

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012年8月23日(23.08.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/111639 A1

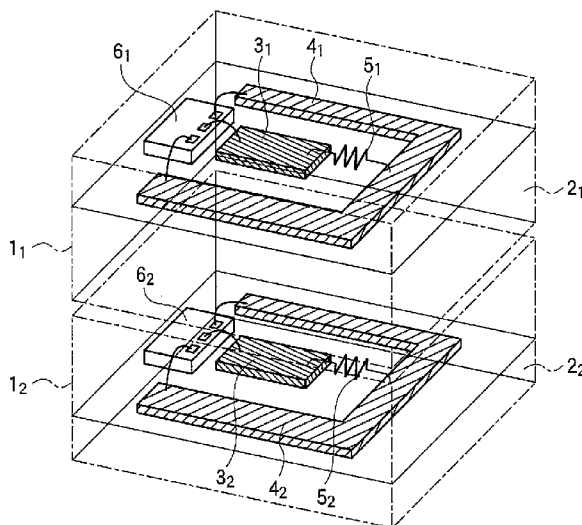
- (51) 国際特許分類:
H04B 5/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/053318
- (22) 国際出願日: 2012年2月14日(14.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-032886 2011年2月18日(18.02.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 学校法人 慶應義塾(KEIO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒1088345 東京都港区三田二丁目15番45号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 黒田 忠弘 (KURODA Tadahiro) [JP/JP]; 〒2238522 神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学理工学部内 Kanagawa (JP). 石黒 仁揮 (ISHIKURO Hiroki) [JP/JP]; 〒2238522 神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学理工学部内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 眞鍋 潔, 外(MANABE Kiyoshi et al.); 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜2丁目3番3号 新横浜ウエストビル3階 Kanagawa (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: INTER-MODULE COMMUNICATION DEVICE

(54) 発明の名称: モジュール間通信装置

[図1]



(57) Abstract: The present invention relates to an inter-module communication device, whereby reflections are greatly reduced and speed and bandwidth of communications channels are increased even beyond inductive coupling. When layering modules comprising signal lines and feedback signal lines which are terminated with terminal members and coupling between the signal lines and the feedback signal lines using capacitive coupling and inductive coupling, the impedance of the terminal members is treated as coupling impedance which reflects the proximity effect when the modules are in a coupled state.

(57) 要約: モジュール間通信装置に関し、反射をより少なくして、通信チャネルを誘導結合よりも高速・広帯域にする。終端部材で終端された信号線路と帰還信号線路とを備えたモジュールを積層して信号線路同士及び帰還信号線路同士の間で容量結合および誘導結合を用いて結合する際に、終端部材のインピーダンスを、モジュール同士の結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスとする。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

— 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第 19 条(1))

明 細 書

発明の名称： モジュール間通信装置

技術分野

[0001] 本発明は、モジュール間通信装置に関するものであり、例えば、近接したモジュール間の無線データ通信を高速で行うための構成に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、メモリカードとPCとの間で非接触でデータ通信行う等の複数のモジュールが近接した際に高速に無線データ通信できるモジュール間通信装置が開発されている。このようなモジュール間通信装置としては、その他に、半導体集積回路チップを封印したパッケージを複数積層したPOP（パッケージオンパッケージ）において、パッケージ越しに無線で半導体集積回路チップ間通信することも期待される。

[0003] 本発明者は、プリント基板（Printed Circuit Board；PCB）や半導体集積回路チップの配線により形成されるコイルの誘導結合、即ち、磁界結合を用いて、実装基板間や半導体集積回路チップ間でデータ通信を行う電子回路を提案している（例えば、非特許文献1乃至非特許文献3参照）。

[0004] 非特許文献1によれば、パッケージの中に封印された半導体集積回路チップの配線で形成されたコイルとパッケージ表面に装着されたフレキシブルプリント基板（Flexible Printed Circuits；FPC）のコイルによる誘導結合を用いて、パッケージに封印された半導体集積回路チップ内のデータをパッケージの外から検知して、半導体集積回路チップや半導体集積回路チップで構成されるシステムの評価やデバッグに用いることができる。

[0005] また、非特許文献2によれば、1つのパッケージの中に積層実装されたプロセッサ半導体集積回路チップとメモリ半導体集積回路チップがそれぞれの

半導体集積回路チップの配線で形成されたコイル対による誘導結合を用いて両者の間で高速に通信できる。この技術を応用すれば、プロセッサを実装したパッケージとメモリを実装したパッケージが積層実装された状態で、パッケージに形成されたコイルの誘導結合を用いた無線データ通信により、プロセッサがメモリにデータを読み書きすることができる。

[0006] また、非特許文献3によれば、プリント基板上のコイル対による誘導結合を用いて、メモリカードとPCが非接触でデータ通信できる。

[0007] 一方、マイクロストリップラインやバスラインを近接結合させて、容量結合及び誘導結合を利用してデータを無線通信することも提案されている（例えば、特許文献1乃至特許文献7参照）。特許文献1によれば、平行に配置した二本の伝送線路からなる差動伝送線路を互いに同一方向に平行に配置して、2つのモジュール間を無線通信することができる。

[0008] また、特許文献2によると、移動可能なドライバステージを結合要素を介して2つの対称的に配置された導体と電磁結合或いは容量結合することで、双方向伝送システムを構築することができる。

[0009] また、特許文献3によると、グランドプレーン上に誘電体膜を介して配置した二本のマイクロストリップラインを方向性結合器として用いて、二本のマイクロストリップラインに差動信号を入力して、2つのモジュール間で無線通信することができる。

[0010] また、特許文献4乃至特許文献7によると、2本のバス配線の一部を並行して配置することで、容量結合及び誘導結合により複数のプリント回路基板間で無線通信を行うことができる。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特開2008-278290号公報

特許文献2：特表2003-533130号公報

特許文献3：特開2007-049422号公報

特許文献4：特開平07-141079号公報

特許文献5：特開2001-027918号公報

特許文献6：特開2002-123345号公報

特許文献7：特開2004-318451号公報

非特許文献

[0012] 非特許文献1：H. Ishikuro, T. Sugahara, and T. Kuroda, "An Attachable Wireless Chip Access Interface for Arbitrary Data Rate by Using Pulse-Based Inductive-Coupling through LSI Package", IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC '07), Dig. Tech. Papers, pp. 360-361, 608, Feb. 2007

非特許文献2：K. Niitsu, Y. Shimazaki, Y. Sugimori, Y. Kohama, K. Kasuga, I. Nonomura, M. Saen, S. Komatsu, K. Osada, N. Irie, T. Hattori, A. Hasegawa, and T. Kuroda, "An Inductive-Coupling Link for 3D Integration of a 90nm CMOS Processor and a 65nm CMOS SRAM", IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC '09), Dig. Tech. Papers, pp. 480-481, Feb. 2009

非特許文献3：S. Kawai, H. Ishikuro, and T. Kuroda, "A 2.5Gb/s/ch Inductive-Coupling Transceiver for Non-Contact Memory Card", IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC '10), Dig. Tech. Papers, pp. 264-265, Feb. 2010

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0013] コイルを用いた磁界結合の場合、モジュール間或いは半導体集積回路チップ間無線データ通信に用いるコイルには、通常のコイルと同様に、インダクタンス L の他にキャパシタンス C が寄生するので、ある周波数、即ち、自己共振周波数で L C 共振する。通信で使われる信号の周波数がこの自己共振周波数に近づくと、信号が変化した後もしばらくは揺れ続けるために高速で通信するとシンボル間干渉を生じて、信頼性の高い通信ができないという問題がある。
- [0014] コイルの誘導結合で実現できる通信速度の上限は、コイルの自己共振周波数のおよそ $1/3 \sim 1/2$ 程度である。コイルの自己共振周波数は、コイルの L C 積の平方根に逆比例する。通信距離が遠くなるほど大きなコイルが必要になるので、 C が大きくなり、自己共振周波数が下がる。
- [0015] 積層された半導体集積回路チップ間の通信の場合は、例えば通信距離が $50 \mu\text{m}$ 程度なので、コイルの直径はその2倍の $100 \mu\text{m}$ 程度である。この場合はチャネルの帯域は 10GHz 以上になり、通信速度は送受信器の回路で決まる。
- [0016] しかし、モジュール間の通信になると通信距離が長くなる。例えば、通信距離が 1mm の場合は、直径が 1mm 程度のコイルが必要になり、 PCB 上のコイルの自己共振周波数は 3GHz 程度になるので、通信速度は通信チャネルで決まり、 1Gb/s （毎秒 1G ビット）程度が上限になる。
- [0017] したがって、 4Gb/s の通信速度を実現するためには、4組のコイルを図39のように配置して4つの通信路を並列に使い、平行通信しなければならない。この時、隣接通信路間でクロストークを生じないように、コイルは一定の距離を離して配置される。なお、図における、 T_x 及び R_x はそれぞれ送信回路及び受信回路である。
- [0018] ここで、送受信器を備えた集積回路とコイルとの間の配線長が揃わなかったり、或いは、送受信器の特性がばらつくと、図39に示す信号波形に示す

ように、各チャネルで受信された信号のタイミングが揃わずに信号スキューが発生して信号の同期が困難になる。

[0019] 通信距離が遠くなりコイルが大きくなるほど、また、通信速度が速くなりコイルの数が増えるほど、コイルと集積回路の配線は長くなるので信号遅延も大きくなる。たとえ配線長を等しく揃えても、集積回路やコイルの製造ばらつきによる信号遅延のばらつきは大きくなる。このように、従来のパラレル通信では通信チャネルの並列数に上限があり、通信チャネルの高速化が課題であった。

[0020] また、送受信器を備えた集積回路をコイルの近くに設置できない場合は、両者を伝送線路で接続しなければならない。このとき、伝送線路のインピーダンス（特性インピーダンスと呼ぶ）は信号帯域で大きく変化しないが、コイルのインピーダンスは周波数に比例して変化する。したがって、両者の接続点でインピーダンスを整合させることが困難であり、信号が反射して信号品質が劣化し、信頼性の高い通信ができない。

[0021] 例えば、 4 Gb/s でデジタル信号を伝送するためには、典型的には信号の立上り時間や立下り時間を 50 ps 程度に設計する。このデジタル信号には $1/(2 \times 50\text{ ps}) = 10\text{ GHz}$ までの周波成分が含まれているので、信号周期 ($1/10\text{ G} = 100\text{ ps}$) に比べて十分に短くない、例えば、 $1/40$ より大きい遅延、即ち、 $100\text{ ps}/40 = 2.5\text{ ps}$ の遅延を生じる距離を信号伝送させるときは、伝送線路としての扱いが必要になる。

[0022] 真空中を伝播する 10 GHz の信号の波長は 30 mm であるので、 2.5 ps の遅延は $(30\text{ mm}/100\text{ ps}) \times 2.5\text{ ps} = 0.75\text{ mm}$ の距離に対応する。実際には、比誘電率が4程度の耐燃性ガラス基材エポキシ樹脂積層板 FR4 では波長短縮効果により伝播速度が半分になるので、 2.5 ps の遅延は $0.75\text{ mm}/2 = 0.37\text{ mm}$ に対応する。

[0023] つまり、約 0.4 mm より長い距離の場合には伝送線路としての扱いが必要になり、インピーダンスの整合が必要になる。即ち、コイルの誘導結合を通信路に用いた従来技術では、送受信器を備えた集積回路をコイルから $0.$

4 mm以内に設置する必要があった。しかし、直径が1 mmのコイルをクロストークしないように離して配置した上に0.4 mm以内に接続できるのは、せいぜい4つのコイルまでで、それ以上のコイルとの接続は困難になる。さらに、機器の設計制約上、集積回路装置を離れたところに配置したいことは多々ある。

[0024] 一方、マイクロストリップラインを近接配置して容量結合及び誘導結合により無線通信を行う方式の場合に、インピーダンス整合について十分に考慮されていないため、信号に反射が生じるという問題がある。

[0025] 即ち、本発明者は、鋭意研究の結果、2つのモジュールが近接すると、伝送線路のインピーダンスは近接効果により他方の伝送線路の影響を受け、単体の伝送線路の特性インピーダンス Z_0 と異なる値になり、このようなインピーダンスの変化が無視できないとの結論に至った。

[0026] 2つのモジュールが近づくほど近接効果が大きくなり、伝送線路のインピーダンスはより小さくなる。このような結合状態にある伝送線路のインピーダンスを考慮してインピーダンス整合を取らないと、2つ或いはそれ以上のモジュールを近接配置して無線通信を行うと障害が発生することになる。本明細書ではこのような結合状態にある伝送線路のインピーダンスを結合系インピーダンスと呼び $Z_{0-coupled}$ で表す。

[0027] また、特許文献1の場合には、結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ を全く考慮しておらず、単体の伝送線路の特性インピーダンス Z_0 しか考慮していないので、信号の反射が発生して高速通信が困難になるという問題がある。なお、シングル伝送の構成でも良い旨の言及もされているが、具体的構成は全く開示されていない。

[0028] また、特許文献3の場合にも、結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ は勿論のこと、全くインピーダンス整合については特別の注意を払っていないので、信号の反射が発生して高速通信が困難になるという問題がある。また、2つのモジュールを互いに同じ向きに平行に配置しているが、グランドプレーンを用いているので、互いに向かい合わせる必要があり、向かい合わせる際の位置

合わせ精度も問題になる。また、グランドプレーンを用いているので、3個以上のモジュールを積層することができないという問題もある。さらに、特許文献3の場合には、データをキャリア信号を用いて変調して通信しているので、送受信回路の構成が複雑化するという問題もある。

[0029] さらに、特許文献4乃至特許文献7の場合にも、結合系インピーダンス Z_{0-c} _{coupled} を全く考慮しておらず、単体の伝送線路の特性インピーダンス Z_0 しか考慮していないので、信号の反射が発生して高速通信が困難になるという問題がある。また、具体的構成がバス配線とプリント回路基板に関するものであり、バス配線とプリント回路基板を用いて同一基板上に結合器が構成されているので、2つのモジュール間の通信に対応することができないという問題がある。

[0030] したがって、本発明は、結合系インピーダンスとして整合を取ることで、反射をより少なくして、通信チャネルを誘導結合よりも高速（広帯域）にすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0031] (1) 上記の課題を解決するために、本発明は、モジュール間通信装置において、特性インピーダンスが Z_{01} のインピーダンスを有する第1信号線路と、前記第1信号線路の帰還経路を提供する第1帰還信号線路と前記第1信号線路と前記第1帰還信号線路とを終端する第1終端部材と、送受信回路を備えた第1半導体集積回路装置とを少なくとも有する第1モジュールと、特性インピーダンスが Z_{02} のインピーダンスを有する第2信号線路と、前記第2信号線路の帰還経路を提供する第2帰還信号線路と前記第2信号線路と前記第2帰還信号線路とを終端する第2終端部材と、送受信回路を備えた第2半導体集積回路装置とを少なくとも有する第2モジュールとを、互いに対向させて近接配置されるとともに、前記第1終端部材及び前記第2終端部材のインピーダンスが、前記 Z_{01} 及び Z_{02} とは異なる前記第1モジュールと前記第2モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスであることを特徴とする。

[0032] このように、各モジュールに、第1モジュールと第2モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスを有する終端部材を用いているので、信号の反射を効果的になくすることができる。また、キャリア信号を用いて変調することなく、ベースバンドで通信しているので、より簡単な構成により高速通信が可能になる。

[0033] (2) また、本発明は、上記(1)において、前記第1信号線路が、第1絶縁性基板上に設けられた信号波長の $1/10$ 以上の長さを有する信号線路であり、前記第1半導体集積回路装置が前記第1信号線路と前記第1帰還信号線路とに接続され、前記第2信号線路が、第2絶縁性基板上に設けられた信号波長の $1/10$ 以上の長さを有する信号線路であり、前記第2半導体集積回路装置が、前記第2信号線路と前記第2帰還信号線路とに接続され、前記第1信号線路と前記第2信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、且つ、前記第1帰還信号線路と前記第2帰還信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、前記第1信号線路と前記第2信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて信号結合が生じ、前記第1帰還信号線路と第2帰還信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて帰還信号結合が生じ、前記信号結合によって前記第2信号線路に前記第1信号線路の信号が伝送されるように積層することを特徴とする。

[0034] (3) また、本発明は、上記(2)において、前記帰還信号結合が前記信号結合と同じもしくはそれよりも強いことを特徴とする。このように、前記帰還信号結合が前記信号結合と同じもしくはそれよりも強くなるように設定することによって、結合伝送線路の偶モードインピーダンスおよび奇モードインピーダンスが明確に規定され、実際の使用条件下ではこれらのインピーダンスが大きく変動することがないので、終端処理が容易になる。

[0035] (4) また、本発明は、上記(2)において、前記第1帰還信号線路が前記第1信号線路に対してコプレーナ構造を形成し、前記第2帰還信号線路が前記第2信号線路に対してコプレーナ構造を形成することを特徴とする。このように、帰還信号線路を信号線路に対してコプレーナ構造にすることにより

ノイズ耐性を高めることができる。

[0036] (5) また、本発明は、上記(4)において、前記第1帰還信号線路が前記第1信号線路の両側に対して対称構造を有し、前記第2帰還信号線路が前記第2信号線路の両側に対して対称構造を有することを特徴とする。このように、帰還信号線路を信号線路に対して対称構造にすることによって、同相ノイズ除去比が高まり、ノイズ耐性をより高めることができる。

[0037] (6) また、本発明は、上記(2)において、前記第1絶縁性基板の前記第1信号線路を配置した面と反対側の面に第1電磁シールド層を有し、前記第2絶縁性基板の前記第2信号線路を配置した面と反対側の面に第2電磁シールド層を有することを特徴とする。このように電磁シールド層を設けることによって、外部から電磁界ノイズが侵入することを低減することができ、それによって、ノイズ耐性をより高めることができる。

[0038] (7) また、本発明は、上記(2)において、前記第1信号線路と前記第2信号線路との間隔或いは前記第1信号線路と前記第2信号線路との重なり幅のいずれかが信号の伝搬方向で異なることにより前記第1信号線路と前記第2信号線路との結合状態が前記信号の伝搬方向で異なることを特徴とする。

[0039] このように、第1信号線路と第2信号線路との結合状態を信号の伝搬方向で異なるようにすることで、信号線路の結合係数の周波数特性を平坦にし、広帯域な結合器を実現することができる。

[0040] (8) また、本発明は、上記(2)において、前記第1モジュール或いは第2モジュールの一方が、前記第1信号線路或いは第2信号線路に対して、ダミー結合器を挟んで、第3信号線路及び前記第3信号線路の帰還経路を提供する第3帰還信号線路とを有し、前記第3信号線路と前記第3帰還信号線路とを終端する第3終端部材と、前記第3信号線路と前記第3帰還信号線路とに接続された送受信回路を備えた第3半導体集積回路装置とを有することを特徴とする。

[0041] このように、一方のモジュールに2組の信号線路と帰還信号線路との対を

設けることで、１つの伝送線路で複数に分岐した結合通信を実現することができる。

[0042] (９) また、本発明は、上記(２)において、前記第１信号線路が、前記第１モジュールと前記第２モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスを有する第１引き出し用伝送線路を介して前記第１半導体集積回路装置と接続し、前記第２信号線路が、前記結合系インピーダンスを有する第２引き出し用伝送線路を介して前記第２半導体集積回路装置と接続していることを特徴とする。

[0043] このように、引き出し用伝送線路を設けることによって、半導体集積回装置を信号線路から離れた位置に配置することができ、設計自由度が増す。

[0044] (１０) また、本発明は、上記(９)において、前記第１絶縁性基板の前記第１信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第１信号線路に対向する部分が欠落部となっている第１のプレーンを有し、前記第２絶縁性基板の前記第２信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第２信号線路に対向する部分が欠落部となっている第２のプレーンを有することを特徴とする。

[0045] このように、プレーン、典型的にはグラウンドプレーンを設けた場合には、少なくとも第１信号線路及び第２信号線路に対向する部分を欠落部とすることによって、結合器の配線間に電気力線を集中させることができ、結合器の結合度を上げることができる。

[0046] (１１) また、本発明は、上記(９)において、前記第１信号線路の線幅が、前記第１引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しく、前記第２信号線路の線幅が、前記第２引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする。このような線幅の関係に設定することによって、結合器の結合度を大きくすることができる。

[0047] (１２) また、本発明は、上記(９)において、前記第１信号線路と前記第２信号線路が積層方向からみて互いに整列した状態において、前記第１引き出し用伝送線路と前記第２引き出し用伝送線路とが互いに異なった方向に延

在していることを特徴とする。このように、引き出し用伝送線路を異なった方向に引き出すことによって、引き出し用伝送線路間の結合を弱くすると、引き出し用伝送線路の結合系インピーダンスは特性インピーダンスと等しくなるので、モジュール間の距離の変動の影響を受けずにインピーダンスを設計することができる。

[0048] (13) また、本発明は、上記(9)において、前記第1引き出し用伝送線路と前記第2引き出し用伝送線路との対向間隔が、前記第1信号線路と前記第2信号線路との対向間隔より広いことを特徴とする。このような構成を採用することによって、引き出し用伝送線路間の結合を弱くすることができる。

[0049] (14) また、本発明は、上記(9)において、前記第1絶縁性基板の前記第1引き出し用伝送線路を配置した面と反対の面であって、前記第2モジュールに対向する面に、前記第1引き出し用伝送線路をシールドする第1補助電磁シールド層を有することを特徴とする。このような構成を採用することによって、引き出し用伝送線路間の結合を弱くすることができる。

[0050] (15) また、本発明は、上記(9)において、前記第1信号線路と前記第1引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなり、前記第2信号線路と前記第2引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなることを特徴とする。このような構成により、インピーダンスの急激な変化がなくなるので、インピーダンスをほぼ均一にすることができ、それによって、反射が低減できるので、より広帯域な結合器を実現することができる。

[0051] (16) また、本発明は、上記(9)において、前記第1信号線路の前記第1引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第1インピーダンス調整用伝送線路を有し、前記第1インピーダンス調整用伝送線路に、第1インピーダンス整合回路が接続され、前記第2信号線路の前記第2引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第2インピーダンス調整用伝送線路を有し、前記第2インピーダンス調整用伝送線路に、第2インピーダンス整合回路が接続されていることを特徴とする。

