図である。

【図3C】図3Cは、図1に示した通信システムで使用されるアンテナの動作原理を説明するための図であり、具体的には、送信アンテナ側でスロット伝送線路上を伝搬する進行波から漏れ出る近傍電磁界の電磁結合作用によって受信アンテナ側のスロット伝送線路上に誘起される進行波の様子を示した図である。

【図4】図4は、図1に示した通信システムで使用されるアンテナの動作原理を説明するための図であり、具体的には、近接対向して配置された送信アンテナと受信アンテナの間で発生する近傍電界の様子を示した図である。

【図5A】図5Aは、図1に示した通信システムにおける非接触デジタル・データ転送の原理を説明するための図であり、具体的には、送信機及び受信機の構成を模式的に示した図である。

【図5B】図5Bは、図1に示した通信システムにおける非接触デジタル・データ転送の原理を説明するための図であり、具体的には、デジタル・ベースバンド信号からなる送信データと、これに対応する受信信号、並びに受信信号から取り出される受信データを例示した図である。

【図6A】図6Aは、アンテナ電極と接地導体の間に環状スロット伝送線路を有するスロット・アンテナの動作確認結果を示した図であり、具体的には、測定時における送信アンテナ及び受信アンテナの配置を示した図である。

【図6B】図6Bは、アンテナ電極と接地導体の間に環状スロット伝送線路を有するスロット・アンテナの動作確認結果を示した図であり、具体的には、図6Aに示した送信アンテナのポート703への入力ステップ波形を示した図である。

【図7A】図7Aは、アンテナ電極と接地導体の間に環状スロット伝送線路を有するスロット・アンテナの動作確認結果を示した図であり、具体的には、4層FR4基板を用いて試作したアンテナ基板の構成例を示した図である。

【図7B】図7Bは、アンテナ電極と接地導体の間に環状スロット伝送線路を有するスロット・アンテナの動作確認結果を示した図であり、具体的には、図7Aに示した試作品に

10

20

30

40

50

における受信アンテナ 7 1 2 での前方出力波形を示した図である。

【図 7 C】図 7 C は、アンテナ電極と接地導体の間に環状スロット伝送線路を有するスロット・アンテナの動作確認結果を示した図であり、具体的には、図 7 A に示した試作品における受信アンテナ 7 1 2 での後方出力波形を示した図である。

【図 8 A】図 8 A は、アンテナ電極と接地導体の間に環状スロット伝送線路を有するスロット・アンテナの動作確認結果を示した図であり、具体的には、4 層 F R 4 基板を用いて試作したアンテナ基板の構成例を示した図である。

【図 8 B】図 8 B は、アンテナ電極と接地導体の間に環状スロット伝送線路を有するスロット・アンテナの動作確認結果を示した図であり、具体的には、図 8 A に示した試作品における受信アンテナ 7 1 2 での前方出力波形を示した図である。

10

【図 8 C】図 8 C は、アンテナ電極と接地導体の間に環状スロット伝送線路を有するスロット・アンテナの動作確認結果を示した図であり、具体的には、図 8 A に示した試作品における受信アンテナ 7 1 2 での後方出力波形を示した図である。