- [0052] このように、インピーダンス調整用伝送線路とインピーダンス整合回路を設けることによって、結合線路のインピーダンスの製造ばらつきがあっても或いは線路間距離の変動があってもインピーダンス整合を精度良く取ることができ、それによって、信号の反射を防ぎ高速通信が可能になる。
- [0053] (17) また、本発明は、上記(16)において、前記第1絶縁性基板の前記第1信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第1信号線路に対向する部分が欠落部となっている第1のプレーンを有し、前記第2絶縁性基板の前記第2信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第2信号線路に対向する部分が欠落部となっている第2のプレーンを有することを特徴とする。
- [0054] このように、プレーン、典型的にはグランドプレーンを設けた場合には、少なくとも第1信号線路及び第2信号線路に対向する部分を欠落部とすることによって、結合器の配線間に電気力線を集中させることができ、結合器の結合度を上げることができる。
- [0055] (18) また、本発明は、上記(16)において、前記第1信号線路の線幅が、前記第1引き出し用伝送線路の線幅及び前記第1インピーダンス調整用伝送線路の線幅より大きい或いは等しく、前記第2信号線路の線幅が、前記第2引き出し用伝送線路の線幅及び前記第2インピーダンス調整用伝送線路の線幅より大きい或いは等しいことを特徴とする。このような線幅の關係に設定することによって、結合器の結合度を大きくすることができる。
- [0056] (19) また、本発明は、上記(9)において、前記第1信号線路の前記第1引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第3引き出し用伝送線路を有し、前記第3引き出し用伝送線路に、送受信回路を備えた半導体集積回路装置が接続されており、前記第2信号線路の前記第2引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第4引き出し用伝送線路を有し、前記第4引き出し用伝送線路に、送受信回路を備えた半導体集積回路装置が接続されていることを特徴とする。このような構成を採用することにより、一つの結合器で同時通信可能な2つのチャネルが設置できるので、データ通信速度を2倍

にすることができる。

[0057] (20) また、本発明は、上記(2)において、前記第1帰還信号線路が、前記第1信号線路と差動線路を構成し、前記第2帰還信号線路が、前記第2信号線路と差動線路を構成することを特徴とする。

[0058] このように、差動信号線路とすることにより、シングルエンドに比べて同相ノイズに対する耐性が高く、また、インピーダンスの制御がしやすく、コプレーナ構造の帰還経路を必ずしも必要としないので、設計が容易になる。

[0059] (21) また、本発明は、上記(20)において、前記第1絶縁性基板の前記第1信号線路を配置した面と反対側の面に第1電磁シールド層を有し、前記第2絶縁性基板の前記第2信号線路を配置した面と反対側の面に第2電磁シールド層を有することを特徴とする。この場合も、差動による設計自由度に加えて、ノイズ耐性をより高めることができる。

[0060] (22) また、本発明は、上記(20)において、前記第1信号線路と前記第2信号線路との間隔或いは前記第1信号線路と前記第2信号線路との重なり幅のいずれかが信号の伝搬方向で異なることにより前記第1信号線路と前記第2信号線路との結合状態が前記信号の伝搬方向で異なることを特徴とする。この場合も、差動による設計自由度に加えて、信号線路の結合係数の周波数特性を平坦にし、広帯域な結合器を実現することができる。

[0061] (23) また、本発明は、上記(20)において、前記第1モジュール或いは第2モジュールの一方が、前記第1信号線路或いは第2信号線路に対して、ダミー結合器を挟んで、第3信号線路及び前記第3信号線路と差動線路を構成する帰還経路を提供する第3帰還信号線路とを有し、前記第3信号線路と前記第3帰還信号線路とを終端する第3終端部材と、前記第3信号線路と前記第3帰還信号線路とに接続された送受信回路を備えた第3半導体集積回路装置とを有することを特徴とする。この場合も、差動による設計自由度に加えて、1つの伝送線路で複数に分岐した結合通信を実現することができる。

[0062] (24) また、本発明は、上記(20)において、前記第1信号線路と前記

第1 帰還信号線路がそれぞれ前記第1 モジュールと前記第2 モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合インピーダンスを有し且つ前記第1 半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路を有し、前記第2 信号線路と前記第2 帰還信号線路がそれぞれ前記結合系インピーダンスを有し且つ前記第2 半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路を有することを特徴とする。このように、引き出し用伝送線路を設けることによって、半導体集積回路装置を信号線路から離れた位置に配置することができ、差動による設計自由度に加えてさらに設計自由度が増す。

[0063] (25) また、本発明は、上記(24)において、前記第1 絶縁性基板の前記第1 信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第1 信号線路に対向する部分が欠落部となっている第1 のプレーンを有し、前記第2 絶縁性基板の前記第2 信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第2 信号線路に対向する部分が欠落部となっている第2 のプレーンを有することを特徴とする。

[0064] このように、プレーン、典型的にはグラウンドプレーンを設けた場合には、少なくとも第1 信号線路及び第2 信号線路に対向する部分を欠落部とすることによって、結合器の配線間に電気力線を集中させることができ、結合器の結合度を上げることができる。

[0065] (26) また、本発明は、上記(24)において、前記第1 信号線路及び前記第1 帰還信号線の線幅が、前記引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しく、前記第2 信号線路及び前記第1 帰還信号線の線幅が、前記引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする。このような線幅の関係に設定することによって、結合器の結合度を大きくすることができる。

[0066] (27) また、本発明は、上記(24)において、前記第1 信号線路と前記第1 帰還信号線との間隔が前記引き出し用伝送線路同士の間隔より大きいか或いは等しく、前記第2 信号線路と前記第2 帰還信号線との間隔が前記引き出し用伝送線路同士の間隔より大きいか或いは等しいことを特徴とする。こ

のような間隔の關係に設定することにより、結合器の間隔が十分広くなり、結合器部分の特性インピーダンスは結合相手からの影響のみで決まるので、設計が容易になる。

[0067] (28) また、本発明は、上記(24)において、前記第1信号線路と前記第1帰還信号線との間隔が、前記第1信号線路及び前記第1帰還信号線の線幅より大きい或いは等しく、前記第2信号線路と前記第2帰還信号線との間隔が、前記第2信号線路及び前記第2帰還信号線の線幅より大きい或いは等しいことを特徴とする。

[0068] このような線幅と間隔の關係に設定することによって、差動結合が疎になるので、設計が容易になる。特に、間隔が線幅より2倍以上になれば、結合が十分疎になるので望ましい。但し、3倍以上離すとインピーダンスに影響がなくなる。

[0069] (29) また、本発明は、上記(24)において、前記第1信号線路と前記第2信号線路が積層方向からみて互いに整列した状態において、前記第1半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路と、前記第2半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路とが互いに異なった方向に延在していることを特徴とする。この場合も、差動による設計自由度に加えて、モジュール間の距離の変動の影響を受けずにインピーダンスを設計することができる。

[0070] (30) また、本発明は、上記(24)において、前記第1半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路と前記第2半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との対向間隔が、前記第1信号線路と前記第2信号線路との対向間隔より広いことを特徴とする。この場合も、差動による設計自由度に加えて、引き出し用伝送線路間の結合を弱くすることができる。

[0071] (31) また、本発明は、上記(24)において、少なくとも前記第1絶縁性基板の前記第1引き出し用伝送線路を配置した面と反対の面であって、前記第2モジュールに対向する面に、前記第1半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路をシールドする第1補助電磁シールド層を有することを

特徴とする。この場合も、差動による設計自由度に加えて、引き出し用伝送線路間の結合を弱くすることができる。

[0072] (32) また、本発明は、上記(24)において、前記第1信号線路と前記引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなり、前記第1帰還信号線路と前記引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなり、前記第2信号線路と前記引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなり、前記第2帰還信号線路と前記引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなることを特徴とする。この場合も、差動による設計自由度に加えて、インピーダンスをほぼ均一にすることができ、それによって、反射が低減できるので、より広帯域な結合器を実現することができる。

[0073] (33) また、本発明は、上記(24)において、前記第1信号線路の前記第1半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第1インピーダンス調整用伝送線路を有し、前記第1インピーダンス調整用伝送線路に、第1インピーダンス整合回路が接続され、前記第2信号線路の前記第2半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第2インピーダンス調整用伝送線路を有し、前記第2インピーダンス調整用伝送線路に、第2インピーダンス整合回路が接続されていることを特徴とする。この場合も、差動による設計自由度に加えて、信号の反射を防ぎ高速通信が可能になる。

[0074] (34) また、本発明は、上記(24)において、前記第1信号線路及び前記第1帰還信号線路の前記第1半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との結合部との反対側のそれぞれの端に送受信回路を備えた半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路を有するとともに、前記第2信号線路及び前記第2帰還信号線路の前記第2半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との結合部との反対側のそれぞれの端に送受信回路を備えた半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路を有し、前記各引出し用伝送線路のインピーダンスは前記 Z_{01} 及び Z_{02} とは異なる前記第1モジュールと前記第2モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系イ

ンピーダンスであることを特徴とする。この場合も、差動による設計自由度に加えてさらに設計自由度が増す。

[0075] (35) また、本発明は、上記(34)において、前記第1絶縁性基板の前記第1信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第1信号線路に対向する部分が欠落部となっている第1のプレーンを有し、前記第2絶縁性基板の前記第2信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第2信号線路に対向する部分が欠落部となっている第2のプレーンを有することを特徴とする。

[0076] このように、プレーン、典型的にはグランドプレーンを設けた場合には、少なくとも第1信号線路及び第2信号線路に対向する部分を欠落部とすることによって、結合器の配線間に電気力線を集中させることができ、結合器の結合度を上げることができる。

[0077] (36) また、本発明は、上記(34)において、前記第1信号線路及び前記第1帰還信号線の線幅が、前記各引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しく、前記第2信号線路及び前記第1帰還信号線の線幅が、前記各引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする。このような線幅の関係に設定することによって、結合器の結合度を大きくすることができる。

[0078] (37) また、本発明は、上記(34)において、前記第1信号線路と前記第1帰還信号線との間隔が前記各引き出し用伝送線路同士の間隔より大きいか或いは等しく、前記第2信号線路と前記第2帰還信号線との間隔が前記各引き出し用伝送線路同士の間隔より大きいか或いは等しいことを特徴とする。このような間隔の関係に設定することにより、結合器の間隔が十分広くなり、結合器部分の特性インピーダンスは結合相手からの影響のみで決まるので、設計が容易になる。

[0079] (28) また、本発明は、上記(24)において、前記第1信号線路と前記第1帰還信号線との間隔が、前記第1信号線路及び前記第1帰還信号線の線幅より大きいか或いは等しく、前記第2信号線路と前記第2帰還信号線との

間隔が、前記第 2 信号線路及び前記第 2 帰還信号線の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする。

[0080] このような線幅と間隔の係に設定することによって、差動結合が疎になるので、設計が容易になる。特に、間隔が線幅より 2 倍以上になれば、結合が十分疎になるので望ましい。但し、3 倍以上離すとインピーダンスに影響がなくなる。

発明の効果

[0081] 開示のモジュール間通信装置によれば、結合系インピーダンスとして整合を取ることで、反射をより少なくして、通信チャネルを誘導結合よりも高速（広帯域）にすることが可能になる。

図面の簡単な説明

[0082] [図1]本発明の実施の形態のモジュール間通信装置の概念的斜視図である。
[図2]本発明の実施例 1 のモジュール間通信装置の概念的斜視図である。
[図3]本発明の実施例 1 のモジュール間通信装置の断面図である。
[図4]本発明の実施例 1 の結合器の周波数特性の説明図である。
[図5]本発明の実施例 1 における結合器のサイズと結合器の特性の係の説明図である。
[図6]本発明の実施例 1 についての電磁界解析シミュレーション結果の説明図である。
[図7]本発明の実施例 2 のモジュール間通信装置の概念的断面図である。
[図8]本発明の実施例 3 のモジュール間通信装置の構成説明図である。
[図9]本発明の実施例 4 のモジュール間通信装置の構成説明図である。
[図10]本発明の実施例 5 のモジュール間通信装置の構成説明図である。
[図11]実施例 5 の構成についての電磁界シミュレーションによる周波数特性の説明図である。
[図12]本発明の実施例 6 のモジュール間通信装置の構成説明図である。
[図13]本発明の実施例 7 のモジュール間通信装置の概念的投影平面図である。
。

[図14]本発明の実施例 8 のモジュール間通信装置の説明図である。

[図15]本発明の実施例 9 のモジュール間通信装置の概念的斜視図である。

[図16]本発明の実施例 10 のモジュール間通信装置の構成説明図である。

[図17]本発明の実施例 11 のモジュール間通信装置の概念的投影平面図である。

[図18]本発明の実施例 12 のモジュール間通信装置の概念的断面図である。

[図19]本発明の実施例 13 のモジュール間通信装置の概念的断面図である。

[図20]本発明の実施例 14 のモジュール間通信装置の構成説明図である。

[図21]本発明の実施例 15 のモジュール間通信装置の構成説明図である。

[図22]本発明の実施例 16 のモジュール単体の概念的平面図である。

[図23]本発明の実施例 16 の終端インピーダンス制御回路の一例の説明図である。

[図24]本発明の実施例 17 のモジュール間通信装置の概念的斜視図である。

[図25]本発明の実施例 18 のモジュール間通信装置の構成説明図である。

[図26]本発明の実施例 19 のモジュール間通信装置の概念的斜視図である。

[図27]本発明の実施例 19 のモジュール間通信装置の特性説明図である。

[図28]本発明の実施例 19 のモジュール間通信装置の他の特性説明図である。

[図29]本発明の実施例 19 のモジュール間通信装置を構成する送受信回路の構成説明図である。

[図30]本発明の実施例 19 のモジュール間通信装置を構成する送受信回路の動作波形の一例の説明図である。

[図31]本発明の実施例 19 における周波数特性の実測結果の説明図である。

[図32]擬似ランダムデータを用いてデータ通信を行ったときの、ビット誤り率（BER）とデータ転送速度の関係の実測データの説明図である。

[図33]本発明の実施例 20 のモジュール間通信装置の概念的斜視図である。

[図34]本発明の実施例 21 のモジュール間通信装置の構成説明図である。

[図35]本発明の実施例 22 のモジュール間通信装置の概念的斜視図である。

[図36]本発明の実施例23のモジュール間通信装置の構成説明図である。

[図37]インピーダンスの線幅依存性及び間隔依存性の説明図である。

[図38]結合器と引き出し用の伝送線路の接続部分のパターンの説明図である。

[図39]従来のコイルを用いたモジュール間データ通信の構成説明図である。

発明を実施するための形態

[0083] ここで、図1を参照して、本発明の実施の形態のモジュール間通信装置を説明する。図1は、本発明の実施の形態のモジュール間通信装置の概念的斜視図であり、2つのモジュール 1_1 、 1_2 が、互いに近接配置されて伝送線路間の容量結合及び誘導結合によって、無線でデータ通信を行う。

[0084] 各モジュール 1_1 、 1_2 は、それぞれ、絶縁性基板 2_1 、 2_2 上に設けられた信号波長の $1/10$ 以上の長さを有し、特性インピーダンスが Z_0 のインピーダンスを有する結合器となる信号線路 3_1 、 3_2 と信号線路 3_1 、 3_2 の帰還経路を提供する帰還信号線路 4_1 、 4_2 とを有する。各信号線路 3_1 、 3_2 と帰還信号線路 4_1 、 4_2 とは終端部材 5_1 、 5_2 で接続されるとともに、各信号線路 3_1 、 3_2 と帰還信号線路 4_1 、 4_2 との間には送受信回路を備えた半導体集積回路装置 6_1 、 6_2 が接続されている。

[0085] この時、各信号線路 3_1 、 3_2 同士及び各帰還信号線路 4_1 、 4_2 同士は、積層方向から見て少なくともその一部が投影的に重なり、各信号線路 3_1 、 3_2 同士の間及び帰還信号線路 4_1 、 4_2 同士の間に容量結合および誘導結合による信号結合及び帰還信号結合が生じるように近接して積層する。

[0086] ここでは、帰還信号結合が信号結合と同じもしくはそれよりも強くなるように設定する。それによって、結合伝送線路の偶モードインピーダンスおよび奇モードインピーダンスが明確に規定されるので、実際の使用条件下ではこれらのインピーダンスが大きく変動することはなく、終端処理が容易になる。

[0087] また、終端部材 5_1 、 5_2 のインピーダンスは、単体における伝送線路の特性インピーダンス Z_0 ではなく、モジュール 1_1 とモジュール 1_2 との結合状態にお

ける近接効果を反映した結合系インピーダンス $Z_{0\text{-coupled}}$ とする。終端部材 5_1 , 5_2 としては、抵抗或いはトランジスタを用いる。

[0088] 絶縁性基板 2_1 , 2_2 として、絶縁性であれば何でも良く、柔らかくて基板の厚さが $75\ \mu\text{m}$ 程度に薄く、メモ리카ードのような小さな装置に実装しやすい FPC が好適であるが、PCB でも半導体基板でもパッケージ内の基板でも良い。

[0089] FPC の場合は、基板の両面に形成された厚さが $30\ \mu\text{m}$ 程度の銅箔と基板を貫通して配線できるビアを印刷加工して伝送線路を形成することで、伝送線路の特性インピーダンスは $50\ \Omega$ が一般的であるが、結合系インピーダンスの値にする。

[0090] メモ리카ードと PC の間のデータ通信などの応用を想定した場合の通信距離は $1\ \text{mm}$ 前後である。また、図 1 は 2 つのモジュール 1_1 , 1_2 が近接する場合を図示しているが、モジュールの数は 3 つ以上でも構わない。また、モジュール 1_1 , 1_2 を近接して積層する場合には、同じ向きのまま積層しても良いし、同じ面が対向するように反転させて積層しても良い。なお、3 つ以上のモジュールを積層する場合には、同じ向きのまま積層する。

[0091] また、帰還信号線路 4_1 , 4_2 は信号線路 3_1 , 3_2 に対してコプレーナ構造になるようにしても良いし、或いは、信号線路 3_1 , 3_2 とともに差動線路を構成するようにしても良い。差動信号線路の場合には、シングルエンドに比べて同相ノイズに対する耐性が高く、また、インピーダンスの制御がしやすく、コプレーナ構造の帰還経路を必ずしも必要としないので、設計が容易になる。

[0092] また、信号線路 3_1 , 3_2 の結合状態は、信号線路 3_1 , 3_2 同士の間隔或いは信号線路 3_1 , 3_2 同士の重なり幅のいずれかを信号の伝搬方向で異ならせて、多節結合器としても良く、信号線路 3_1 , 3_2 の結合係数の周波数特性を平坦にし、広帯域な結合器を実現することができる。

[0093] また、信号線路 3_1 , 3_2 と半導体集積回路装置 6_1 , 6_2 との接続は、直接接続しても良いし、或いは、信号線路 3_1 , 3_2 より幅の狭い引き出し用の伝送線

路を用いて接続しても良い。引き出し用の伝送線路同士の結合は弱い方が望ましいので、互いの対向間隔を信号線路 3_1 、 3_2 の対向間隔より広くしたり、或いは、投影的な重なりを少なくすることが望ましく、それによって、伝送線路の結合系インピーダンスは単体の特性インピーダンス Z_0 にほぼ等しくなるので、設計が容易になる。

[0094] このように、本発明の実施の形態によれば、通信チャネルの帯域を従来の誘導結合よりも広帯域（ 10Gb/s 以上）にできるので、通信の高速化ができる。また、本発明を用いれば、通信チャネルのインピーダンスを通信帯域の範囲でほとんど変化せず長さに対しても均一になるように構成できるので、送受信回路との接続点でインピーダンス整合を取ったり、整合が取れた抵抗で終端することができて、通信チャネルから離れたところに送受信器を備えた集積回路を配置でき、設計の自由度が増す。また、より多くのチャネルを配置して接続することができるので、通信の高速化ができる。

[0095] 本発明の他の適用分野としては、回路基板が上下に並んで複数配置されたときに、従来のコネクタやバックプレーンによる配線接続を用いずに無線でデータ通信するのに利用できる。或いは、装置内で回転するモジュールとその周辺で固定されたモジュールの間の無線データ通信に利用できる。

実施例 1

[0096] 以上を前提として、次に、図2乃至図6を参照して、本発明の実施例1のモジュール間通信装置を説明する。図2は本発明の実施例1のモジュール間通信装置の概念的斜視図であり、図3はその断面図である。伝送線路結合器は、長さが L （典型的には 5mm ）で幅が W （典型的には 2mm ）の長方形をした信号線路 12_1 、 12_2 で構成される。周辺にコプレーナ伝送路で信号の帰還経路（リターンパス） 13_1 、 13_2 が設置されている。これらの信号線路 12_1 、 12_2 及び帰還経路 13_1 、 13_2 は、FPCの基板 11_1 、 11_2 の表面に形成された厚さが $30\mu\text{m}$ 程度の銅箔を加工して形成する。

[0097] 伝送線路のインピーダンス（電圧と電流の比）は線路の場所に依らず、対象とする信号帯域内で周波数にほとんど依存せず、一定値である。伝送線路

の「特性」を表現する特性インピーダンス Z_0 の値は、信号線路 12_1 、 12_2 と帰還経路 13_1 、 13_2 のレイアウトで決まり、基板 11_1 、 11_2 の誘電率や透磁率で決まる。

[0098] しかし、2つのモジュール 10_1 、 10_2 が近接すると、信号線路 12_1 、 12_2 のインピーダンスは近接効果により他方の信号線路 12_2 、 12_1 の影響を受け、 Z_0 と異なる値になる。2つのモジュール 10_1 、 10_2 が近づくほど近接効果が大きくなり、信号線路 12_1 、 12_2 のインピーダンスはより小さくなる。

[0099] 結合状態にある信号線路 12_1 、 12_2 のインピーダンスを本明細書では結合系インピーダンスと呼び $Z_{0-coupled}$ で表す。従来は特性インピーダンス Z_0 を制御したが、本発明では結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ を制御する点が本質的に異なる。

[0100] デジタル信号を信号処理して送受信する送受信器を備えた半導体集積回路装置 15_1 、 15_2 を信号線路 12_1 、 12_2 の近く、例えば、 10Gb/s でデジタル信号を伝送する場合は 0.4mm 以下の距離に設置して配線接続する。送受信器の出力或いは入力インピーダンスは、結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ に等しい抵抗（半導体集積回路装置 15_1 、 15_2 内に設置され、図には表示されていない）を用いて、信号線路 12_1 、 12_2 との間でインピーダンス整合されている。また、信号線路 12_1 、 12_2 の他端と帰還経路 13_1 、 13_2 の間は、結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ に等しい抵抗 14_1 、 14_2 を用いて終端されてインピーダンス整合されている。

[0101] インピーダンスの制御は、抵抗の代わりにトランジスタのトランスコンダクタンス g_m を調整することでも実現できる。トランスコンダクタンス g_m は、トランジスタのゲート・ソース間の電圧やドレインに流れる電流やトランジスタのチャネル形状に応じて変えることができる。（以降、抵抗で説明や図示されている場合は、トランジスタのトランスコンダクタンスを用いる場合も含む。）

[0102] 伝送線路結合の結果、一方の信号線路 12_1 、 12_2 に信号に応じた電流が流れると、他方の信号線路 12_2 、 12_1 にそれと同一方向および逆方向の電流が

流れて信号を伝送する。

[0103] 2つのモジュール10₁, 10₂は、両方とも固定設置されていて常に通信できる場合と、モジュールが移動して距離が近づいたときに通信できる場合がある。前者の例としては、パッケージ間通信やボード間通信がある。後者の例としては、非接触メモリカードや、パッケージ越しのプローブ装置や、回転部とのデータ通信の場合などがある。モジュールはプラスチックなどで封印され、2つのモジュールの間に接着用樹脂や空間が入ることがある。

[0104] 信号線路12₁, 12₂が設置される面は、FPCの基板11₁, 11₂の対向面でもその反対面でも良い。なお、図2は、反対面に設置する場合を示しており、図3は対向面に設置する場合を示している。いずれにせよ、結合する伝送線路結合器間には誘電体（典型的な比誘電率は3乃至5）と空間（比誘電率は1）がある。

[0105] 図4は、本発明の実施例1の結合器の周波数特性の説明図であり、図4（a）に示すように、一方の信号線路12₁の両端子を端子1と端子2、他方の信号線路12₂の両端子を端子1と同じ側の端子を端子3、反対側を端子4と呼ぶ。端子2と端子4が終端され、端子1から信号が入力して、端子3から信号が出力する場合を考える。

[0106] 伝送線路結合で信号が伝送される通信チャネルの周波数特性S₃₁の典型例を図4（b）に示す。結合強度が最大から3dB下がった周波数をf_Lとf_Hで表すと、f_Lとf_Hとの中心周波数f₀は、λを信号の波長、vを信号の速度とすると、下記の式（1）で表わされる。

[数1]

$$f_0 = \frac{v}{\lambda/4} \quad \dots (1)$$

[0107] 比誘電率が4の誘電体の中で10GHzの信号の波長は約14mmであるので、λ/4は約3.7mmである。周波数と波長は逆比例するので、λ/4が5mmになるのは周波数が約7GHzのときである。伝送線路結合にお

いては伝送線路結合器の長さ L を $1/4$ 波長($\lambda/4$)に設計するので、 $L = 5\text{ mm}$ にすると $f_0 = 7\text{ GHz}$ になり、 $L = 7\text{ mm}$ にすると $f_0 = 5\text{ GHz}$ になる。

[0108] また、結合強度が最大から 3 dB 下がった周波数 f_H から f_L の間の周波数領域は結合強度が周波数にほとんど依存せず、信号波形を変形させることなく伝送できるので、この領域を信号帯域と考える。 f_L はおよそ $0.5 \times f_0$ であり、 f_H はおよそ $1.4 \times f_0$ なので、信号帯域の $f_H - f_L$ はおよそ f_0 になる。通信速度は信号帯域に比例するので、伝送線路長(L)を小さくするほど、広帯域になり、高速通信が可能になる。このように信号帯域の要求から、伝送線路結合器の長さ L を決める。

[0109] また、結合強度が十分大きくないと、信号ノイズ比を大きく取れないので、信頼性の高い通信ができない。電圧信号減衰の絶対値 C （デシベル値）は、下記の式（２）で与えられる。

[数2]

$$C = -20 \log \left| \frac{Z_{0e} - Z_{0o}}{Z_{0e} + Z_{0o}} \right| \quad \dots (2)$$

ここで Z_{0e} は伝送線路対の偶モードでの特性インピーダンス、 Z_{0o} は伝送線路対の奇モードでの特性インピーダンスである。

[0110] ２つの信号線路 $1, 2$ が結合しているとき、両伝送線路を流れる信号は、同じ向きの信号（例えば両方ともローからハイに変化する）と逆向きの信号（一方がローからハイに変化するとき他方はハイからローに変化する）の合成で表現できる。つまり、偶モードで伝播する信号成分を V_{even} 、奇モードで伝播する信号成分を V_{odd} とすると、線路１と線路２の信号 V_1 と V_2 は、 $V_{\text{odd}} = V_1 - V_2$ 、 $V_{\text{even}} = 0.5 (V_1 + V_2)$ から、 $V_1 = V_{\text{even}} + 0.5 V_{\text{odd}}$ 、 $V_2 = V_{\text{even}} - 0.5 V_{\text{odd}}$ と表すことができる。

[0111] 同相信号に対する伝送線路対の結合系インピーダンスを偶モードインピーダンス(Z_{0e})と呼び、逆相信号に対する伝送線路の結合系インピーダンスを

奇モードインピーダンス (Z_{0o}) と呼ぶ。偶モードでは信号が同相で変化するので、信号が逆相で変化する奇モードに比べて、線路間のキャパシタンスが実効的に減少する。

[0112] インピーダンスはキャパシタンスに逆比例するので、偶モードインピーダンス (Z_{0e}) は奇モードインピーダンス (Z_{0o}) よりも大きくなる。 ($Z_{0e} - Z_{0o}$) / ($Z_{0e} + Z_{0o}$) は 1 以下の値であるので、この差が大きいほど C の値は小さくなり結合強度が強くなる。また、結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ は Z_{0e} と Z_{0o} から、下記の式 (3) のように決まる。

[数3]

$$Z_{0-coupled} = \sqrt{Z_{0e} Z_{0o}} \quad \dots (3)$$

[0113] 信号線路 $1\ 2_1$, $1\ 2_2$ の終端を結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ と等しい抵抗で終端するか、或いは、結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ と等しい特性インピーダンス Z_0 を持つ伝送線路と接続することで整合を取り信号の反射を抑制しながら、かつ、結合強度が大きくなるように結合器の寸法を設計する。

[0114] 図 5 にこれらの関係を電磁界解析シミュレータで調べた結果を示す。図 5 (a) は、信号線路の幅 W 、間隔 d 及び位置ずれ s の説明図であり、図 5 (b) は、 Z_{0o} と Z_{0e} の線幅 W 及び位置ずれ S 依存性の説明図であり、図 5 (c) は、電圧信号減衰 C と線幅 W の相関関係の位置ずれ S 依存性の説明図である。配線幅 W によって結合器の周波数特性は変化し、 W が大きいほど結合が強い。また、伝送線路の位置がずれるほど結合は弱くなるが、伝送線路の幅の半分程度ずれても (例えば、 $W = 3\text{ mm}$ で $s = 1.5\text{ mm}$)、結合強度は 3 dB 低くなる (つまり半分になる) 程度である。

[0115] ここで、偶モードおよび奇モードのインピーダンス Z_{0o} , Z_{0e} は、それぞれ信号線路 $1\ 2_1$ と帰還経路 $1\ 3_1$ の間の容量とインダクタンス、信号線路 $1\ 2_2$ と帰還経路 $1\ 3_2$ の間の容量とインダクタンス、および信号線路 $1\ 2_1$ と信号線路 $1\ 2_2$ の間の容量とインダクタンスで表される。このとき帰還経路 $1\ 3_1$ と帰還経

路 $1\ 3_2$ の間の結合が弱いと、信号基準電位が定まらず結合伝送線路の偶モードインピーダンスおよび奇モードインピーダンスが明確に規定されない。その結果、実際の使用条件下ではこれらのインピーダンスが大きく変動することになり終端処理が困難となる。

[0116] この問題を回避するために、帰還経路 $1\ 3_1$ と帰還経路 $1\ 3_2$ の間も、信号線路 $1\ 2_1$ 、 $1\ 2_2$ 間と同等かもしくはそれ以上の結合が必要となる。

[0117] 本発明の実施例 1 によれば、結合系インピーダンス $Z_{0\text{-coupled}}$ を基にしてインピーダンス整合しているので、信号の反射が少なくなり高速通信が可能になると共に、図 6 に示したように、コイルを用いた誘導結合のみの場合よりも広帯域な無線通信路を実現できる。

実施例 2

[0118] 次に、図 7 を参照して、本発明の実施例 2 のモジュール間通信装置を説明する。図 7 は本発明の実施例 2 のモジュール間通信装置の概念的断面図であり、基板 $1\ 1_1$ 、 $1\ 1_2$ 上に凸状部材 $1\ 6_1$ 、 $1\ 6_2$ を設けて、その上に跨るように信号線路 $1\ 2_1$ 、 $1\ 2_2$ を設けたものであり、その他の構成は上記の実施例 1 と同様である。この場合の凸状部材 $1\ 6_1$ 、 $1\ 6_2$ は、例えば、紫外線硬化型樹脂で形成する。

[0119] 結合器を構成する信号線路 $1\ 2_1$ 、 $1\ 2_2$ は湾曲しているので、信号線路 $1\ 2_1$ 、 $1\ 2_2$ 同士の間隔が徐々に変化し、結合器の中央で最も近くなり、線路間の結合容量が大きくなる。その結果、偶モードインピーダンス Z_{0e} と奇モードインピーダンス Z_{0o} の差が大きくなり、結合強度が大きくなる。

[0120] 結合強度が強くなる結果、受信側の信号強度を大きくすることができる。また、結合強度が場所により異なり、下記式 (4) のようにそれらの重ね合わせが結合伝送線路全体の結合係数 $C_{\text{total}}(f)$ となる。

[数4]

$$C_{\text{total}}(f) \propto \int_0^L C(x) \exp(j2xf/v) dx \quad \dots (4)$$

[0121] このように、位置の関数である $C(x)$ を、 $C_{\text{total}}(f)$ が平坦となるように調整することで、結合伝送線路の帯域を増やすことが出来る。なお、FPCのように基板 11_1 、 11_2 が柔らかな場合は、基板 11_1 、 11_2 そのものをお椀形に成型しても良い。

[0122] このように、本発明の実施例2においては、通信距離の短縮により伝送線路間の結合係数を大きくすることができ、受信機側のS/N比を高くすることができる。特に、連続的に変化する結合係数の強度を調整することで、伝送線路の結合係数の周波数特性を平坦にすることができ、周波数帯域を広げることができる。また、結合伝送線路のインピーダンスが不連続に変化することを防ぐことができ、終端処理が容易となる。これらの結果、信号伝送の信頼性を向上させることができる。なお、このような構成は、後述する帰還経路を信号線路と差動線路を構成するようにした場合にも、適用されるものである。

実施例 3

[0123] 次に、図8を参照して、本発明の実施例3のモジュール間通信装置を説明する。図8(a)は、モジュール単体の概念的平面図であり、図8(b)は、本発明の実施例3のモジュール間通信装置の概念的断面図である。本発明の実施例3においては、結合器の信号伝送方向となる信号線路 12_1 、 12_2 に対して左右両側に結合器に対して線対称となるように帰還経路 13_1 、 13_2 を形成する。

[0124] 本発明の実施例3においては、帰還経路が信号線路 12_1 、 12_2 の両側に対称にしているので、信号線路 12_1 、 12_2 の一端Aから他端Bに向かって流れた電流が、信号線路 12_1 、 12_2 の両横の帰還経路を通過して他端Bから一端Aの方向に戻るため、同一形状の2つのコイルが横に並んでそこに電流が逆方向に流れている状態と同じになる。

[0125] そのとき、この2つのコイルに同じ大きさの磁界がノイズとして貫通すると、その影響で2つのコイルに出現するノイズ信号は逆向きになり、相殺される。したがって、同相ノイズ除去比が高まり、ノイズ耐性が高まる。

実施例 4

[0126] 次に、図9を参照して、本発明の実施例4のモジュール間通信装置を説明する。図9(a)は、モジュール単体の概念的平面図であり、図9(b)は、本発明の実施例4のモジュール間通信装置の概念的断面図である。本発明の実施例4は、上述の実施例3のモジュールに対して、基板 11_1 、 11_2 の裏面に結合器を内包するように遮断層 17_1 、 17_2 を設けたものである。この遮断層 17_1 、 17_2 はFPCの基板 11_1 、 11_2 の他方の面に形成されている銅箔により形成する。なお、図では結合器と半導体集積回路装置 15_1 、 15_2 が同じ平面上に配置されているが、半導体集積回路装置 15_1 、 15_2 はビアを用いて反対側に配置しても構わない。

[0127] このように、本発明の実施例4においては、遮断層 17_1 、 17_2 を設けているので遮断層 17_1 、 17_2 によって外部からの電磁界ノイズが結合器に侵入するのを低減する。その結果、ノイズ耐性が高まる。また逆に、結合器を用いた無線通信の影響が外部に電磁氣的雑音として放射される（つまり電磁妨害）を遮断層によって低減する。その結果、電磁環境適合性が高まる。なお、このような構成は、後述する帰還経路を信号線路と差動線路を構成するようにした場合にも、適用されるものである。

実施例 5

[0128] 次に、図10及び図11参照して、本発明の実施例5のモジュール間通信装置を説明する。図10(a)は、本発明の実施例5のモジュール間通信装置の結合器の概念的斜視図であり、図10(b)は概念的平面図であり、図10(c)は、結合部の説明図である。

[0129] 伝送線路結合器の配線幅を変えるとことで結合器の周波数特性が変わる。そこで、信号線路 12_1 、 12_2 の配線幅を一様にせずに変化させることで更に広帯域な結合器を実現できる。即ち、異なる幅の結合器を複数接続して多節にすれば良い。しかし、配線幅を変えると配線のインピーダンスを一定値に制御することが困難になり、信号の多重反射を生じる。そこで、本発明の実施例5においては、線幅を一定にしてインピーダンスを一定に制御しつつ、

信号線路 $1\ 2_1$, $1\ 2_2$ が重なって結合する箇所が多節になってそれぞれの線幅が異なるように伝送線路結合器を屈曲した。

[0130] 図 1 1 は、実施例 5 の構成についての電磁界シミュレーションによる周波数特性の説明図であり、信号帯域 $1\ 2$ 、 $6\ \text{GHz}$ 、結合強度 $S_{31} = 14.5\ \text{dB}$ が実現できる。このように、多節の構造にした場合、重複部分が大きな場所ほど線路間の結合容量が大きくなる。その結果偶モードと奇モードインピーダンス Z_{0e} , Z_{0o} の差が大きくなり、結合強度 C が大きくなる。

[0131] n 番目の節の結合強度を C_n とすると、その節で結合し受信端に伝わる信号の強度は、位相の変化も考慮して、下記の式 (5) となる。

[数5]

$$\frac{V_{RX}}{V_{TX}} = j \sin(\theta) \cdot C_n \exp(-j(1+2n)\theta) \quad \dots (5)$$

但し、各節の長さを L 、信号の速度および周波数をそれぞれ v 、 f として、 $\theta = 2L f / v$ とする。

[0132] 全体の結合係数 C_{total} は各節から受信端に伝わる信号の重ね合わせとなるため、下記の式 (6) で表わされる。

[数6]

$$C_{total}(f) = j \sin \theta \sum C_n \exp(-j(1+2n)\theta) \quad \dots (6)$$

[0133] そこで、各節の結合強度を C_n を、 $C_{total}(f)$ が平坦となるように調整することで、結合伝送線路の帯域を増やすことが出来る。信号反射を防ぐために、曲面で伝送線路を構成した場合も同様な考えで、結合係数の周波数特性を平坦にし、広帯域な結合器を実現することができる。

[0134] このように、本発明の実施例 5 においては、信号線路 $1\ 2_1$, $1\ 2_2$ を多節にしているので、単節の結合器よりも広帯域な結合通信路を実現できる。なお

、このような構成は、後述する帰還経路を信号線路と差動線路を構成するようにした場合にも、適用されるものである。

実施例 6

[0135] 次に、図 1 2 を参照して、本発明の実施例 6 のモジュール間通信装置を説明する。図 1 2 (a) は、本発明の実施例 6 のモジュール間通信装置の一方の信号線路の概念的平面図であり、図 1 2 (b) は他方の信号線路の概念的平面図であり、図 1 2 (c) は、結合部の説明図である。

[0136] 図 1 2 (a) 及び (b) に示すように、本発明の実施例 6 においては、別の多節結合器の実現方法として、信号線路 $1\ 2_1$ 、 $1\ 2_2$ を曲線的に曲げて節の数を非常に多くしたものである。

[0137] このように、本発明の実施例 6 においては、結合箇所が連続的に少しずつ変化するので、インピーダンスの急激な変化が少なく、更に広帯域化ができる。なお、このような構成は、後述する帰還経路を信号線路と差動線路を構成するようにした場合にも、適用されるものである。

実施例 7

[0138] 次に、図 1 3 を参照して、本発明の実施例 7 のモジュール間通信装置を説明する。図 1 3 は、本発明の実施例 7 のモジュール間通信装置の概念的投影平面図である。図 1 3 に示すように、信号線路 $1\ 2_1$ 、 $1\ 2_2$ が互いに交差し、交差部分に結合器を構成する。

[0139] 一定の幅でインピーダンスも均一な信号線路 $1\ 2_1$ 、 $1\ 2_2$ を斜めに交差すると、交差部分の幅が交差部の中央で広くなり両側で狭くなるので、上述の実施例 5 と同様に広帯域になる。更に、信号線路 $1\ 2_1$ 、 $1\ 2_2$ の相対位置が平面のいかなる方向にずれたとしても、交差部分の形状は一定となるため、モジュールの位置ずれによらず結合特性が一定になる効果もある。

[0140] このように、本発明の実施例 7 においては、信号線路 $1\ 2_1$ 、 $1\ 2_2$ を斜めに交差させて配置しているので、広帯域な無線通信路を実現できる。また、モジュール $1\ 0_1$ 、 $1\ 0_2$ の相対位置がずれても通信路の特性が変化しない特長がある。なお、このような構成は、後述する帰還経路を信号線路と差動線路を

構成するようにした場合にも、適用されるものである。

実施例 8

- [0141] 次に、図 1 4 を参照して、本発明の実施例 8 のモジュール間通信装置を説明する。図 1 4 は、本発明の実施例 8 のモジュール間通信装置の説明図であり、2つのモジュールを平面図として示している。図に示すように、一方のモジュール 1 0₁に設けた 1 本の信号線 1 2₁と他方のモジュール 1 0₂に設けた複数の信号線路 1 2₂, 1 2₃を結合させたものである。
- [0142] モジュール 1 0₁の半導体集積回路装置 1 5₁から送信された信号が、モジュール 1 0₂の半導体集積回路装置 1 5₂および半導体集積回路装置 1 5₃に同時に伝送できる。この場合、結合に用いられないところに半導体集積回路装置に接続されない結合器、即ち、ダミー結合器 2 0 を設けることにより、信号線路 1 2₁のインピーダンスを一定にして、結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ の制御を容易にすることができる。なお、図においては、他方のモジュール 1 0₂に 2 つの結合器を設けているが、3 つ以上の結合器を設けても良い。
- [0143] このように、本発明の実施例 8 においては、一方のモジュールに複数の結合器を設けているので、一つの伝送線路で複数に分岐した結合通信を実現でき、一つの半導体集積回路チップから複数の半導体集積回路チップにデータ通信できる。なお、このような構成は、後述する帰還経路を信号線路と差動線路を構成するようにした場合にも、適用されるものである。

実施例 9

- [0144] 次に、図 1 5 を参照して、本発明の実施例 9 のモジュール間通信装置を説明する。図 1 5 は、本発明の実施例 9 のモジュール間通信装置の概念的斜視図である。信号線路 1 2₁, 1 2₂の結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ と等しい特性インピーダンス Z_0 の伝送線路 1 8₁, 1 8₂ で信号線路 1 2₁, 1 2₂ と半導体集積回路装置 1 5₁, 1 5₂ を接続している。信号線路 1 2₁, 1 2₂ の結合部では強い結合を実現し、半導体集積回路装置 1 5₁, 1 5₂ と信号線路 1 2₁, 1 2₂ を接続する引出し線用の伝送線路 1 8₁, 1 8₂ の部分では結合しないのが望ましい。

- [0145] そのために、伝送線路 18_1 , 18_2 は結合部より細い線幅を使う。典型的には、信号線路 12_1 , 12_2 の線幅が 2 mm であるのに対して、伝送線路 18_1 , 18_2 の線幅は 0.3 mm である。伝送線路 18_1 , 18_2 と信号線路 12_1 , 12_2 の接合部では、インピーダンスの大きな不整合を生じないように、テーパ状にして線幅の違いを徐々に揃えるのが望ましい。また、信号線路 12_1 , 12_2 の結合系インピーダンスと伝送線路 18_1 , 18_2 の特性インピーダンスを揃えた結果、帰還経路 13_1 , 13_2 の形状も実施例 1 とは異なる。
- [0146] 両モジュール 10_1 , 10_2 の引き出し用の伝送線路 18_1 , 18_2 間の結合が全くない場合は、引き出し用の伝送線路 18_1 , 18_2 の結合系インピーダンス $Z_{0\text{-coupled}}$ は特性インピーダンス Z_0 に等しくなる。その場合、信号線路 12_1 , 12_2 の結合系インピーダンス $Z_{0\text{-coupled}}$ が例えば $50\ \Omega$ とすると、信号線路 12_1 , 12_2 自体の特性インピーダンス Z_0 は $50\ \Omega$ より高く、引き出し用の伝送線路 18_1 , 18_2 の特性インピーダンス Z_0 は $50\ \Omega$ に設計する。
- [0147] 或いは、両モジュール 10_1 , 10_2 の引き出し用の伝送線路 18_1 , 18_2 間の結合が僅かあり、引き出し用の伝送線路 18_1 , 18_2 の結合系インピーダンス $Z_{0\text{-coupled}}$ を $50\ \Omega$ にするためには、その特性インピーダンスを $50\ \Omega$ よりも少し高く、例えば、 $55\ \Omega$ に設計する。
- [0148] 上述の実施例 1 では、送受信器を備えた半導体集積回路装置 15_1 , 15_2 を信号線路 12_1 , 12_2 の直近（例えば 0.4 mm 以内）に設置しなければならなかったが、本発明の実施例 9 においては、引き出し用の伝送線路 18_1 , 18_2 を設けているので、送受信器を備えた半導体集積回路装置 15_1 , 15_2 を信号線路 12_1 , 12_2 から離れたところにでも設置できるので、設計の自由度が増す。
- [0149] また、半導体集積回路装置 15_1 , 15_2 と伝送線路 18_1 , 18_2 と信号線路 12_1 , 12_2 とが、その終端でインピーダンスが整合しているので信号の反射がおこらず、高い信頼性で高速通信できる。