【図 9】図 9 は、本発明の他の実施形態に係る通信システムの構成例を示した図である。

【図 10】図 10 は、図 9 に示した通信システムの送信基板の変形例を示した図である。

【図 11 A】図 11 A は、図 9 に示した通信システムにおいて、送信アンテナを進行する進行波の様子を示した図である。

【図 11 B】図 11 B は、図 9 に示した通信システムにおいて、受信アンテナを進行する進行波の様子を示した図である。

【図 12 A】図 12 A は、図 10 に示した通信システムにおいて、送信アンテナを進行する進行波の様子を示した図である。

20

【図 12 B】図 12 B は、図 10 に示した通信システムにおいて、受信アンテナを進行する進行波の様子を示した図である。

【符号の説明】

【0099】

- 100…送信基板
- 102…環状スロット
- 103…スロット・アンテナ
- 105…給電線（マイクロストリップ伝送線路）
- 106…送信 IC
- 107、108…給電点
- 109…終端抵抗
- 120…受信基板
- 122…環状スロット
- 123…スロット・アンテナ
- 125…給電線（マイクロストリップ伝送線路）
- 126…受信 IC
- 127、128…給電点
- 129…終端抵抗
- 200、207…マイクロストリップ伝送線路
- 202、206…給電点
- 203…スロット伝送線路
- 300…スロット伝送線路（送信アンテナ側）
- 303…スロット伝送線路（受信アンテナ側）
- 500…送信基板
- 501…送信 IC
- 502 a、502 b…差動伝送線路
- 503 a、503 b…アンテナ電極
- 504、505…給電点
- 506 a、506 b…終端抵抗

30

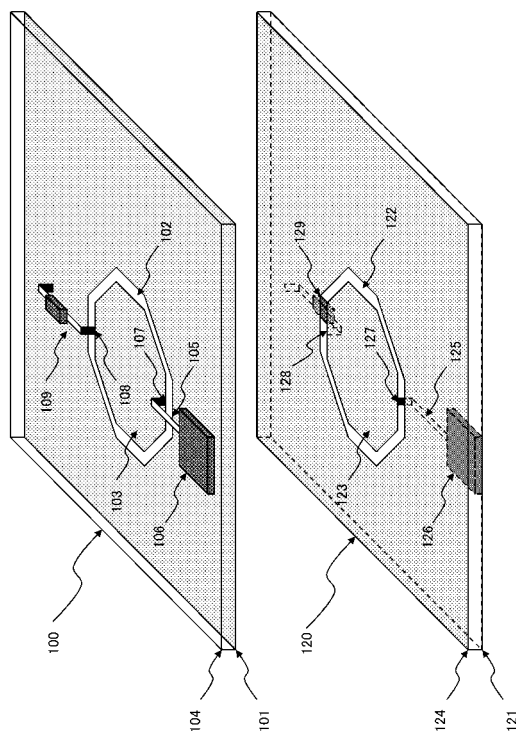
40

50

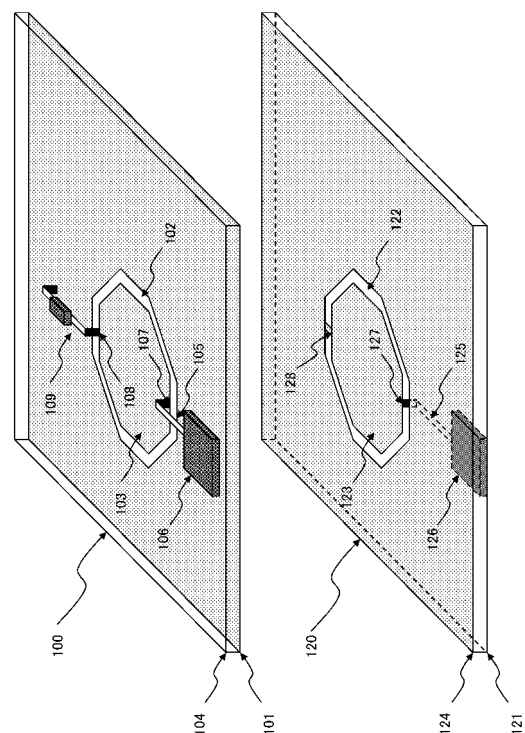
507a、507b、507c、507d…終端抵抗  
 520…受信基板  
 521…スロット・アンテナ  
 522、523…給電点  
 525a、525b…マイクロストリップ伝送線路  
 526…受信IC  
 700…送信基板  
 701…給電線  
 702…送信アンテナ  
 703、704…ポート  
 710…受信基板  
 711…給電線  
 712…受信アンテナ  
 713、714…ポート