実施例 10

- [0150] 次に、図 16 を参照して、本発明の実施例 10 のモジュール間通信装置を

説明する。図 1 6 (a) は、本発明の実施例 1 0 のモジュール間通信装置の概念的断面図であり、図 1 6 (b) は概念的平面図であり、図 1 6 (c) は図 1 6 (b) における A - A' を結ぶ一点鎖線に沿った断面図であり、図 1 6 (d) は図 1 6 (b) における B - B' を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。

[0151] この実施例 1 0 においては、実施例 9 のコプレーナ構造の代わりにマイクロストリップ構造を採用したものであり、基板 1 1₁, 1 1₂の裏面にプレーン 3 1₁, 3 1₂を設け、ビア 3 2₁, 3 2₂及びランド 3 3₁, 3 3₂を介して抵抗 1 4₁, 1 4₂と接続している。

[0152] この場合、結合器を構成する信号線路 1 2₁, 1 2₂の部分において、プレーン 3 1₁, 3 1₂を排除することで、結合器の配線間に電気力線を集中させることができ、結合器の結合度を上げることができる。なお、このプレーン 3 1₁, 3 1₂は、一般的には接地されたグランドプレーンであるが、必ずしも接地している必要はない。

[0153] また、図 1 6 (c) 及び図 1 6 (d) に示すように、信号線路 1 2₁, 1 2₂の幅 W_1 を伝送線路 1 8₁, 1 8₂の幅 w_1 より細くしているので、後述する実施例 2 3 で詳述するように、結合器の結合度を大きくすることができる。

実施例 11

[0154] 次に、図 1 7 を参照して、本発明の実施例 1 1 のモジュール間通信装置を説明する。図 1 7 は、本発明の実施例 1 1 のモジュール間通信装置の概念的投影平面図である。図に示すように、引き出し用の伝送線路 1 8₁, 1 8₂がモジュール 1 0₁, 1 0₂間でほとんど結合しないように、モジュール 1 0₁とモジュール 1 0₂の引き出し用の伝送線路 1 8₁, 1 8₂の延在方向を互いに反対方向にした。

[0155] 引き出し用の伝送線路 1 8₁, 1 8₂の結合がほとんどないので、引き出し用の伝送線路 1 8₁, 1 8₂の結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ は特性インピーダンス Z_0 に等しくなり、したがって、信号線路 1 2₁, 1 2₂の結合部の結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ と等しくなるように引き出し用の伝送線路 1 8₁, 1 8₂の

特性インピーダンスを設計すれば、信号の反射が起こらない。

- [0156] このように、引き出し用の伝送線路 18_1 , 18_2 の延在方向を互いに反対方向にして結合が起こらないようにしているので、モジュール 10_1 , 10_2 間の距離の変動の影響を受けずにインピーダンスを設計できるので確実に設計できる。なお、このような構成は、後述する帰還経路を信号線路と差動線路を構成するようにした場合にも、適用されるものである。

実施例 12

- [0157] 次に、図 18 を参照して、本発明の実施例 12 のモジュール間通信装置を説明する。図 18 は、本発明の実施例 12 のモジュール間通信装置の概念的断面図である。図に示すように、引き出し用の伝送線路 18_1 , 18_2 がモジュール 10_1 , 10_2 間でほとんど結合しないように、信号線路 12_1 , 12_2 をスルービア 19_1 , 19_2 を用いて基板 11_1 , 11_2 の引き出し用の伝送線路 18_1 , 18_2 を設けた面と反対側の面に形成し、信号線路 12_1 , 12_2 同士が向かい合うようにモジュール 10_1 とモジュール 10_2 を配置することで、引き出し用の伝送線路 18_1 , 18_2 の距離を大きく離れた。なお、帰還経路 13_1 , 13_2 も引き出し用の伝送線路 18_1 , 18_2 と同じ面に設ける。

- [0158] 本発明の実施例 12 においては、結合器となる信号線路 12_1 , 12_2 を設けた基板面には半導体集積回路装置 15_1 , 15_2 や抵抗 14_1 , 14_2 などの素子が存在しないので、信号線路 12_1 , 12_2 同士をより近くに配置して結合を強くし、引き出し用の伝送線路 18_1 , 18_2 同士をより遠くに配置して結合を弱くすることができる。なお、このような構成は、後述する帰還経路を信号線路と差動線路を構成するようにした場合にも、適用されるものである。

実施例 13

- [0159] 次に、図 19 を参照して、本発明の実施例 13 のモジュール間通信装置を説明する。図 19 は、本発明の実施例 13 のモジュール間通信装置の概念的断面図である。図に示すように、実施例 11 とは異なり、両モジュール 10_1 , 10_2 の基板 11_1 , 11_2 が同じ向きに配置されている。この時、信号線路 12_1 , 12_2 の距離を短くして、引き出し用の伝送線路 18_1 , 18_2 間の距離を

長くするために、下側のモジュール 10₂に立体構造 21を備えて、信号線路 12₂を持ち上げている。

- [0160] 本発明の実施例 13においては、基板 11₁, 11₂の向きを同じにした状態で、信号線路 12₁, 12₂同士をより近くに配置して結合を強くし、引き出し用の伝送線路 18₁, 18₂同士をより遠くに配置して結合を弱くすることができる。なお、このような構成は、後述する帰還経路を信号線路と差動線路を構成するようにした場合にも、適用されるものである。

実施例 14

- [0161] 次に、図 20を参照して、本発明の実施例 14のモジュール間通信装置を説明する。図 20(a)は、モジュール単体の概念的平面図であり、図 20(b)は、本発明の実施例 14のモジュール間通信装置の概念的断面図である。本発明の実施例 14は、基板 11₁, 11₂を同じ向きに積層し、上部側に配置されるモジュール 10₁の基板 11₁の裏面の引き出し用の伝送線路 18₁を覆う位置に遮断層 22₁を設けたものである。

- [0162] このように、本発明の実施例 14においては、遮断層 22₁を設けているので、引き出し用の伝送線路 18₁, 18₂同士の結合をなくすことができる。

- [0163] 本発明の実施例 14においては、遮断層 22₁を設けているので、基板 11₁, 10₂にビアや立体構造を必要とせずに、半導体集積回路装置 15₁, 15₂と伝送線路 18₁, 18₂と信号線路 12₁, 12₂とを、その終端でインピーダンスが整合することができ、したがって、信号の反射がおこらず、高い信頼性で高速通信できる。なお、このような構成は、後述する帰還経路を信号線路と差動線路を構成するようにした場合にも、適用されるものである。

実施例 15

- [0164] 次に、図 21を参照して、本発明の実施例 15のモジュール間通信装置を説明する。図 21は、モジュール単体の概念的平面図であり、図 21(b)は、本発明の実施例 15のモジュール間通信装置の概念的断面図である。図に示すように、引き出し用の伝送線路 18₁, 18₂と信号線路 12₁, 12₂との接合部の側面を曲線にしたものである。

[0165] 本発明の実施例 15 においては、伝送線路 18_1 , 18_2 と信号線路 12_1 , 12_2 との接合部の側面を曲線にしているので、インピーダンスの急激な変化をなくし、インピーダンスを出来る限り均一にしている。その結果、インピーダンスがほぼ均一になるので信号の反射を低減でき広帯域な結合器を実現できる。なお、このような構成は、後述する帰還経路を信号線路と差動線路を構成するようにした場合にも、適用されるものである。

実施例 16

[0166] 次に、図 22 及び図 23 を参照して、本発明の実施例 16 のモジュール間通信装置を説明する。図 22 は、モジュール単体の概念的平面図である。図に示すように、信号線路 12_1 (12_2) 他端にも伝送線路 18_3 (18_4) を設け、この伝送線路 18_3 (18_4) に終端インピーダンス整合回路 23_1 (23_2) を内蔵した半導体集積回路装置 15_1 (15_2) に接続したものである。なお、半導体集積回路チップを結合器の直近に設置できれば伝送線路を介さずに直接配線で両者を接続しても良い。

[0167] インピーダンスの整合機能の全てもしくは一部が半導体集積回路装置 15_1 (15_2) の内部に搭載され、インピーダンスを調整できるようになっている。結合伝送路の線幅等パラメータの製造ばらつき、或いは、線路間距離の変動により、結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ が変化した場合に、整合用インピーダンスの値が固定であると、インピーダンス不整合が生じ、結合係数が低下する。信号反射等をモニターするなどして $Z_{0-coupled}$ の値を検出し、その変化に応じて終端インピーダンスを適応調整する。

[0168] 図 23 は、終端インピーダンス制御回路の一例の説明図であり、モジュール 10_2 の半導体集積回路装置 15_1 には、出力インピーダンスが可変の送信器が信号線路 12_2 に接続されている。同一のレプリカ送信回路が搭載され、信号線路 12_2 の他端に接続する可変終端抵抗と同一のレプリカ終端抵抗に接続される。例えば、伝送線路の結合係数が最大となる周波数に応じたパターン (00110011・・・等) を送信機から出力し、その際の送信機とレプリカ送信機の出力信号をモニターする。

- [0169] 結合伝送線路のインピーダンスと送信機および終端抵抗の値が同じとき、送信機の出力とレプリカ送信機の出力信号レベルが同じ値となる。この値を例えばピーク検出回路で検出して比較器で比較し両者が一致するように、 R_t の値を変化させる。この際、伝送線路の他端の終端も同じ値に設定する。この時、インピーダンス整合が取れる前なので、低速通信モード等を用いて他端の可変終端抵抗の値を設定する。
- [0170] 両者が一致した R_t の値をレジスタ等に保持して、以降この設定値を使用する。通信時にもモニター回路を動作させて抵抗制御を行えば、通信距離が変動する等で、伝送線路のインピーダンスが変化した場合にも最適な終端抵抗値を保つことができる。
- [0171] このように、本発明の実施例15においては、終端インピーダンス調整回路23₁、23₂を設けているので、結合線路のインピーダンスが製造ばらつき、線路間距離の変動により変化しても、インピーダンス整合が取れるので、信号の反射を防ぎ高速通信ができる。なお、半導体集積回路装置15₁、15₂を信号線路12₁、12₂の直近に設置できれば伝送線路18₁、18₂を介さずに直接配線で両者を接続しても良い。なお、このような構成は、後述する帰還経路を信号線路と差動線路を構成するようにした場合にも、適用されるものである。

実施例 17

- [0172] 次に、図24を参照して、本発明の実施例17のモジュール間通信装置を説明する。図24は、本発明の実施例17のモジュール間通信装置の概念的斜視図である。図に示すように、信号線路12₁、12₂の他端にも伝送線路18₅、18₆を設け、半導体集積回路装置15₅、15₆と接続し、各接続点で結合系インピーダンスとしてのインピーダンス整合を取る。
- [0173] 結合器の一方の端子1から端子2に電流を流すと、他方の結合器の端子4から端子3に流れる電流（逆方向電流）が端子3から端子4に流れる電流（順方向電流）に比べて十分に大きい場合に、例えば、100倍大きい場合に、端子1から入力した信号を端子3から出力すると同時に、端子2から入

力した信号を端子4から出力することができるので、1つの結合器で2つの独立した通信路を形成できる。端子1から入力した信号を端子3から出力すると同時に、端子4から入力した信号を端子2から出力することもできる。

[0174] S_{31}/s_{41} を分離係数と呼ぶと、分離係数 S_{31}/s_{41} を十分に大きくできないとき、その原因は主に2つ考えられる。一つは、信号の反射である。インピーダンスの整合をより完璧に取れば、分離係数 S_{31}/s_{41} を高くできる。二つ目は、偶モードと奇モードでの信号伝播遅延の違いである。

[0175] 例えば、マイクロストリップラインのように、比誘電率の異なる材質を用いると、偶モードと奇モードにおいて電気力線の通る場所が異なることで、信号伝播遅延の差を生じ、結合器の遠方端でノイズが発生することが原因である。そこで、材料の誘電率をできるだけ揃えれば、分離係数を高くすることができる。

[0176] 本発明の実施例17によれば、一つの結合器で同時通信可能な2つのチャネルが設置できるので、データ通信速度を2倍に高くできる。

実施例 18

[0177] 次に、図25を参照して、本発明の実施例18のモジュール間通信装置を説明する。図25(a)は、本発明の実施例18のモジュール間通信装置の概念的断面図であり、図25(b)は概念的平面図であり、図25(c)は図25(b)におけるA-A'を結ぶ一点鎖線に沿った断面図であり、図25(d)は図25(b)におけるB-B'を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。

[0178] この実施例18においては、実施例17のコプレーナ構造の代わりにマイクロストリップ構造を採用したものであり、基板11₁、11₂の裏面にプレーン31₁、31₂を設けている。

[0179] この場合も、結合器を構成する信号線路12₁、12₂の部分において、プレーン31₁、31₂を排除することで、結合器の配線間に電気力線を集中させることができ、結合器の結合度を上げることができる。なお、このプレーン3

1_1 , $3\ 1_2$ は、一般的には接地されたグランドプレーンであるが、必ずしも接地している必要はない。

[0180] また、図25(c)及び図25(d)に示すように、信号線路 $1\ 2_1$, $1\ 2_2$ の幅 W_1 を伝送線路 $1\ 8_1$, $1\ 8_2$, $1\ 8_5$, $1\ 8_6$ の幅 w_1 より細くしているので、後述する実施例23で詳述するように、結合器の結合度を大きくすることができる。

実施例 19

[0181] 次に、図26乃至図32を参照して、本発明の実施例19のモジュール間通信装置を説明する。図26は、本発明の実施例19のモジュール間通信装置の概念的斜視図である。図に示すように、帰還経路 $2\ 4_1$, $2\ 4_2$ を信号線路 $1\ 2_1$, $1\ 2_2$ と同じ構成にして差動結合器としたものである。この場合も、帰還経路 $2\ 4_1$, $2\ 4_2$ と信号線路 $1\ 2_1$, $1\ 2_2$ とを結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ に等しい特性インピーダンス Z_0 を有する抵抗 $1\ 4_1$, $1\ 4_2$ で終端する。

[0182] 一本の線路の特性インピーダンスが例えば $50\ \Omega$ ならば、差動インピーダンス Z_{diff} はおよそ $100\ \Omega$ になる。正確には、2本の線路、即ち、帰還経路 $2\ 4_1$, $2\ 4_2$ と信号線路 $1\ 2_1$, $1\ 2_2$ が遠く、典型的には線路幅の3倍以上離れて結合しない場合は $100\ \Omega$ になるが、2本の線路が近づいて近接効果が現れると $100\ \Omega$ よりも少し小さく、典型的には10%程度小さくなる。

[0183] 長さ5 mmの2本の線路の幅 W と間隔 S をいろいろと変えた結合器の結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ 、結合係数 C 、帯域(3-dB BW)を電磁解析シミュレーションで求めた結果を下表に示す。通信距離は1 mmである。

[表1]

ID	W (mm)	S (mm)	Z0-coupled (Ω)	C (dB)	3-dB BW (GHz)
1	0.5	0.5	80	18	8
2	0.5	1.0	94	16	12
3	0.5	1.5	102	14	12
4	0.5	2.0	107	13	13
5	0.5	2.5	110	13	13
6	0.5	3.0	112	12	13
7	1.0	0.5	63	13	10
8	1.0	1.0	73	11	11
9	1.0	1.5	79	10	11
10	1.0	2.0	82	10	11
11	1.0	2.5	84	9	11
12	1.0	3.0	85	9	12
13	1.5	0.5	54	10	10
14	1.5	1.0	62	9	9
15	1.5	1.5	66	8	9
16	1.5	2.0	68	7	10
17	1.5	2.5	70	7	10
18	1.5	3.0	71	7	10
19	2.0	0.5	48	9	9
20	2.0	1.0	54	7	9
21	2.0	1.5	58	7	9
22	2.0	2.0	60	6	9
23	2.0	2.5	61	6	9
24	2.0	3.0	62	6	9
25	2.5	0.5	44	8	9
26	2.5	1.0	49	7	9
27	2.5	1.5	52	6	8
28	2.5	2.0	54	6	9
29	2.5	2.5	55	5	9
30	2.5	3.0	55	5	9
31	3.0	0.5	40	8	9
32	3.0	1.0	45	6	9
33	3.0	1.5	48	6	9
34	3.0	2.0	49	5	9
35	3.0	2.5	50	5	9
36	3.0	3.0	50	5	9

[0184] 幅が0.5 mmで間隔が1.5 mmから2.5 mmのときに結合係数Cが高くて、帯域(3-dB BW)も広い。但し、インピーダンスは100 Ω 程度で、差動インピーダンスは200 Ω 程度になる。このように、伝送線路結合器の寸法は、インピーダンスや結合係数や帯域などの設計目標値と、基板

の材質などの物性値で決まる。

[0185] なお、終端抵抗は、例えば $1.6\text{ mm} \times 0.8\text{ mm}$ 程度の大きさの部品なので、伝送結合器の間隔が 1.5 mm から 2.5 mm のときは、伝送結合器の終端を緩やかに曲げて間隔を 1.6 mm 程度にして終端抵抗と接続しやすくする。なお、急激に曲げるとインピーダンスが均一にならず望ましくない。

[0186] 図 27 及び図 28 は、本発明の実施例 19 のモジュール間通信装置の特性説明図である。図 27 (a) は本発明の実施例 19 のモジュール間通信装置の等価回路図であり、ここでは、結合器、即ち、帰還経路 24_1 , 24_2 と信号線路 12_1 , 12_2 の幅 W を 0.5 mm 、間隔 S を 1.5 mm 、距離 d を 1 mm とする。

[0187] 図 27 (b) は、結合係数 S_{31} の周波数特性の結合器長依存性の説明図であり、ここでは、結合器の長さ L をそれぞれ 4 mm 、 6 mm 、 10 mm にしたときの結合係数 S_{31} を実測した結果を示す。図に示すように、 L を短くすると中心周波数が L に逆比例して高くなり、中心周波数に比例して帯域が広くなる。

[0188] 図 28 (a) は、結合係数 S_{31} の周波数特性の結合器の位置ずれ依存性の説明図であり、図に示すように、図 27 (a) に示す方向にずれた場合も結合係数はほとんど変化しない。これらのことから、モジュールの相対位置が変わってもモジュール間で通信が可能なが分かる。

[0189] 図 28 (b) は、結合係数 S_{31} の周波数特性の結合器の間隔 d 依存性の説明図であり、結合器の幅 W を 0.5 mm 、間隔 S を 1.5 mm 、長さ L を 6 mm にして、距離 d をそれぞれ 0.5 mm 、 1 mm 、 1.5 mm にしたときの結合係数 S_{31} を実測した結果を示す。図に示すように、モジュール間隔 d が開いて通信距離が長くなると結合係数 S_{31} は低くなるが、帯域はほとんど変わらない。従って、通信距離に応じて、受信器の入力段の増幅器のゲインを調整すれば、距離が変化しても同じ速度で通信できる。

[0190] 図 29 は、本発明の実施例 19 のモジュール間通信装置を構成する送受信

回路の構成説明図であり、図30は動作波形の一例の説明図である。送信側のモジュールで送信デジタルデータに応じて出力バッファの出力電圧値を変化させると、差動結合器に流れる電流が変化し、受信モジュール側では送信モジュール側の電流の向きに対して逆向きに、送信側の信号波形を微分した信号が発生する。微分信号が発生する理由は、結合器の低域において、磁界結合と同様の周波数特性を有するからである。

[0191] 受信器では、受信信号を広帯域低ノイズアンプで増幅した後にヒステリシス比較器を通して、元の信号を復元する。通信路で信号が微分されるとき送受信の方法としては、他にもいろいろ考えられる。例えば、受信器で積分回路を用いて積分しても良い。或いは、送信器と受信器で組み合わせて積分しても良い。積分演算は、アナログ回路で行ってもよいし、デジタル信号処理で行っても構わない。

[0192] 図31は、本発明の実施例19における周波数特性の実測結果の説明図であり、シミュレーション結果にほぼ等しい周波数特性が得られた。

[0193] 図32は、擬似ランダムデータを用いてデータ通信を行ったときの、ビット誤り率（BER）とデータ転送速度の関係の実測データの説明図であり、実施例19の構成により、高い信頼性で高速なデータ通信ができることが分かる。

[0194] このように、本発明の実施例19においては、差動構成なのでシングルエンドに比べて同相ノイズに対する耐性が高い。また、結合系インピーダンス $Z_{0-coupled}$ の制御をやすく、帰還経路が無くても良いので、設計が簡単である。なお、この実施例17では差動線路の一方が信号経路で他方が帰還経路であるが、差動線路の他に帰還経路を設けても構わない。

実施例 20

[0195] 次に、図33を参照して、本発明の実施例20のモジュール間通信装置を説明する。図33は、本発明の実施例20のモジュール間通信装置の概念的斜視図である。この実施例18においては、信号線路 12_1 、 12_2 及び帰還経路 24_1 、 24_2 のすべてに引き出し用の伝送線路 25_1 、 25_2 、 26_1 、 26_2 を

設けたものである。

[0196] この場合も、半導体集積回路装置 15_1 , 15_2 と伝送線路 25_1 , 25_2 , 26_1 , 26_2 と信号線路 12_1 , 12_2 及び帰還経路 24_1 , 24_2 がそれぞれインピーダンス整合して接続され、信号線路 12_1 , 12_2 及び帰還経路 24_1 , 24_2 の終端もインピーダンス整合されている。

[0197] モジュール 10_1 とモジュール 10_2 の伝送線路 25_1 , 25_2 , 26_1 , 26_2 同士は結合しない方が望ましいので、例えば、伝送線路 25_1 , 25_2 , 26_1 , 26_2 は信号線路 12_1 , 12_2 及び帰還経路 24_1 , 24_2 より細い線幅を用いたり、或いは、積層方向から見て投影的に同じ位置に配置されないように、それぞれの伝送線路を離してレイアウトするのが望ましい。

[0198] この図では差動伝送路が密に結合、典型的には伝送線路 25_1 , 25_2 , 26_1 , 26_2 の間隔が幅の3倍以内に配置されて結合している。この場合、差動線路の他に別途、帰還経路を例えば伝送線路 25_1 , 25_2 , 26_1 , 26_2 の隣に平行に設けたり、或いは、FCBの反対面に設けても良い。

[0199] 本発明の実施例20においては、引き出し用の伝送線路 25_1 , 25_2 , 26_1 , 26_2 を設けているので、差動特性による効果に加えて、送受信器を備えた半導体集積回路装置 15_1 , 15_2 を信号線路 12_1 , 12_2 及び帰還経路 24_1 , 24_2 から離れたところにでも設置できるので、設計の自由度が増す。

実施例 21

[0200] 次に、図34を参照して、本発明の実施例21のモジュール間通信装置を説明する。図34(a)は、本発明の実施例21のモジュール間通信装置の概念的断面図であり、図34(b)は概念的平面図であり、図34(c)は図34(b)におけるA-A'を結ぶ一点鎖線に沿った断面図であり、図34(d)は図34(b)におけるB-B'を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。

[0201] この実施例21においては、実施例20にマイクロストリップ構造を採用したものであり、基板 11_1 , 11_2 の裏面にプレーン 31_1 , 31_2 を設け、ビア 32_1 , 32_2 及びランド 33_1 , 33_2 を介して抵抗 14_1 , 14_2 と接続してい

る。

[0202] この場合、結合器を構成する信号線路 $1\ 2_1$, $1\ 2_2$ 及び帰還経路 $2\ 4_1$, $2\ 4_2$ の部分において、プレーン $3\ 1_1$, $3\ 1_2$ を排除することで、結合器の配線間に電気力線を集中させることができ、結合器の結合度を上げることができる。なお、この場合も、プレーン $3\ 1_1$, $3\ 1_2$ は、一般的には接地されたグランドプレーンであるが、必ずしも接地している必要はない。

[0203] また、図 3 4 (c) 及び図 3 4 (d) に示すように、信号線路 $1\ 2_1$, $1\ 2_2$ 及び帰還経路 $2\ 4_1$, $2\ 4_2$ の幅 W_1 を伝送線路 $2\ 5_1$, $2\ 5_2$, $2\ 6_1$, $2\ 6_2$ の幅 w_1 より細くしているので、後述する実施例 2 3 で詳述するように、結合器の結合度を大きくすることができる。また、信号線路 $1\ 2_1$, $1\ 2_2$ と帰還経路 $2\ 4_1$, $2\ 4_2$ の間隔 S_1 を伝送線路 $2\ 5_1$, $2\ 5_2$ と伝送線路 $2\ 6_1$, $2\ 6_2$ の間隔 s_1 より広くしているので、この点でも結合器の結合度を大きくすることができる。

実施例 22

[0204] 次に、図 3 5 を参照して、本発明の実施例 2 2 のモジュール間通信装置を説明する。図 3 5 は、本発明の実施例 2 2 のモジュール間通信装置の概念的斜視図である。この実施例 2 2 においては、信号線路 $1\ 2_1$, $1\ 2_2$ 及び帰還経路 $2\ 4_1$, $2\ 4_2$ の他端にも引き出し用の伝送線路 $2\ 5_3$, $2\ 5_4$, $2\ 6_3$, $2\ 6_4$ を設け、この引き出し用の伝送線路 $2\ 5_3$, $2\ 5_4$, $2\ 6_3$, $2\ 6_4$ に半導体集積回路装置 $1\ 5_5$, $1\ 5_6$ を接続したものである。

[0205] 本発明の実施例 2 2 においては、差動特性による効果に加えて、一つの結合器で同時通信可能な 2 つのチャネルが設置できるので、データ通信速度を 2 倍に高くできる。

実施例 23

[0206] 次に、図 3 6 乃至図 3 8 を参照して、本発明の実施例 2 3 のモジュール間通信装置を説明する。図 3 6 (a) は、本発明の実施例 2 3 のモジュール間通信装置の概念的断面図であり、図 3 6 (b) は概念的平面図であり、図 3 6 (c) は図 3 6 (b) における A-A' を結ぶ一点鎖線に沿った断面図で

あり、図36(d)は図36(b)におけるB-B'を結ぶ一点鎖線に沿った断面図である。

[0207] この実施例23においては、実施例22にマイクロストリップ構造を採用したものであり、基板11₁、11₂の裏面にプレーン31₁、31₂を設けるとともに、信号線路12₁、12₂と帰還経路24₁、24₂の間隔S₁を伝送線路25₁、25₂、25₃、25₄と伝送線路26₁、26₂、26₃、26₄の間隔s₁より広くしている

[0208] この場合、結合器を構成する信号線路12₁、12₂及び帰還経路24₁、24₂の部分において、プレーン31₁、31₂を排除することで、結合器の配線間に電気力線を集中させることができ、結合器の結合度を上げることができる。なお、この場合も、プレーン31₁、31₂は、一般的には接地されたグランドプレーンであるが、必ずしも接地している必要はない。

[0209] ここで、プレーン31₁、31₂を設ける意義を詳述する。差動型結合器に繋がる引き出し用の伝送線路25₁、25₂、25₃、25₄、26₁、26₂、26₃、26₄には、信号線路12₁、12₂及び帰還経路24₁、24₂の間隔が幅の3倍以上に配置されて疎に結合している場合と、間隔が幅の3倍以内に配置されて密に結合している場合がある。疎に結合している場合は、線路の差動モードの特性インピーダンスを規定するために、図に示すようにプレーン31₁、31₂上に配置される必要がある。

[0210] 一方、密に結合している場合も、ノイズに対する耐性を上げるため、また同相モードの特性インピーダンスも規定するために、図に示すようにプレーン31₁、31₂上に配置されるのが望ましい。但し、結合器の部分においてはプレーン31₁、31₂を排除することで、結合器の配線間に電気力線を集中させることができ、結合器の結合度を上げることができる。

[0211] 次に、伝送線路25₁、25₂、25₃、25₄、26₁、26₂、26₃、26₄と、信号線路12₁、12₂及び帰還経路24₁、24₂の間隔及び幅の関係を説明する。プレーン31₁、31₂と伝送線路25₁、25₂、25₃、25₄、26₁、26₂、26₃、26₄の距離(t)は、典型的には0.02mm程度(フレキシ

ブル基板の場合) ~ 0.1 mm 程度 (FR4 回路基板の場合) である。差動の特性インピーダンスを例えば 100 Ω とする場合 (各線単相で 50 Ω に相当)、線幅 w_1 と間隔 s_1 は、典型的には 0.1 ~ 0.4 mm 程度になる。

[0212] 引き出し用の伝送線路 $25_1, 25_2, 25_3, 25_4, 26_1, 26_2, 26_3, 26_4$ と結合器を構成する信号線路 $12_1, 12_2$ 及び帰還経路 $24_1, 24_2$ の接続部分での信号の反射を防ぐためには、伝送線路 $25_1, 25_2, 25_3, 25_4, 26_1, 26_2, 26_3, 26_4$ と結合器のインピーダンスを整合させる必要がある。結合器部分の特性インピーダンス Z_{ver} は遇モードインピーダンス ($Z_{even, ver}$) および奇モードインピーダンス ($Z_{odd, ver}$) を用いて上述の式 (3) と同様に下記の式 (7) で表わされる。

[数7]

$$Z_{ver} = \sqrt{Z_{even, ver} \cdot Z_{odd, ver}} \quad \dots \dots (7)$$

[0213] 伝送線路 $25_1, 25_2, 25_3, 25_4, 26_1, 26_2, 26_3, 26_4$ の特性インピーダンスを例えば 100 Ω とする場合、結合器部分の差動の特性インピーダンス Z_{ver} も 100 Ω (単相で 50 Ω) となるように $Z_{even, ver}, Z_{odd, ver}$ を設定する。

[0214] 図 37 は、インピーダンスの線幅依存性及び間隔依存性の説明図であり、図 37 (a) は、遇モードインピーダンス $Z_{even, ver}$ の線幅依存性及び間隔依存性の説明図であり、図 37 (b) は奇モードインピーダンス $Z_{odd, ver}$ の線幅依存性及び間隔依存性の説明図である。なお、ここでは、結合器間距離 $d_1 = 1$ mm の場合の値を電磁界解析シミュレータで求めた結果を示している。

[0215] 図 37 に示すように、信号線路 $12_1, 12_2$ 及び帰還経路 $24_1, 24_2$ の間隔 S_1 を一定にして線幅 W_1 を広くすると線間容量が大きくなり、 $Z_{even, ver}, Z_{odd, ver}$ のいずれも減少する。また、線幅 W_1 を一定にして間隔 S_1 を広く取ると、斜めに対向する線間距離の増加により容量が減少し、また磁束が形成される面積が大きくなるため、 $Z_{even, ver}, Z_{odd, ver}$ は増大する。

[0216] 一方、結合器間の結合度は、上述の式（２）と同様に、下記の式（８）で表される。

[数8]

$$C = 20 \log \left(\frac{Z_{\text{even,ver}} - Z_{\text{odd,ver}}}{Z_{\text{even,ver}} + Z_{\text{odd,ver}}} \right) \quad \dots (8)$$

したがって、 $Z_{\text{even,ver}}$ 、 $Z_{\text{odd,ver}}$ の差を大きくとることで結合を強くすることができる。

[0217] 図３７から、例えば、 $W_1 = 0.5 \text{ mm}$ 、 $s_1 = 0.2 \text{ mm}$ にすると、 $Z_{\text{even,ver}} \doteq 60 \Omega$ 、 $Z_{\text{odd,ver}} \doteq 45 \Omega$ となり、 $Z_{\text{ver}} \doteq 50 \Omega$ となる。このとき結合度は -17 dB 程度となる。次に、 $W_1 = 2 \text{ mm}$ 、 $s_1 = 0.8 \text{ mm}$ 程度とすると、 $Z_{\text{even,ver}} \doteq 80 \Omega$ 、 $Z_{\text{odd,ver}} \doteq 30 \Omega$ となり、 $Z_{\text{ver}} \doteq 50 \Omega$ となる。このとき結合度は -7 dB 程度となり、さき程よりも結合が強くなる。

[0218] W_1 と s_1 をさらに広く取ると結合度を更に上げることができるが、結合器のサイズが大きくなり実装効率が劣化すること、また結合器の長さ方向との兼ね合いで周波数帯域が変化することなどの理由により、 W_1 と s_1 には上限がある。

[0219] また、線幅や間隔が広いほど結合部の合わせ誤差の影響を受けにくく、典型的には $W_1 > 0.3 \text{ mm}$ が必要である。これらの理由から $W_1 \geq w_1$ となるように設計することで結合度を大きくすることができる。

[0220] また、結合器の線幅 W_1 を大きくすることで、１対の結合器を対向させて結合させる場合に、位置合わせの誤差を生じても結合度があまり低下せず、位置合わせの誤差許容範囲を大きくして実装を容易にする効果も生じる。

[0221] また、結合器の間隔 S_1 が狭くなると、結合器部分の特性インピーダンスは、他の３つの結合器からの影響を受けるので、設計が非常に難しくなる。一方、結合器の間隔 S_1 を十分に広く設定すると、結合器部分の特性インピーダ

ンスは、結合相手からの影響のみで決まるので、設計が容易になる。したがって設計の容易さの観点からも $S_1 \geq s_1$ にすることが望ましい。

[0222] また、結合器の間隔 S_1 が線幅 W_1 よりも大きくなるほど、差動結合が疎になるので設計が容易になる。特に、間隔 S_1 が線幅 W_1 の 2 倍以上になると結合が十分疎になるので望ましい。一方、間隔 S_1 が線幅 W_1 の 3 倍以上になると、どれだけ間隔 S_1 を離してもインピーダンスに影響がなくなる。

[0223] したがって、この実施例 23 では、結合器を構成する信号線路 $1\ 2_1$, $1\ 2_2$ 及び帰還経路 $2\ 4_1$, $2\ 4_2$ の線幅 W_1 或いは間隔 S_1 を引き出し用の伝送線路 $2\ 5_1$, $2\ 5_2$, $2\ 6_1$, $2\ 6_2$ の線幅 w_1 と間隔 s_1 よりも大きくしているので、結合器の結合度を大きくすることができる。

[0224] 図 38 は、結合器を構成する信号線路 $1\ 2_1$, $1\ 2_2$ 及び帰還経路 $2\ 4_1$, $2\ 4_2$ と引き出し用の伝送線路 $2\ 5_1$, $2\ 5_2$, $2\ 5_3$, $2\ 5_4$, $2\ 6_1$, $2\ 6_2$, $2\ 6_3$, $2\ 6_4$ の接続部分のパターンの説明図であり、いずれの場合も同様な効果がえられる。

[0225] 以上の本発明の各実施例を説明してきたが、本発明は、具体的に示した構成に限られるものではなく、互いに作用が矛盾しない限り、各特徴的構成を組み合わせても良いことは言うまでもない。例えば、上述のように、差動構成の実施例 17 乃至実施例 19 に記載された発明に対して、実施例 2、実施例 4、実施例 5、実施例 6、実施例 7、実施例 8、実施例 10、実施例 11、実施例 12、実施例 13、実施例 14 或いは実施例 15 の構成を適宜組み合わせても良いものである。

請求の範囲

- [請求項1] 特性インピーダンスが Z_{01} のインピーダンスを有する第1信号線路と、
- 前記第1信号線路の帰還経路を提供する第1帰還信号線路と
- 前記第1信号線路と前記第1帰還信号線路とを終端する第1終端部材と、
- 送受信回路を備えた第1半導体集積回路装置と
- を少なくとも有する第1モジュールと、
- 特性インピーダンスが Z_{02} のインピーダンスを有する第2信号線路と、
- 前記第2信号線路の帰還経路を提供する第2帰還信号線路と
- 前記第2信号線路と前記第2帰還信号線路とを終端する第2終端部材と、
- 送受信回路を備えた第2半導体集積回路装置と
- を少なくとも有する第2モジュールとを、
- 互いに対向させて近接配置されとともに、
- 前記第1終端部材及び前記第2終端部材のインピーダンスが、前記 Z_{01} 及び Z_{02} とは異なる前記第1モジュールと前記第2モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスであることを特徴とするモジュール間通信装置。
- [請求項2] 前記第1信号線路が、第1絶縁性基板上に設けられた信号波長の $1/10$ 以上の長さを有する信号線路であり、
- 前記第1半導体集積回路装置が前記第1信号線路と前記第1帰還信号線路とに接続され、
- 前記第2信号線路が、第2絶縁性基板上に設けられた信号波長の $1/10$ 以上の長さを有する信号線路であり、
- 前記第2半導体集積回路装置が、前記第2信号線路と前記第2帰還信号線路とに接続され、

前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、且つ、

前記第 1 帰還信号線路と前記第 2 帰還信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、

前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて信号結合が生じ、前記第 1 帰還信号線路と第 2 帰還信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて帰還信号結合が生じ、

前記信号結合によって前記第 2 信号線路に前記第 1 信号線路の信号が伝送されるように積層することを特徴とする請求項 1 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項3] 前記帰還信号結合が前記信号結合と同じもしくはそれよりも強いことを特徴とする請求項 2 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項4] 前記第 1 帰還信号線路が前記第 1 信号線路に対してコプレーナ構造を形成し、

前記第 2 帰還信号線路が前記第 2 信号線路に対してコプレーナ構造を形成することを特徴とする請求項 2 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項5] 前記第 1 帰還信号線路が前記第 1 信号線路の両側に対して対称構造を有し、

前記第 2 帰還信号線路が前記第 2 信号線路の両側に対して対称構造を有することを特徴とする請求項 4 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項6] 前記第 1 絶縁性基板の前記第 1 信号線路を配置した面と反対側の面に第 1 電磁シールド層を有し、

前記第 2 絶縁性基板の前記第 2 信号線路を配置した面と反対側の面に第 2 電磁シールド層を有することを特徴とする請求項 2 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項7] 前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路との間隔或いは前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路との重なりの幅のいずれかが信号の伝搬方向

で異なることにより前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路との結合状態が前記信号の伝搬方向で異なることを特徴とする請求項 2 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項 8] 前記第 1 モジュール或いは第 2 モジュールの一方が、前記第 1 信号線路或いは第 2 信号線路に対して、ダミー結合器を挟んで、第 3 信号線路及び前記第 3 信号線路の帰還経路を提供する第 3 帰還信号線路とを有し、

前記第 3 信号線路と前記第 3 帰還信号線路とを終端する第 3 終端部材と、

前記第 3 信号線路と前記第 3 帰還信号線路とに接続された送受信回路を備えた第 3 半導体集積回路装置とを有することを特徴とする請求項 2 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項 9] 前記第 1 信号線路が、前記第 1 モジュールと前記第 2 モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスを有する第 1 引き出し用伝送線路を介して前記第 1 半導体集積回路装置と接続し、

前記第 2 信号線路が、前記結合系インピーダンスを有する第 2 引き出し用伝送線路を介して前記第 2 半導体集積回路装置と接続していることを特徴とする請求項 2 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項 10] 前記第 1 絶縁性基板の前記第 1 信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第 1 信号線路に対向する部分が欠落部となっている第 1 のプレーンを有し、

前記第 2 絶縁性基板の前記第 2 信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第 2 信号線路に対向する部分が欠落部となっている第 2 のプレーンを有することを特徴とする請求項 9 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項 11] 前記第 1 信号線路の線幅が、前記第 1 引き出し用伝送線路の線幅より大きい或いは等しく、

前記第 2 信号線路の線幅が、前記第 2 引き出し用伝送線路の線幅より大きいとか或いは等しいことを特徴とする請求項 9 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項12] 前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路が積層方向からみて互いに整列した状態において、前記第 1 引き出し用伝送線路と前記第 2 引き出し用伝送線路とが互いに異なった方向に延在していることを特徴とする請求項 9 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項13] 前記第 1 引き出し用伝送線路と前記第 2 引き出し用伝送線路との対向間隔が、

前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路との対向間隔より広いことを特徴とする請求項 9 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項14] 少なくとも前記第 1 絶縁性基板の前記第 1 引き出し用伝送線路を配置した面と反対の面であって、前記第 2 モジュールに対向する面に、前記第 1 引き出し用伝送線路をシールドする第 1 補助電磁シールド層を有することを特徴とする請求項 9 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項15] 前記第 1 信号線路と前記第 1 引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなり、

前記第 2 信号線路と前記第 2 引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなることを特徴とする請求項 9 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項16] 前記第 1 信号線路の前記第 1 引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第 1 インピーダンス調整用伝送線路を有し、

前記第 1 インピーダンス調整用伝送線路に、第 1 インピーダンス整合回路が接続され、

前記第 2 信号線路の前記第 2 引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第 2 インピーダンス調整用伝送線路を有し、

前記第 2 インピーダンス調整用伝送線路に、第 2 インピーダンス整合回路が接続されていることを特徴とする請求項 9 に記載のモジュール間通信装置。

ル間通信装置。

[請求項17] 前記第1絶縁性基板の前記第1信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第1信号線路に対向する部分が欠落部となっている第1のプレーンを有し、

前記第2絶縁性基板の前記第2信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第2信号線路に対向する部分が欠落部となっている第2のプレーンを有することを特徴とする請求項16に記載のモジュール間通信装置。

[請求項18] 前記第1信号線路の線幅が、前記第1引き出し用伝送線路の線幅及び前記第1インピーダンス調整用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しく、

前記第2信号線路の線幅が、前記第2引き出し用伝送線路の線幅及び前記第2インピーダンス調整用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項16に記載のモジュール間通信装置。

[請求項19] 前記第1信号線路の前記第1引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第3引き出し用伝送線路を有し、

前記第3引き出し用伝送線路に、送受信回路を備えた半導体集積回路装置が接続されており、

前記第2信号線路の前記第2引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第4引き出し用伝送線路を有し、

前記第4引き出し用伝送線路に、送受信回路を備えた半導体集積回路装置が接続されていることを特徴とする請求項9に記載のモジュール間通信装置。

[請求項20] 前記第1帰還信号線路が、前記第1信号線路と差動線路を構成し、
前記第2帰還信号線路が、前記第2信号線路と差動線路を構成することを特徴とする請求項2に記載のモジュール間通信装置。

[請求項21] 前記第1絶縁性基板の前記第1信号線路を配置した面と反対側の面に第1電磁シールド層を有し、

前記第2絶縁性基板の前記第2信号線路を配置した面と反対側の面に第2電磁シールド層を有することを特徴とする請求項20に記載のモジュール間通信装置。

[請求項22] 前記第1信号線路と前記第2信号線路との間隔或いは前記第1信号線路と前記第2信号線路との重なる幅のいずれかが信号の伝搬方向で異なることにより前記第1信号線路と前記第2信号線路との結合状態が前記信号の伝搬方向で異なることを特徴とする請求項20に記載のモジュール間通信装置。

[請求項23] 前記第1モジュール或いは第2モジュールの一方が、前記第1信号線路或いは第2信号線路に対して、ダミー結合器を挟んで、第3信号線路及び前記第3信号線路と差動線路を構成する帰還経路を提供する第3帰還信号線路とを有し、

前記第3信号線路と前記第3帰還信号線路とを終端する第3終端部材と、

前記第3信号線路と前記第3帰還信号線路とに接続された送受信回路を備えた第3半導体集積回路装置と

を有することを特徴とする請求項20に記載のモジュール間通信装置。

[請求項24] 前記第1信号線路と前記第1帰還信号線路がそれぞれ前記第1モジュールと前記第2モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合インピーダンスを有し且つ前記第1半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路を有し、

前記第2信号線路と前記第2帰還信号線路がそれぞれ前記結合系インピーダンスを有し且つ前記第2半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路を有することを特徴とする請求項20に記載のモジュール間通信装置。