10

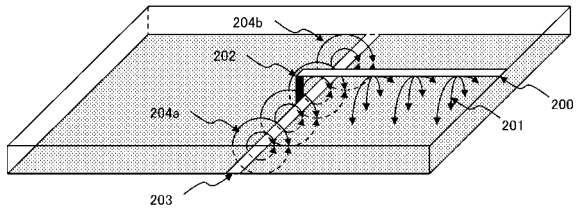
【図1】



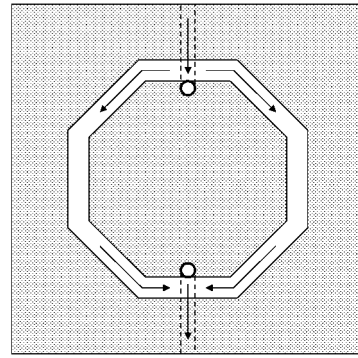
【図2】



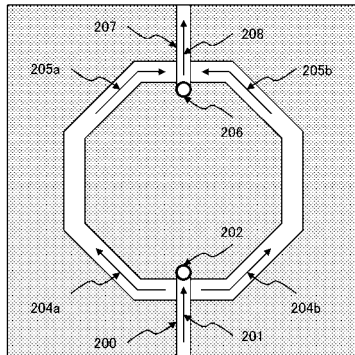
【図 3 A】



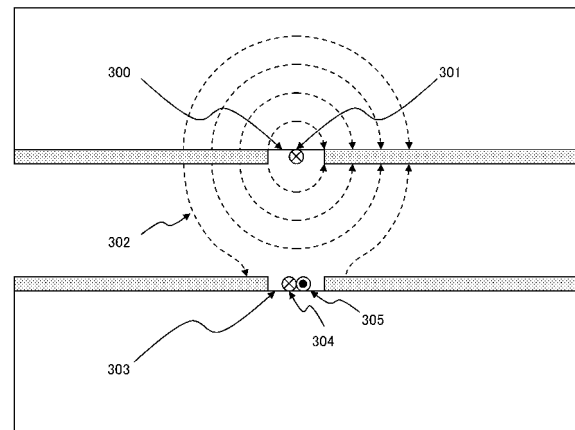
【図 3 C】



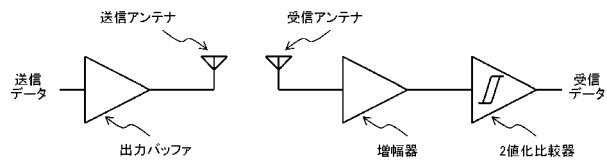
【図 3 B】



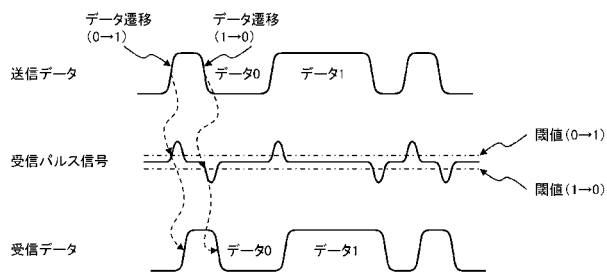
【図 4】



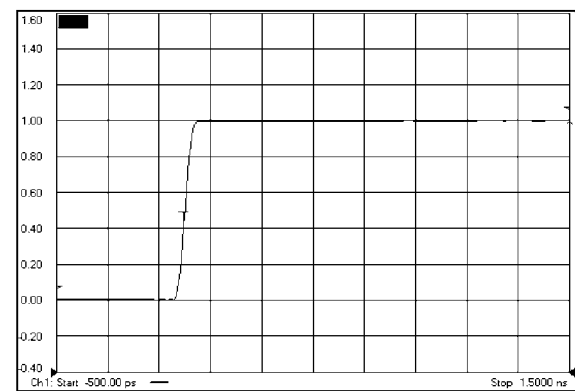
【図 5 A】



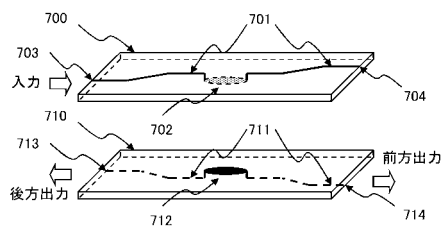
【図 5 B】



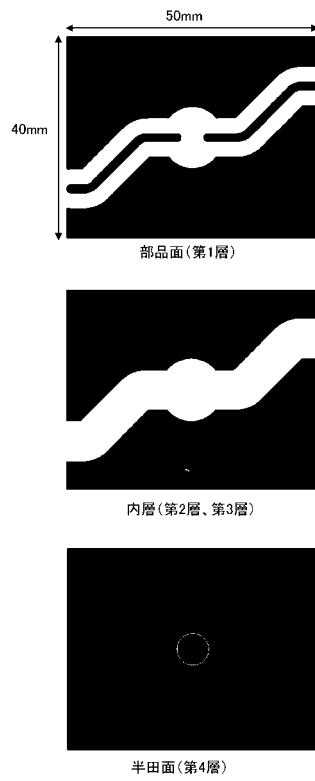
【図 6 B】



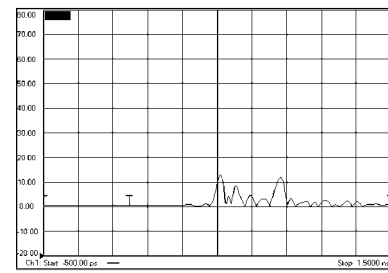
【図 6 A】



【図 7 A】



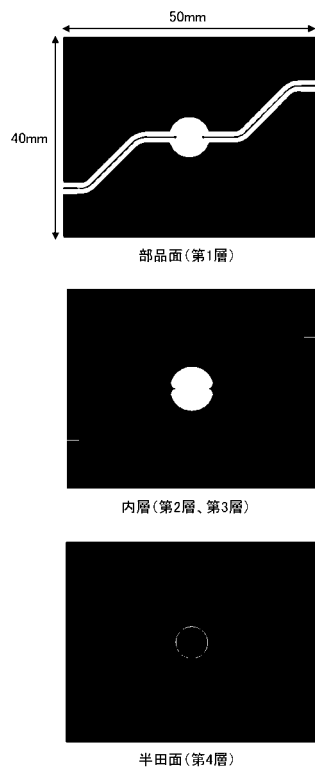