[請求項25] 前記第1絶縁性基板の前記第1信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第1信号線路に対向する部分が欠落部となっている第1

のプレーンを有し、

前記第2絶縁性基板の前記第2信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第2信号線路に対向する部分が欠落部となっている第2のプレーンを有することを特徴とする請求項24に記載のモジュール間通信装置。

[請求項26] 前記第1信号線路及び前記第1帰還信号線の線幅が、前記引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しく、

前記第2信号線路及び前記第1帰還信号線の線幅が、前記引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項24に記載のモジュール間通信装置。

[請求項27] 前記第1信号線路と前記第1帰還信号線との間隔が前記引き出し用伝送線路同士の間隔より大きいか或いは等しく、

前記第2信号線路と前記第2帰還信号線との間隔が前記引き出し用伝送線路同士の間隔より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項24に記載のモジュール間通信装置。

[請求項28] 前記第1信号線路と前記第1帰還信号線との間隔が、前記第1信号線路及び前記第1帰還信号線の線幅より大きいか或いは等しく、
前記第2信号線路と前記第2帰還信号線との間隔が、前記第2信号線路及び前記第2帰還信号線の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項24に記載のモジュール間通信装置。

[請求項29] 前記第1信号線路と前記第2信号線路が積層方向からみて互いに整列した状態において、前記第1半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路と、前記第2半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路とが互いに異なった方向に延在していることを特徴とする請求項24に記載のモジュール間通信装置。

[請求項30] 前記第1半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路と前記第2半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との対向間隔が、

前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路との対向間隔より広いことを特徴とする請求項 24 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項31] 少なくとも前記第 1 絶縁性基板の前記第 1 引き出し用伝送線路を配置した面と反対の面であって、前記第 2 モジュールに対向する面に、前記第 1 半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路をシールドする第 1 補助電磁シールド層を有することを特徴とする請求項 24 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項32] 前記第 1 信号線路と前記引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなり、

前記第 1 帰還信号線路と前記引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなり、

前記第 2 信号線路と前記引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなり、

前記第 2 帰還信号線路と前記引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなることを特徴とする請求項 24 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項33] 前記第 1 信号線路の前記第 1 半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第 1 インピーダンス調整用伝送線路を有し、

前記第 1 インピーダンス調整用伝送線路に、第 1 インピーダンス整合回路が接続され、

前記第 2 信号線路の前記第 2 半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第 2 インピーダンス調整用伝送線路を有し、

前記第 2 インピーダンス調整用伝送線路に、第 2 インピーダンス整合回路が接続されていることを特徴とする請求項 24 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項34] 前記第 1 信号線路及び前記第 1 帰還信号線路の前記第 1 半導体集積

回路装置と接続する引き出し用伝送線路との結合部との反対側のそれぞれの端に送受信回路を備えた半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路を有するとともに、

前記第2信号線路及び前記第2帰還信号線路の前記第2半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との結合部との反対側のそれぞれの端に送受信回路を備えた半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路を有し、

前記各引き出し用伝送線路のインピーダンスは前記 Z_{01} 及び Z_{02} とは異なる前記第1モジュールと前記第2モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスであることを特徴とする請求項24に記載のモジュール間通信装置。

[請求項35] 前記第1絶縁性基板の前記第1信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第1信号線路に対向する部分が欠落部となっている第1のプレーンを有し、

前記第2絶縁性基板の前記第2信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第2信号線路に対向する部分が欠落部となっている第2のプレーンを有することを特徴とする請求項34に記載のモジュール間通信装置。

[請求項36] 前記第1信号線路及び前記第1帰還信号線の線幅が、前記各引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しく、

前記第2信号線路及び前記第1帰還信号線の線幅が、前記各引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項34に記載のモジュール間通信装置。

[請求項37] 前記第1信号線路と前記第1帰還信号線との間隔が前記各引き出し用伝送線路同士の間隔より大きいか或いは等しく、

前記第2信号線路と前記第2帰還信号線との間隔が前記各引き出し用伝送線路同士の間隔より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項34に記載のモジュール間通信装置。

- [請求項38] 前記第1信号線路と前記第1帰還信号線との間隔が、前記第1信号線路及び前記第1帰還信号線の線幅より大きいか或いは等しく、
- 前記第2信号線路と前記第2帰還信号線との間隔が、前記第2信号線路及び前記第2帰還信号線の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項34に記載のモジュール間通信装置。

補正された請求の範囲

[2012年6月15日 (15.06.2012) 国際事務局受理]

[請求項 1] (削除)

[請求項 2] (削除)

[請求項 3] (削除)

[請求項 4] (削除)

[請求項 5] (削除)

[請求項 6] (削除)

[請求項 7] (補正後) 特性インピーダンスが Z_{01} のインピーダンスを有する第 1 信号線路と、

前記第 1 信号線路の帰還経路を提供する第 1 帰還信号線路と

前記第 1 信号線路と前記第 1 帰還信号線路とを終端する第 1 終端部材と、

送受信回路を備えた第 1 半導体集積回路装置と
を少なくとも有する第 1 モジュールと、

特性インピーダンスが Z_{02} のインピーダンスを有する第 2 信号線路と、

前記第 2 信号線路の帰還経路を提供する第 2 帰還信号線路と

前記第 2 信号線路と前記第 2 帰還信号線路とを終端する第 2 終端部材と、

送受信回路を備えた第 2 半導体集積回路装置と
を少なくとも有する第 2 モジュールとを、

互いに対向させて近接配置されるときに、

前記第 1 終端部材及び前記第 2 終端部材のインピーダンスが、前記 Z_{01} 及び Z_{02} とは異なる前記第 1 モジュールと前記第 2 モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスであり、

前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、且つ、

前記第 1 帰還信号線路と前記第 2 帰還信号線路とがその少なくとも一

部が積層方向から見て投影的に重なり、

前記第1信号線路と前記第2信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて信号結合が生じ、前記第1帰還信号線路と第2帰還信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて帰還信号結合が生じ、

前記信号結合によって前記第2信号線路に前記第1信号線路の信号が伝送されるように積層され、

前記第1信号線路と前記第2信号線路との間隔或いは前記第1信号線路と前記第2信号線路との重なり幅のいずれかが信号の伝搬方向で異なることにより前記第1信号線路と前記第2信号線路との結合状態が前記信号の伝搬方向で異なることを特徴とするモジュール間通信装置。

[請求項8] (補正後) 特性インピーダンスが Z_{01} のインピーダンスを有する第1信号線路と、

前記第1信号線路の帰還経路を提供する第1帰還信号線路と

前記第1信号線路と前記第1帰還信号線路とを終端する第1終端部材と、

送受信回路を備えた第1半導体集積回路装置とを少なくとも有する第1モジュールと、

特性インピーダンスが Z_{02} のインピーダンスを有する第2信号線路と、

前記第2信号線路の帰還経路を提供する第2帰還信号線路と

前記第2信号線路と前記第2帰還信号線路とを終端する第2終端部材と、

送受信回路を備えた第2半導体集積回路装置とを少なくとも有する第2モジュールとを、

互いに対向させて近接配置されるときに、

前記第1終端部材及び前記第2終端部材のインピーダンスが、前記 Z_{01} 及び Z_{02} とは異なる前記第1モジュールと前記第2モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスであり、

前記第1信号線路と前記第2信号線路とがその少なくとも一部が積層

方向から見て投影的に重なり、且つ、

前記第1帰還信号線路と前記第2帰還信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、

前記第1信号線路と前記第2信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて信号結合が生じ、前記第1帰還信号線路と第2帰還信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて帰還信号結合が生じ、

前記信号結合によって前記第2信号線路に前記第1信号線路の信号が伝送されるように積層され、

前記第1モジュール或いは第2モジュールの一方が、前記第1信号線路或いは第2信号線路に対して、ダミー結合器を挟んで、第3信号線路及び前記第3信号線路の帰還経路を提供する第3帰還信号線路とを有し、

前記第3信号線路と前記第3帰還信号線路とを終端する第3終端部材と、

前記第3信号線路と前記第3帰還信号線路とに接続された送受信回路を備えた第3半導体集積回路装置とを有することを特徴とするモジュール間通信装置。

[請求項 9] (補正後) 特性インピーダンスが Z_{01} のインピーダンスを有する第1信号線路と、

前記第1信号線路の帰還経路を提供する第1帰還信号線路と

前記第1信号線路と前記第1帰還信号線路とを終端する第1終端部材と、

送受信回路を備えた第1半導体集積回路装置とを少なくとも有する第1モジュールと、

特性インピーダンスが Z_{02} のインピーダンスを有する第2信号線路と、

前記第2信号線路の帰還経路を提供する第2帰還信号線路と

前記第2信号線路と前記第2帰還信号線路とを終端する第2終端部材と、

送受信回路を備えた第2半導体集積回路装置と

を少なくとも有する第2モジュールとを、

互いに対向させて近接配置されるとともに、

前記第1終端部材及び前記第2終端部材のインピーダンスが、前記 Z_{01} 及び Z_{02} とは異なる前記第1モジュールと前記第2モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスであり、

前記第1信号線路と前記第2信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、且つ、

前記第1帰還信号線路と前記第2帰還信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、

前記第1信号線路と前記第2信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて信号結合が生じ、前記第1帰還信号線路と第2帰還信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて帰還信号結合が生じ、

前記信号結合によって前記第2信号線路に前記第1信号線路の信号が伝送されるように積層され、

前記第1信号線路が、前記第1モジュールと前記第2モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスを有する第1引き出し用伝送線路を介して前記第1半導体集積回路装置と接続し、

前記第2信号線路が、前記結合系インピーダンスを有する第2引き出し用伝送線路を介して前記第2半導体集積回路装置と接続していることを特徴とするモジュール間通信装置。

[請求項10] 前記第1絶縁性基板の前記第1信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第1信号線路に対向する部分が欠落部となっている第1のプレーンを有し、

前記第2絶縁性基板の前記第2信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第2信号線路に対向する部分が欠落部となっている第2のプレーンを有することを特徴とする請求項9に記載のモジュール間通信装置。

- [請求項 11] 前記第 1 信号線路の線幅が、前記第 1 引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しく、
- 前記第 2 信号線路の線幅が、前記第 2 引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項 9 に記載のモジュール間通信装置。
- [請求項 12] 前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路が積層方向からみて互いに整列した状態において、前記第 1 引き出し用伝送線路と前記第 2 引き出し用伝送線路とが互いに異なった方向に延在していることを特徴とする請求項 9 に記載のモジュール間通信装置。
- [請求項 13] 前記第 1 引き出し用伝送線路と前記第 2 引き出し用伝送線路との対向間隔が、
- 前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路との対向間隔より広いことを特徴とする請求項 9 に記載のモジュール間通信装置。
- [請求項 14] 少なくとも前記第 1 絶縁性基板の前記第 1 引き出し用伝送線路を配置した面と反対の面であって、前記第 2 モジュールに対向する面に、前記第 1 引き出し用伝送線路をシールドする第 1 補助電磁シールド層を有することを特徴とする請求項 9 に記載のモジュール間通信装置
- [請求項 15] 前記第 1 信号線路と前記第 1 引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなり、
- 前記第 2 信号線路と前記第 2 引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなることを特徴とする請求項 9 に記載のモジュール間通信装置。
- [請求項 16] 前記第 1 信号線路の前記第 1 引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第 1 インピーダンス調整用伝送線路を有し、
- 前記第 1 インピーダンス調整用伝送線路に、第 1 インピーダンス整合回路が接続され、
- 前記第 2 信号線路の前記第 2 引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第 2 インピーダンス調整用伝送線路を有し、

前記第2インピーダンス調整用伝送線路に、第2インピーダンス整合回路が接続されていることを特徴とする請求項9に記載のモジュール間通信装置。

[請求項17] 前記第1絶縁性基板の前記第1信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第1信号線路に対向する部分が欠落部となっている第1のプレーンを有し、

前記第2絶縁性基板の前記第2信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第2信号線路に対向する部分が欠落部となっている第2のプレーンを有することを特徴とする請求項16に記載のモジュール間通信装置。

[請求項18] 前記第1信号線路の線幅が、前記第1引き出し用伝送線路の線幅及び前記第1インピーダンス調整用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しく、

前記第2信号線路の線幅が、前記第2引き出し用伝送線路の線幅及び前記第2インピーダンス調整用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項16に記載のモジュール間通信装置

[請求項19] 前記第1信号線路の前記第1引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第3引き出し用伝送線路を有し、

前記第3引き出し用伝送線路に、送受信回路を備えた半導体集積回路装置が接続されており、

前記第2信号線路の前記第2引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第4引き出し用伝送線路を有し、

前記第4引き出し用伝送線路に、送受信回路を備えた半導体集積回路装置が接続されていることを特徴とする請求項9に記載のモジュール間通信装置。

[請求項20] (削除)

[請求項21] (削除)

[請求項 22] (補正後) 特性インピーダンスが Z_{01} のインピーダンスを有する第 1 信号線路と、

前記第 1 信号線路の帰還経路を提供する第 1 帰還信号線路と

前記第 1 信号線路と前記第 1 帰還信号線路とを終端する第 1 終端部材と、

送受信回路を備えた第 1 半導体集積回路装置と
を少なくとも有する第 1 モジュールと、

特性インピーダンスが Z_{02} のインピーダンスを有する第 2 信号線路と、

前記第 2 信号線路の帰還経路を提供する第 2 帰還信号線路と

前記第 2 信号線路と前記第 2 帰還信号線路とを終端する第 2 終端部材と、

送受信回路を備えた第 2 半導体集積回路装置と
を少なくとも有する第 2 モジュールとを、

互いに対向させて近接配置されるとともに、

前記第 1 終端部材及び前記第 2 終端部材のインピーダンスが、前記 Z_{01} 及び Z_{02} とは異なる前記第 1 モジュールと前記第 2 モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスであり、

前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、且つ、

前記第 1 帰還信号線路と前記第 2 帰還信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、

前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて信号結合が生じ、前記第 1 帰還信号線路と第 2 帰還信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて帰還信号結合が生じ、

前記信号結合によって前記第 2 信号線路に前記第 1 信号線路の信号が伝送されるように積層され、

前記第1帰還信号線路が、前記第1信号線路と差動線路を構成し、
前記第2帰還信号線路が、前記第2信号線路と差動線路を構成し、
前記第1信号線路と前記第2信号線路との間隔或いは前記第1信号線路と前記第2信号線路との重なり幅のいずれかが信号の伝搬方向で異なることにより前記第1信号線路と前記第2信号線路との結合状態が前記信号の伝搬方向で異なることを特徴とするモジュール間通信装置。

[請求項 23] (補正後) 特性インピーダンスが Z_{01} のインピーダンスを有する第1信号線路と、

前記第1信号線路の帰還経路を提供する第1帰還信号線路と
前記第1信号線路と前記第1帰還信号線路とを終端する第1終端部材と、

送受信回路を備えた第1半導体集積回路装置と
を少なくとも有する第1モジュールと、
特性インピーダンスが Z_{02} のインピーダンスを有する第2信号線路と、

前記第2信号線路の帰還経路を提供する第2帰還信号線路と
前記第2信号線路と前記第2帰還信号線路とを終端する第2終端部材と、

送受信回路を備えた第2半導体集積回路装置と
を少なくとも有する第2モジュールとを、

互いに対向させて近接配置されとともに、
前記第1終端部材及び前記第2終端部材のインピーダンスが、前記 Z_{01} 及び Z_{02} とは異なる前記第1モジュールと前記第2モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスであり、

前記第1信号線路と前記第2信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、且つ、

前記第 1 帰還信号線路と前記第 2 帰還信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、

前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて信号結合が生じ、前記第 1 帰還信号線路と第 2 帰還信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて帰還信号結合が生じ、

前記信号結合によって前記第 2 信号線路に前記第 1 信号線路の信号が伝送されるように積層され、

前記第 1 帰還信号線路が、前記第 1 信号線路と差動線路を構成し、

前記第 2 帰還信号線路が、前記第 2 信号線路と差動線路を構成し、

前記第 1 モジュール或いは第 2 モジュールの一方が、前記第 1 信号線路或いは第 2 信号線路に対して、ダミー結合器を挟んで、第 3 信号線路及び前記第 3 信号線路と差動線路を構成する帰還経路を提供する第 3 帰還信号線路とを有し、

前記第 3 信号線路と前記第 3 帰還信号線路とを終端する第 3 終端部材と、

前記第 3 信号線路と前記第 3 帰還信号線路とに接続された送受信回路を備えた第 3 半導体集積回路装置と

を有することを特徴とするモジュール間通信装置。

[請求項 24] (補正後) 特性インピーダンスが Z_{01} のインピーダンスを有する第 1 信号線路と、

前記第 1 信号線路の帰還経路を提供する第 1 帰還信号線路と

前記第 1 信号線路と前記第 1 帰還信号線路とを終端する第 1 終端部材と、

送受信回路を備えた第 1 半導体集積回路装置と
を少なくとも有する第 1 モジュールと、

特性インピーダンスが Z_{02} のインピーダンスを有する第 2 信号線路と、

前記第 2 信号線路の帰還経路を提供する第 2 帰還信号線路と

前記第2信号線路と前記第2帰還信号線路とを終端する第2終端部材と、

送受信回路を備えた第2半導体集積回路装置と
を少なくとも有する第2モジュールとを、

互いに対向させて近接配置されとともに、

前記第1終端部材及び前記第2終端部材のインピーダンスが、前記 Z_{o1} 及び Z_{o2} とは異なる前記第1モジュールと前記第2モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスであり、

前記第1信号線路と前記第2信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、且つ、

前記第1帰還信号線路と前記第2帰還信号線路とがその少なくとも一部が積層方向から見て投影的に重なり、

前記第1信号線路と前記第2信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて信号結合が生じ、前記第1帰還信号線路と第2帰還信号線路の間に容量結合および誘導結合を用いて帰還信号結合が生じ、

前記信号結合によって前記第2信号線路に前記第1信号線路の信号が伝送されるように積層され、

前記第1帰還信号線路が、前記第1信号線路と差動線路を構成し、
前記第2帰還信号線路が、前記第2信号線路と差動線路を構成し、
前記第1信号線路と前記第1帰還信号線路がそれぞれ前記第1モジュールと前記第2モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合インピーダンスを有し且つ前記第1半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路を有し、

前記第2信号線路と前記第2帰還信号線路がそれぞれ前記結合系インピーダンスを有し且つ前記第2半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路を有することを特徴とするモジュール間通信装置。

[請求項25]

前記第1絶縁性基板の前記第1信号線路を配置した面と反対側の面

に少なくとも第1信号線路に対向する部分が欠落部となっている第1のプレーンを有し、

前記第2絶縁性基板の前記第2信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第2信号線路に対向する部分が欠落部となっている第2のプレーンを有することを特徴とする請求項24に記載のモジュール間通信装置。

[請求項26] 前記第1信号線路及び前記第1帰還信号線の線幅が、前記引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しく、

前記第2信号線路及び前記第1帰還信号線の線幅が、前記引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項24に記載のモジュール間通信装置。

[請求項27] 前記第1信号線路と前記第1帰還信号線との間隔が前記引き出し用伝送線路同士の間隔より大きいか或いは等しく、

前記第2信号線路と前記第2帰還信号線との間隔が前記引き出し用伝送線路同士の間隔より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項24に記載のモジュール間通信装置。

[請求項28] 前記第1信号線路と前記第1帰還信号線との間隔が、前記第1信号線路及び前記第1帰還信号線の線幅より大きいか或いは等しく、

前記第2信号線路と前記第2帰還信号線との間隔が、前記第2信号線路及び前記第2帰還信号線の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項24に記載のモジュール間通信装置。

[請求項29] 前記第1信号線路と前記第2信号線路が積層方向からみて互いに整列した状態において、前記第1半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路と、前記第2半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路とが互いに異なった方向に延在していることを特徴とする請求項24に記載のモジュール間通信装置。

[請求項30] 前記第1半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路と前記第2半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との対向間隔

が、

前記第 1 信号線路と前記第 2 信号線路との対向間隔より広いことを特徴とする請求項 24 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項 31] 少なくとも前記第 1 絶縁性基板の前記第 1 引き出し用伝送線路を配置した面と反対の面であって、前記第 2 モジュールに対向する面に、前記第 1 半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路をシールドする第 1 補助電磁シールド層を有することを特徴とする請求項 24 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項 32] 前記第 1 信号線路と前記引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなり、

前記第 1 帰還信号線路と前記引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなり、

前記第 2 信号線路と前記引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなり、

前記第 2 帰還信号線路と前記引き出し用伝送線路との結合部の側面が曲面からなることを特徴とする請求項 24 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項 33] 前記第 1 信号線路の前記第 1 半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第 1 インピーダンス調整用伝送線路を有し、

前記第 1 インピーダンス調整用伝送線路に、第 1 インピーダンス整合回路が接続され、

前記第 2 信号線路の前記第 2 半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との結合部との反対側の端に第 2 インピーダンス調整用伝送線路を有し、

前記第 2 インピーダンス調整用伝送線路に、第 2 インピーダンス整合回路が接続されていることを特徴とする請求項 24 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項 34] 前記第 1 信号線路及び前記第 1 帰還信号線路の前記第 1 半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との結合部との反対側のそれぞれの端に送受信回路を備えた半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路を有するとともに、

前記第 2 信号線路及び前記第 2 帰還信号線路の前記第 2 半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路との結合部との反対側のそれぞれの端に送受信回路を備えた半導体集積回路装置と接続する引き出し用伝送線路を有し、

前記各引き出し用伝送線路のインピーダンスは前記 Z_{01} 及び Z_{02} とは異なる前記第 1 モジュールと前記第 2 モジュールとの結合状態における近接効果を反映した結合系インピーダンスであることを特徴とする請求項 24 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項 35] 前記第 1 絶縁性基板の前記第 1 信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第 1 信号線路に対向する部分が欠落部となっている第 1 のプレーンを有し、

前記第 2 絶縁性基板の前記第 2 信号線路を配置した面と反対側の面に少なくとも第 2 信号線路に対向する部分が欠落部となっている第 2 のプレーンを有することを特徴とする請求項 34 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項 36] 前記第 1 信号線路及び前記第 1 帰還信号線の線幅が、前記各引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しく、

前記第 2 信号線路及び前記第 1 帰還信号線の線幅が、前記各引き出し用伝送線路の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項 34 に記載のモジュール間通信装置。

[請求項 37] 前記第 1 信号線路と前記第 1 帰還信号線との間隔が前記各引き出し用伝送線路同士の間隔より大きいか或いは等しく、

前記第 2 信号線路と前記第 2 帰還信号線との間隔が前記各引き出し用伝送線路同士の間隔より大きいか或いは等しいことを特徴とする請

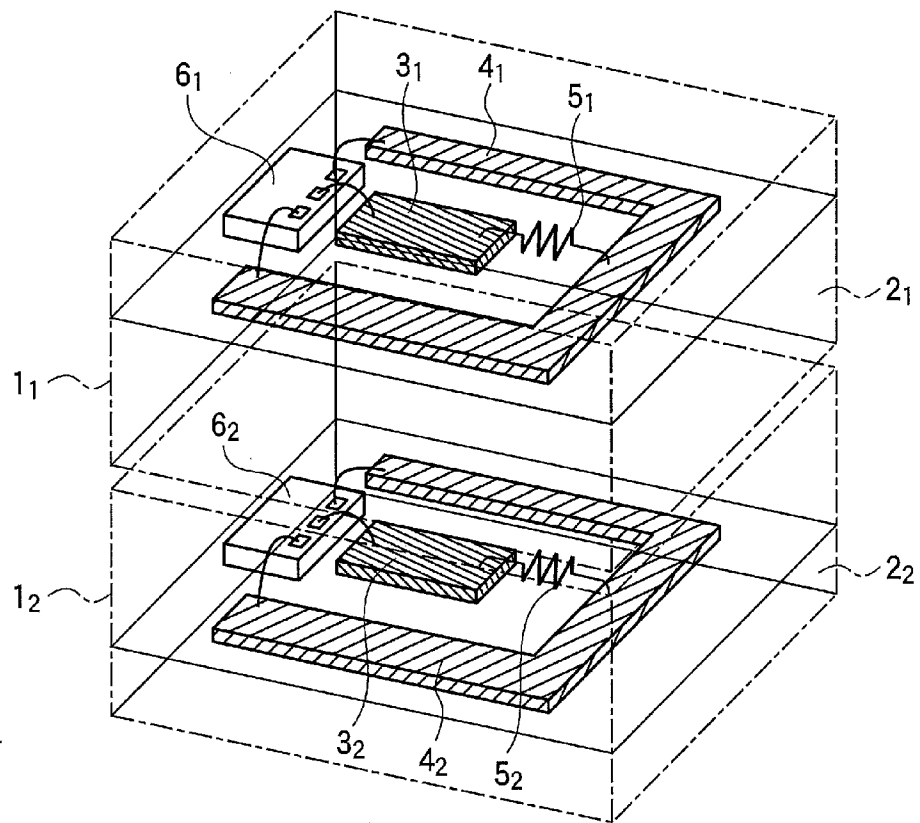
求項 3 4 に記載のモジュール間通信装置。

- [請求項 38] 前記第 1 信号線路と前記第 1 帰還信号線との間隔が、前記第 1 信号線路及び前記第 1 帰還信号線の線幅より大きいか或いは等しく、
- 前記第 2 信号線路と前記第 2 帰還信号線との間隔が、前記第 2 信号線路及び前記第 2 帰還信号線の線幅より大きいか或いは等しいことを特徴とする請求項 3 4 に記載のモジュール間通信装置。

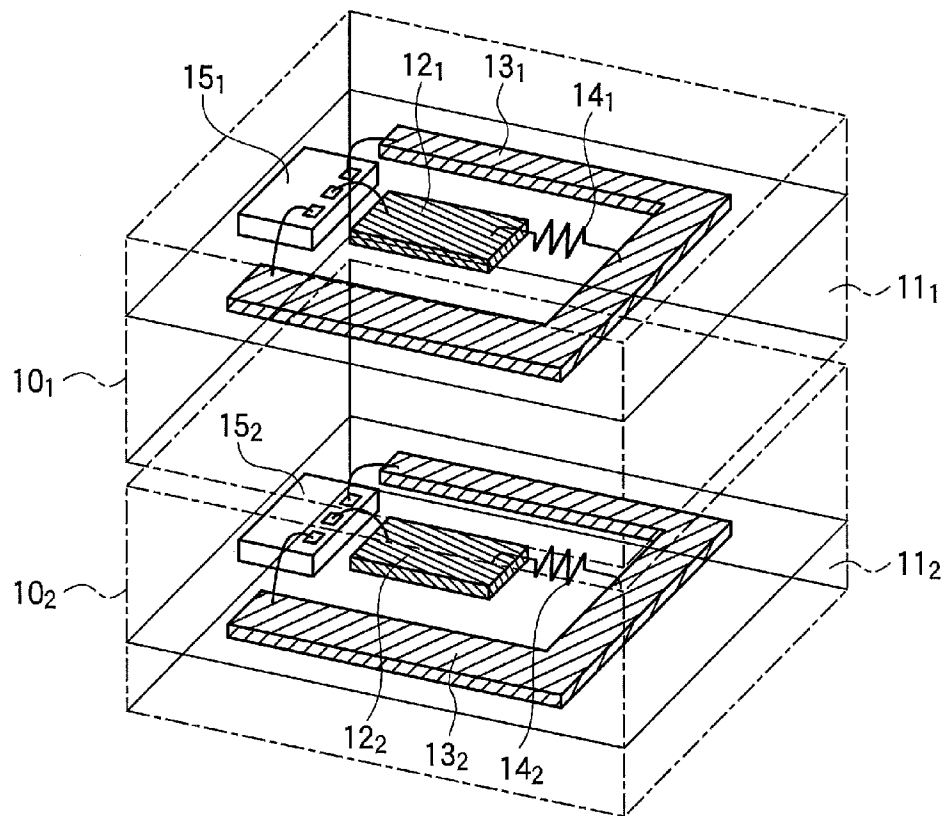
条約第19条（1）に基づく説明書

新規性及び進歩性を有すると認定された請求項 7 乃至請求項 9 及び請求項 2 2 乃至請求項 2 4 を、独立形式の請求項にした。

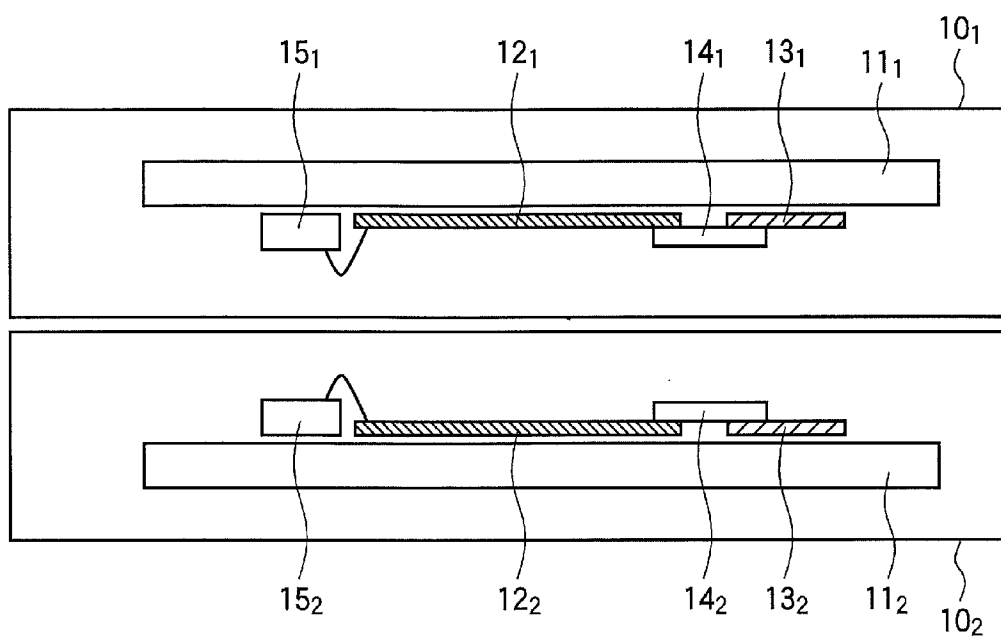
[図1]



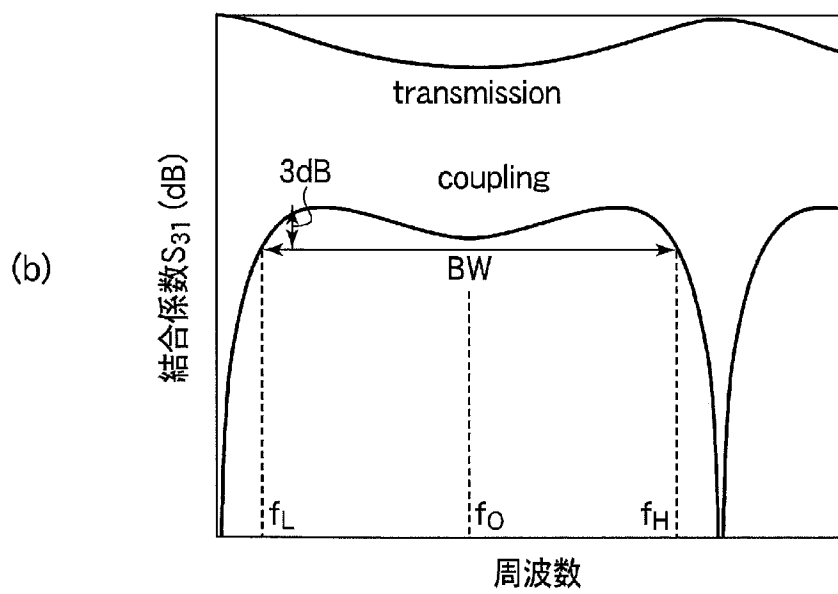
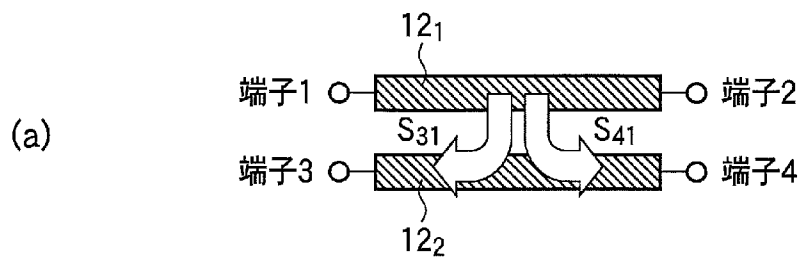
[図2]



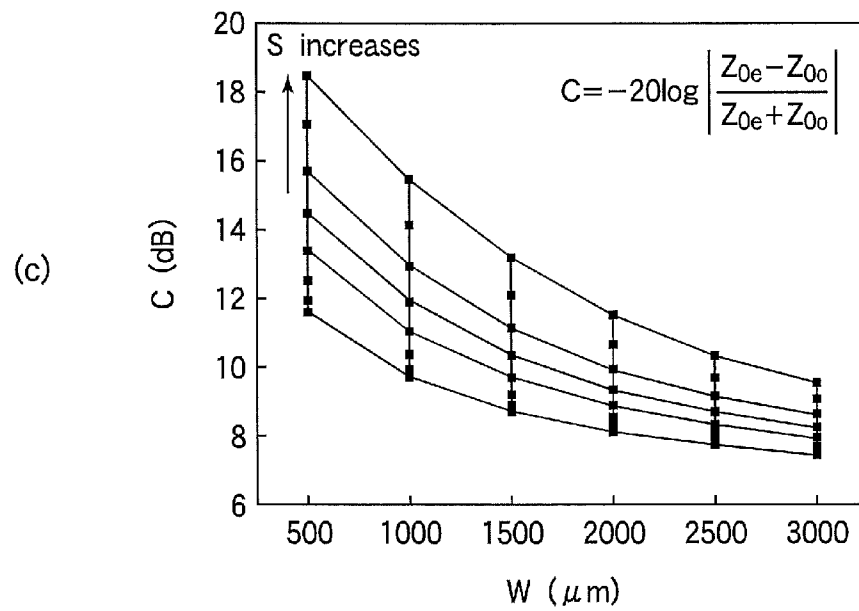
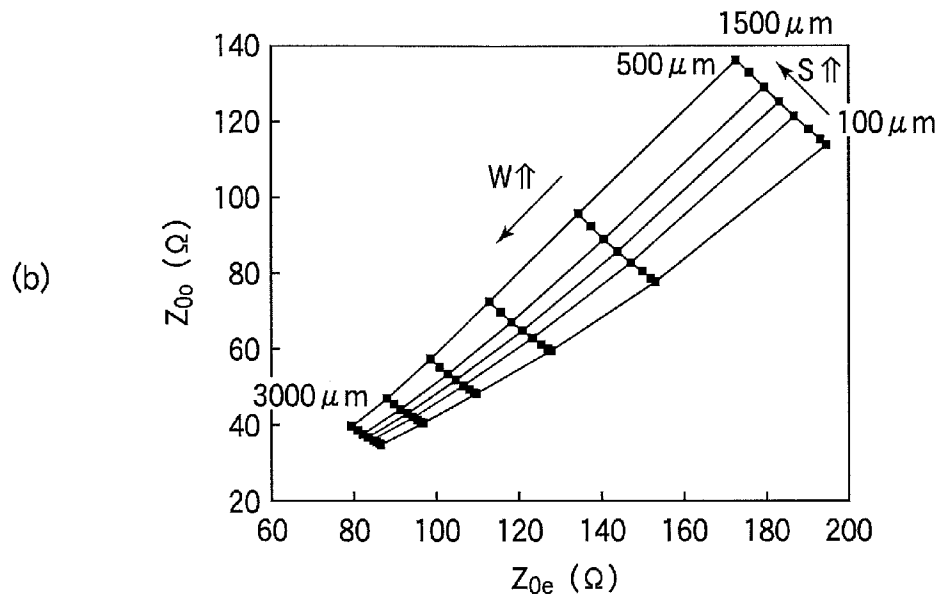
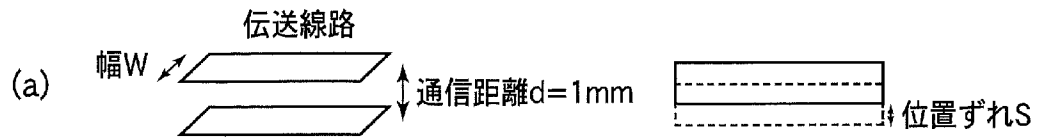
[図3]



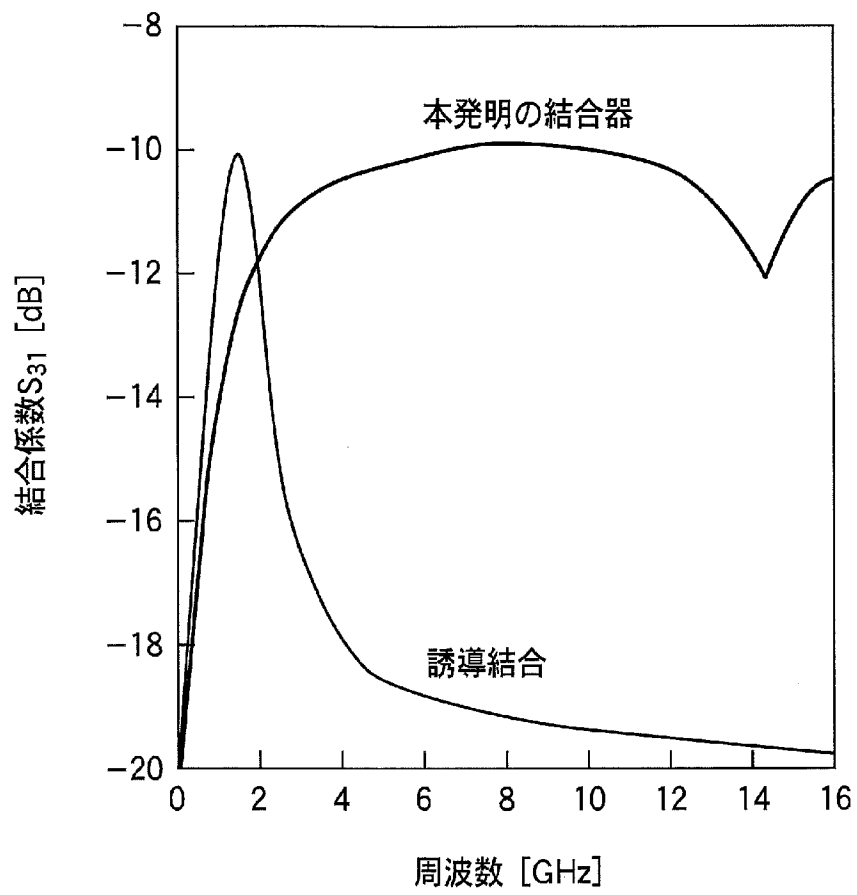
[図4]



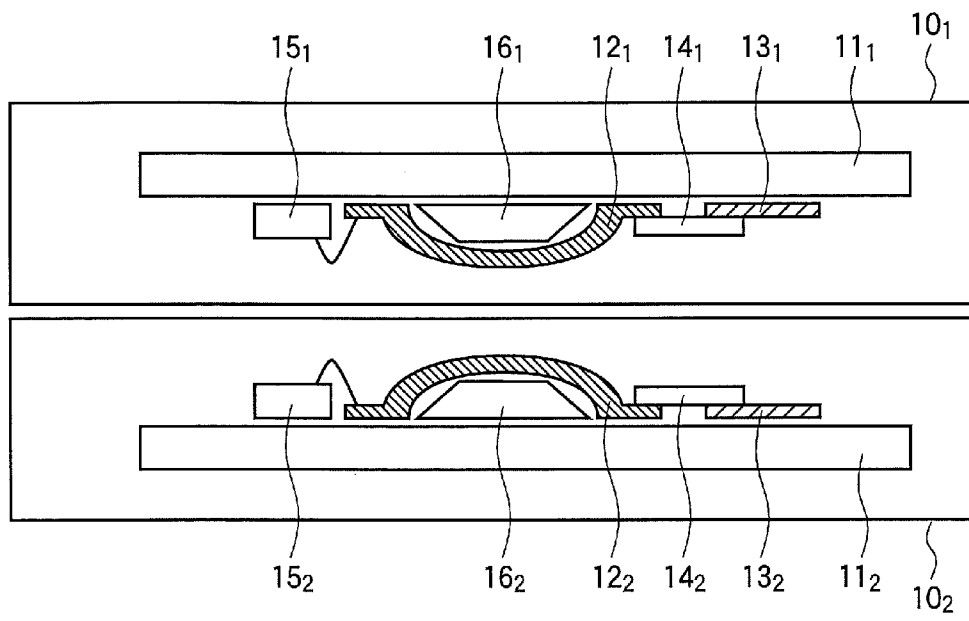
[図5]



[図6]

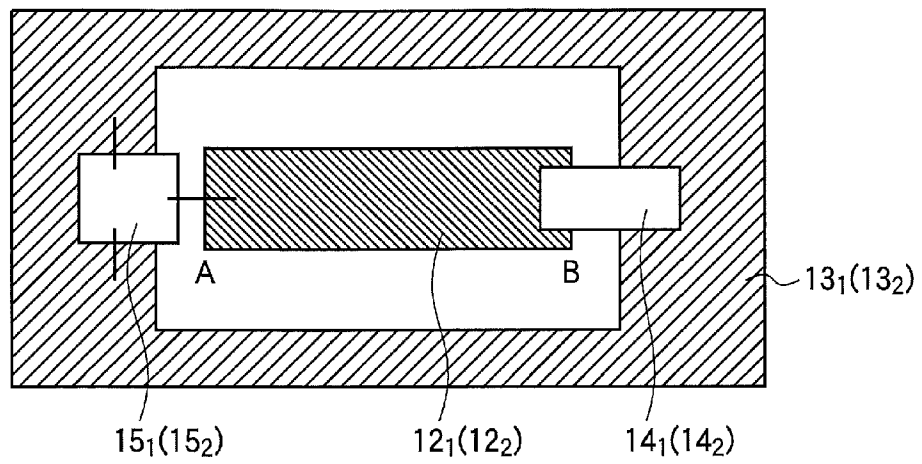


[図7]

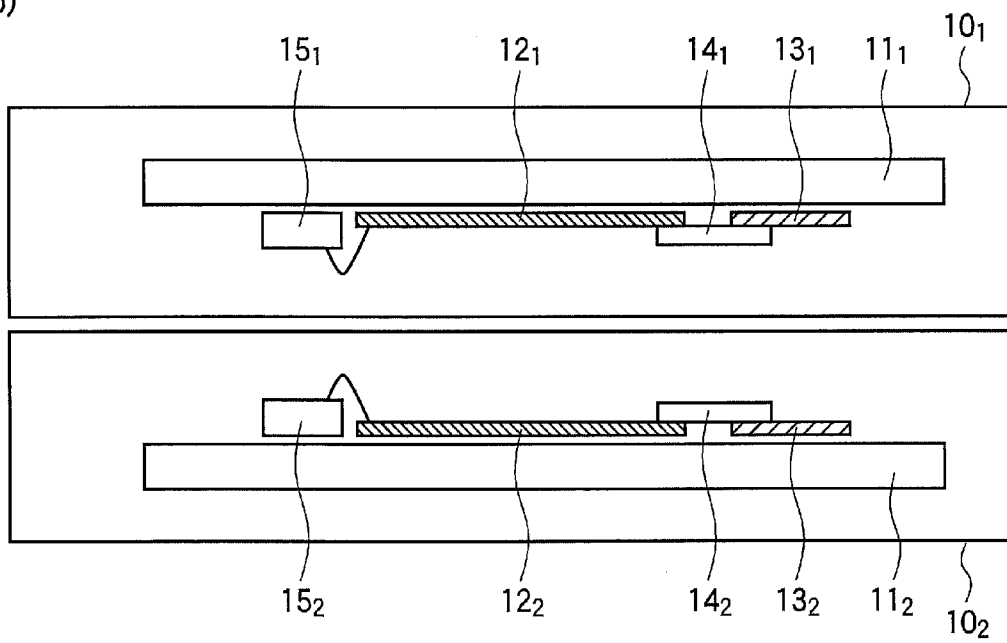


[図8]

(a)