【図 7 B】



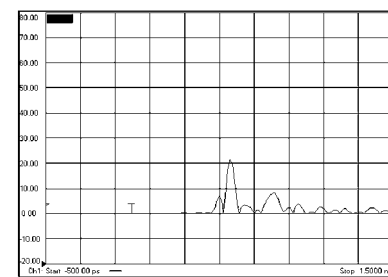
【図 7 C】



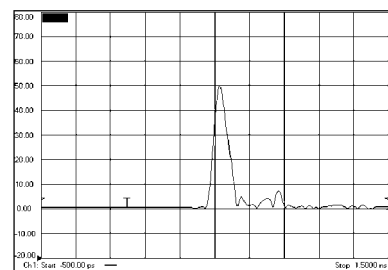
【図 8 A】



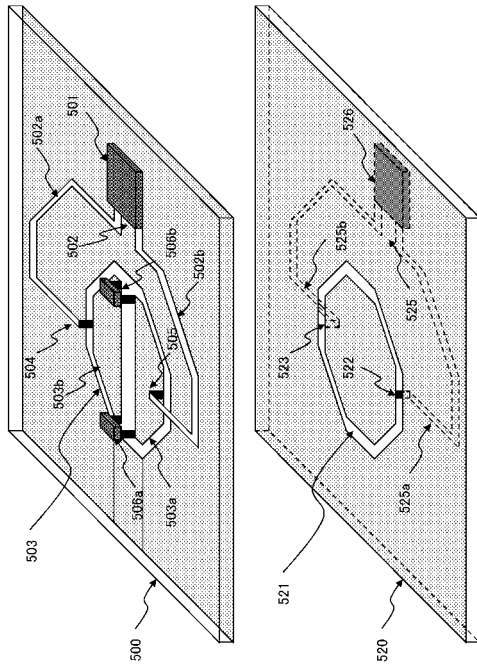
【図 8 B】



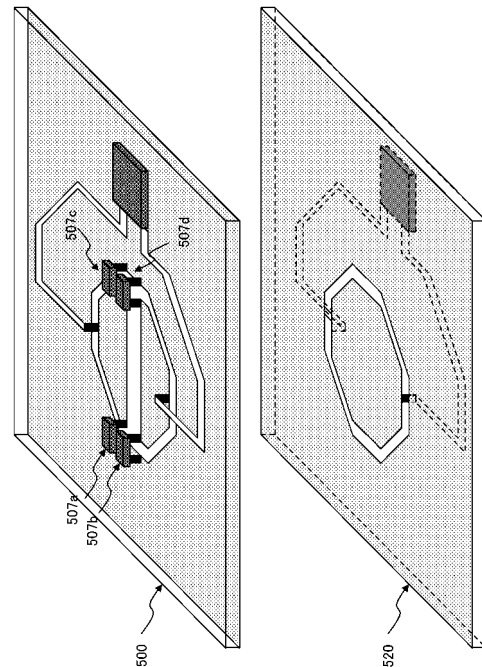
【図 8 C】



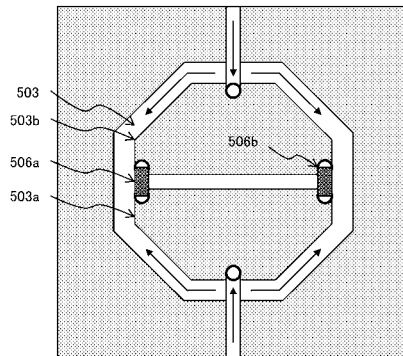
【図 9】



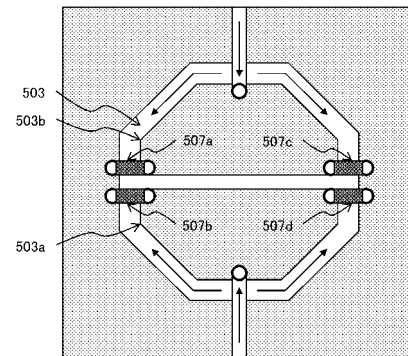
【図 10】



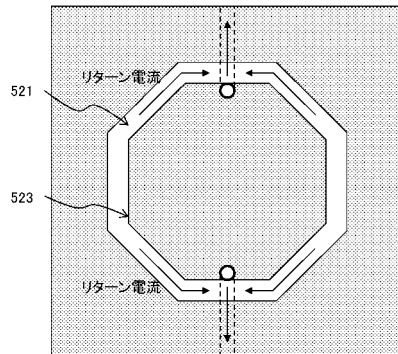
【図 11 A】



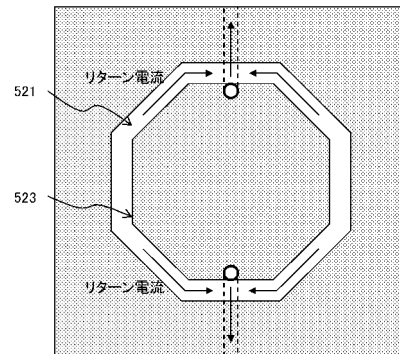
【図 12 A】



【図 11 B】



【図 12 B】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 藤井 建行  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 大島 悟  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 柿岡 秀信  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 石井 克典  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 佐藤 当秀

- (56)参考文献 特開2007-251394 (JP, A)  
特公昭38-013455 (JP, B1)  
特開平06-029725 (JP, A)  
特開2005-228981 (JP, A)  
特開平04-160801 (JP, A)  
特開2002-271133 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |        |       |
|------|--------|-------|
| H01L | 25/00- | 25/18 |
| H01P | 5/08   |       |
| H01Q | 13/08  |       |
| H01Q | 13/10  |       |
| H04B | 5/02   |       |