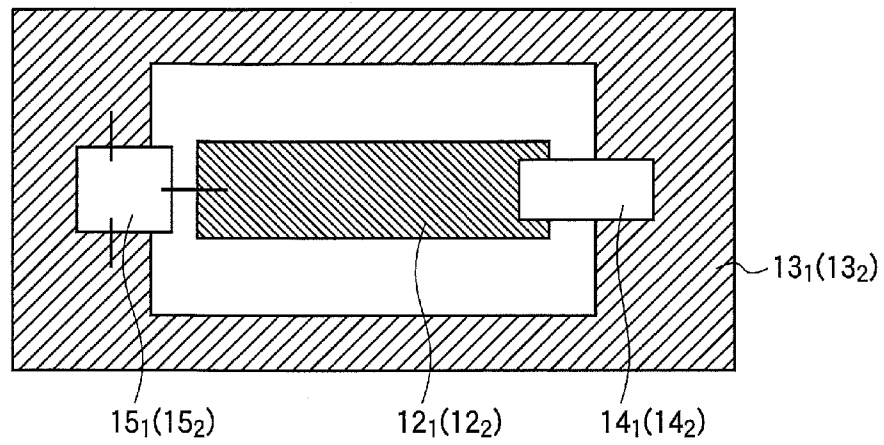


(b)

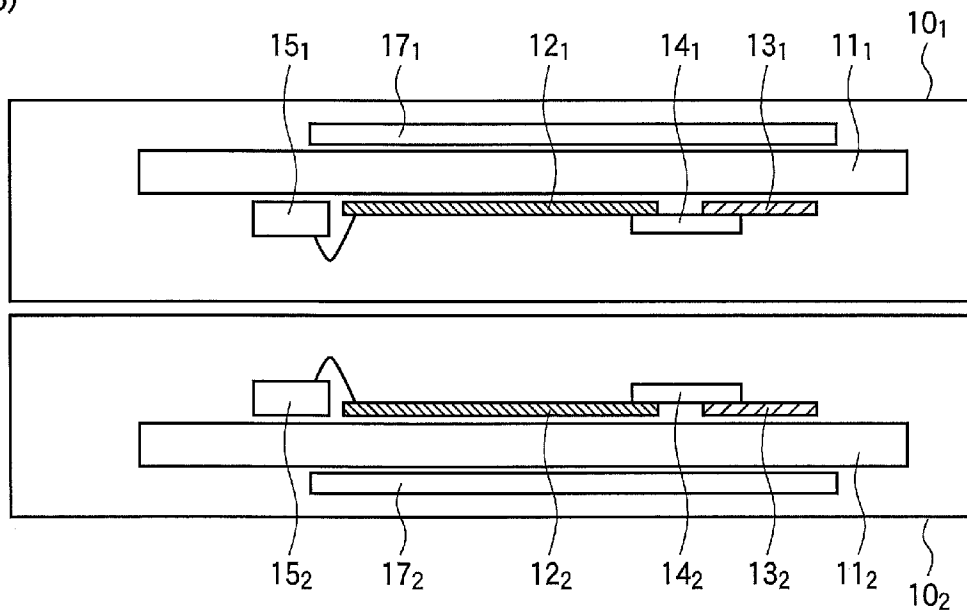


[図9]

(a)

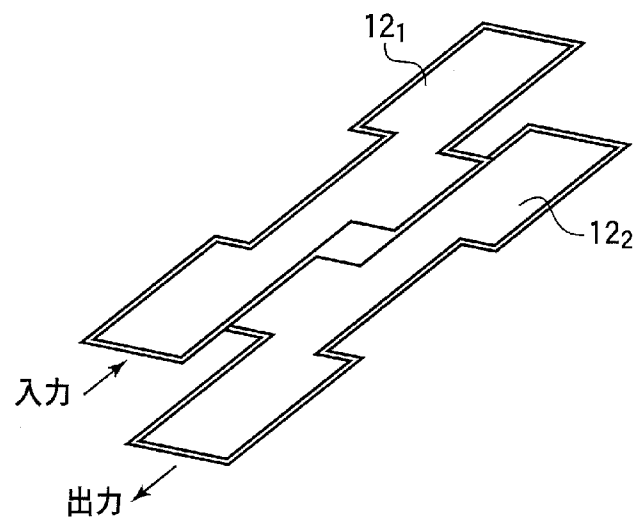


(b)

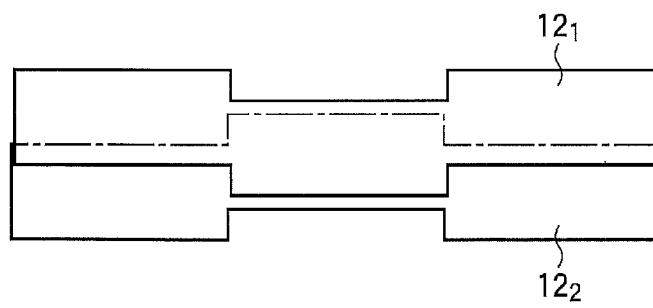


[図10]

(a)



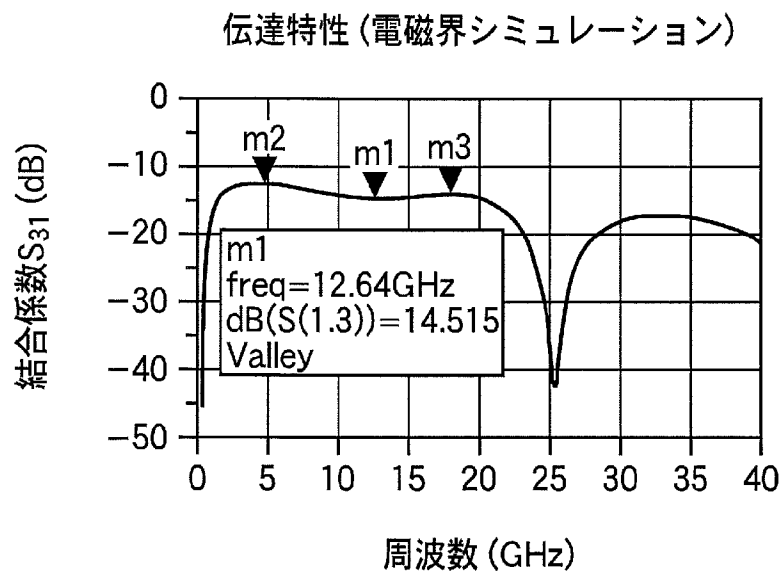
(b)



(c)

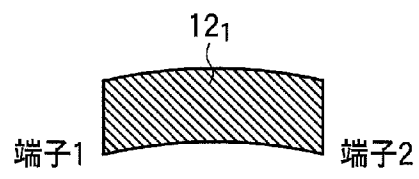


[図11]

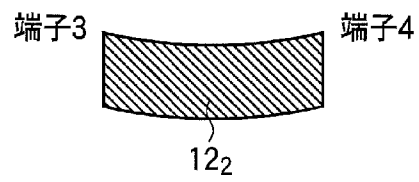


[図12]

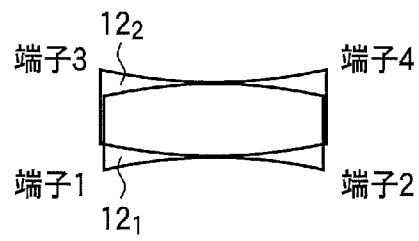
(a)



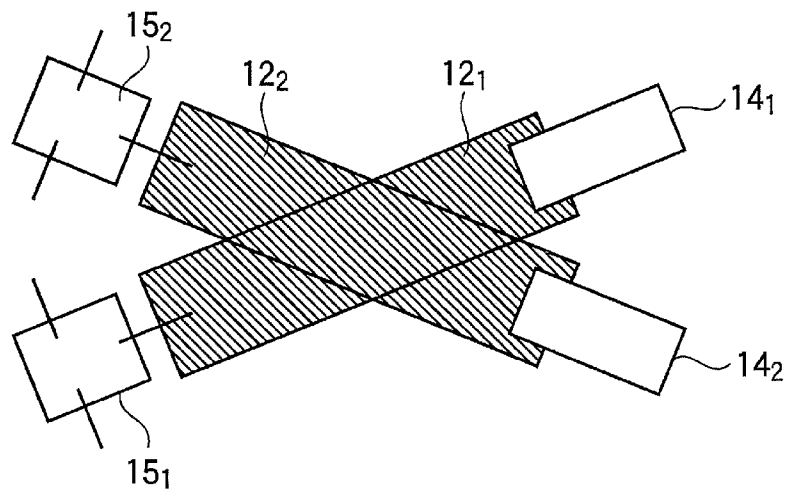
(b)



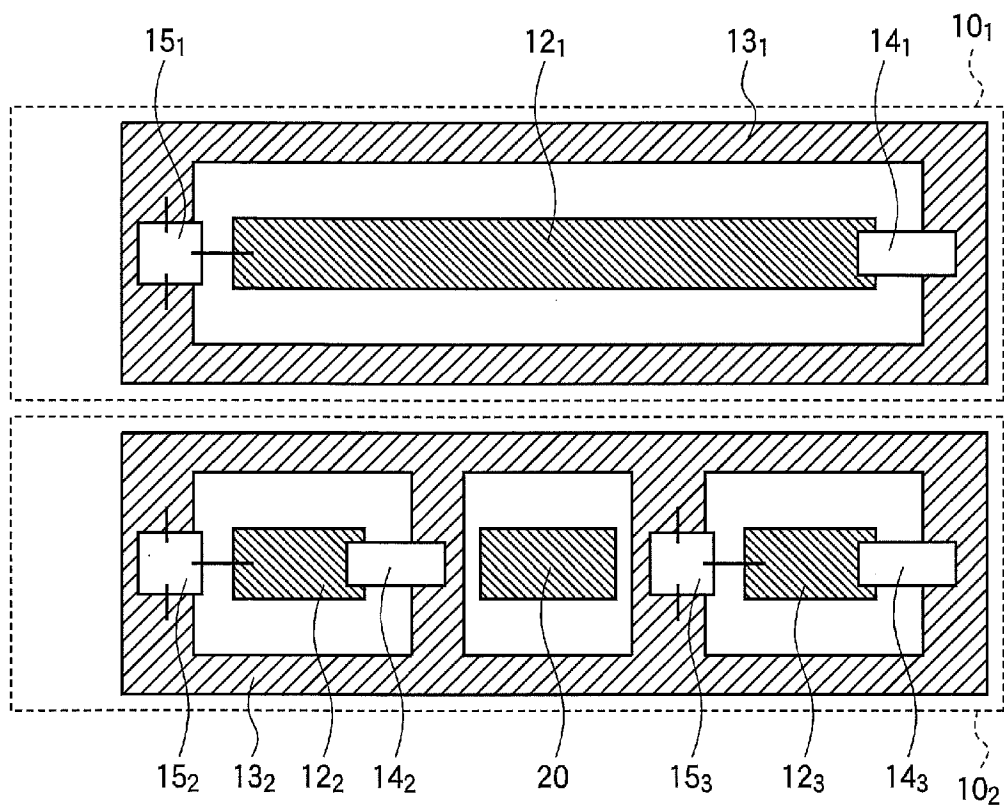
(c)



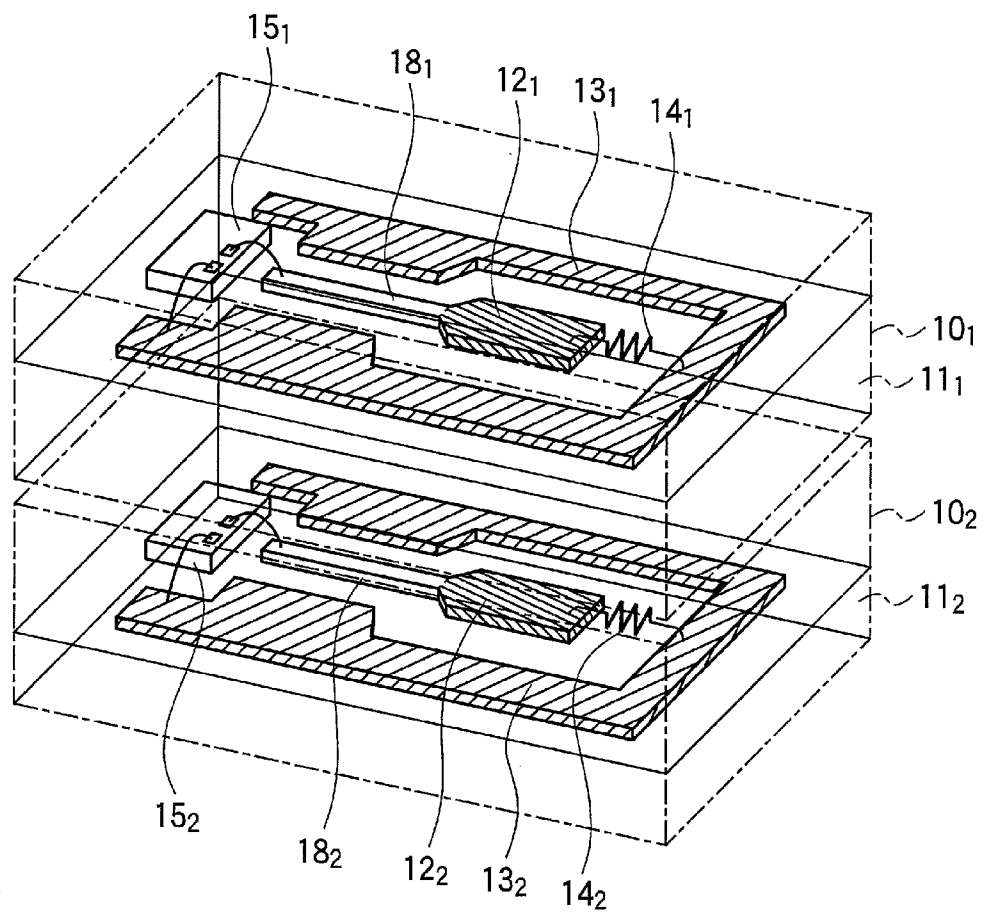
[図13]



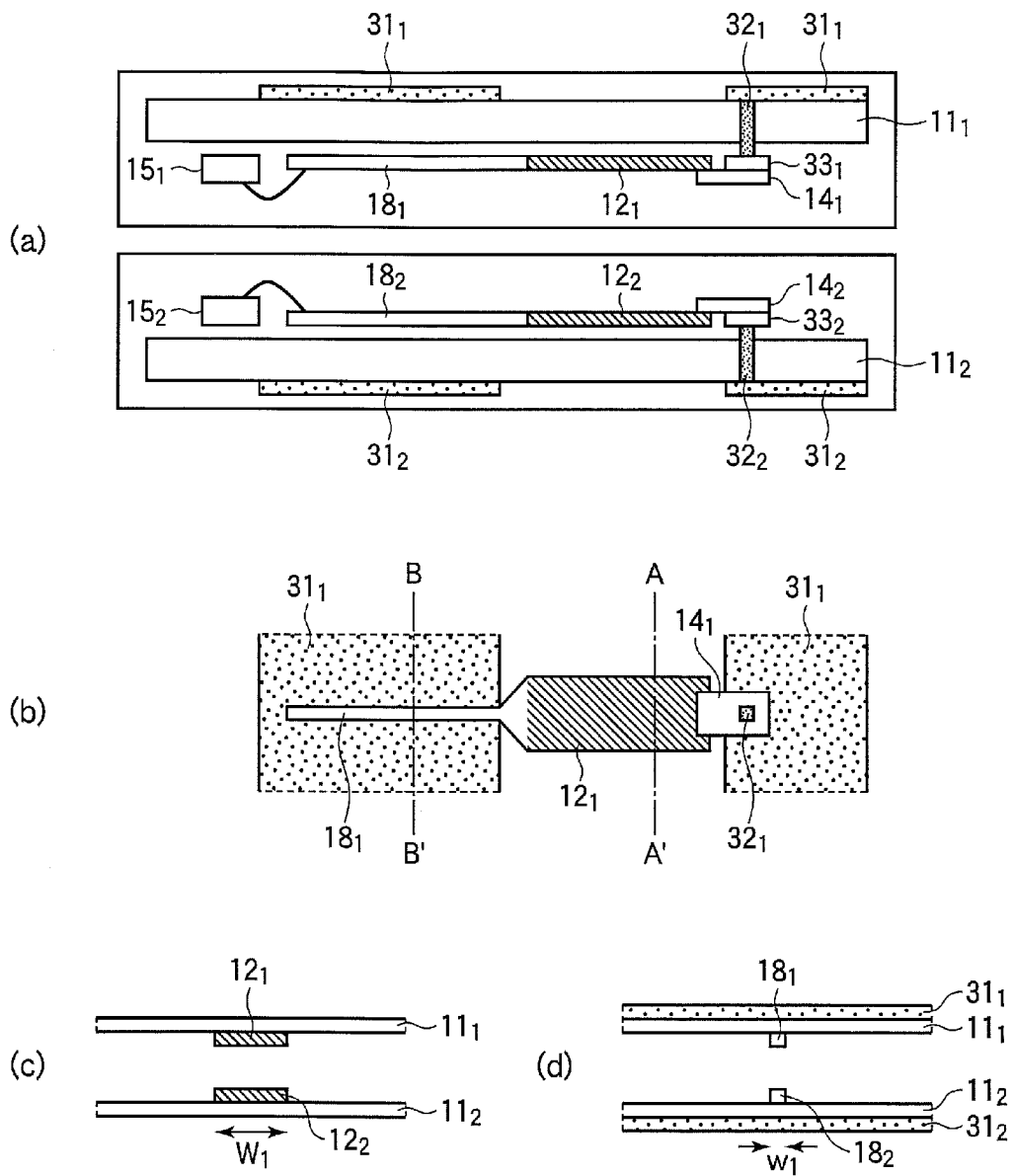
[図14]



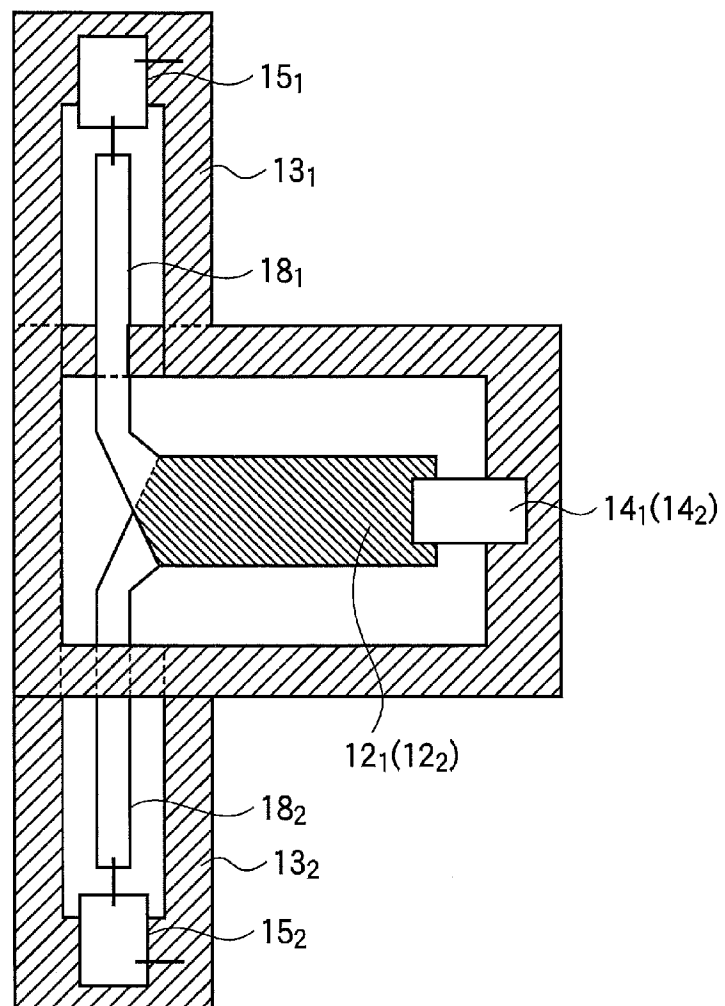
[図15]



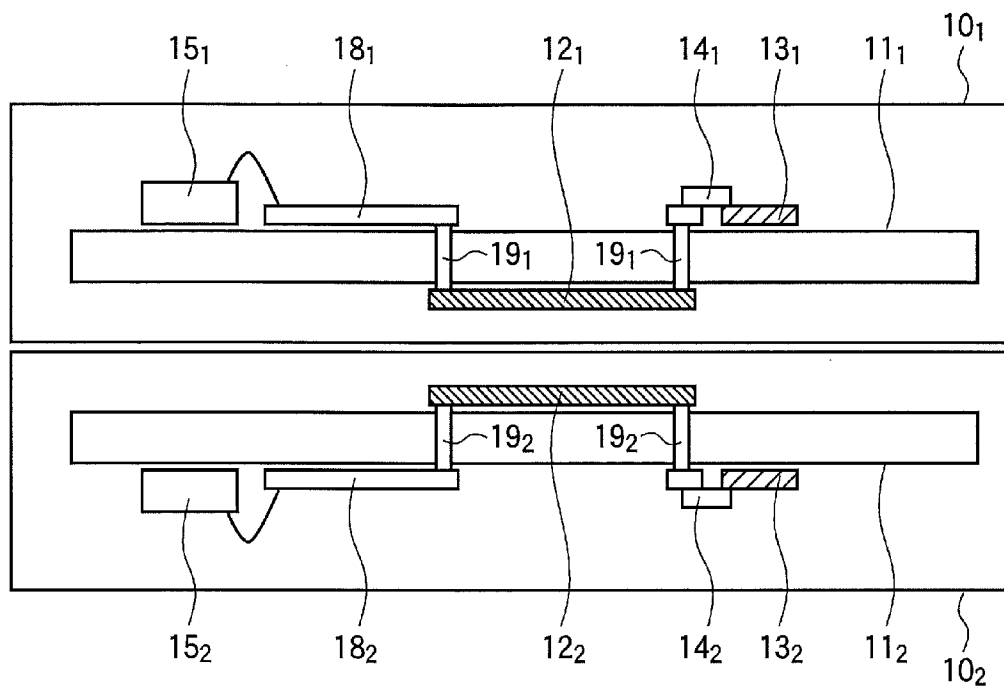
[図16]



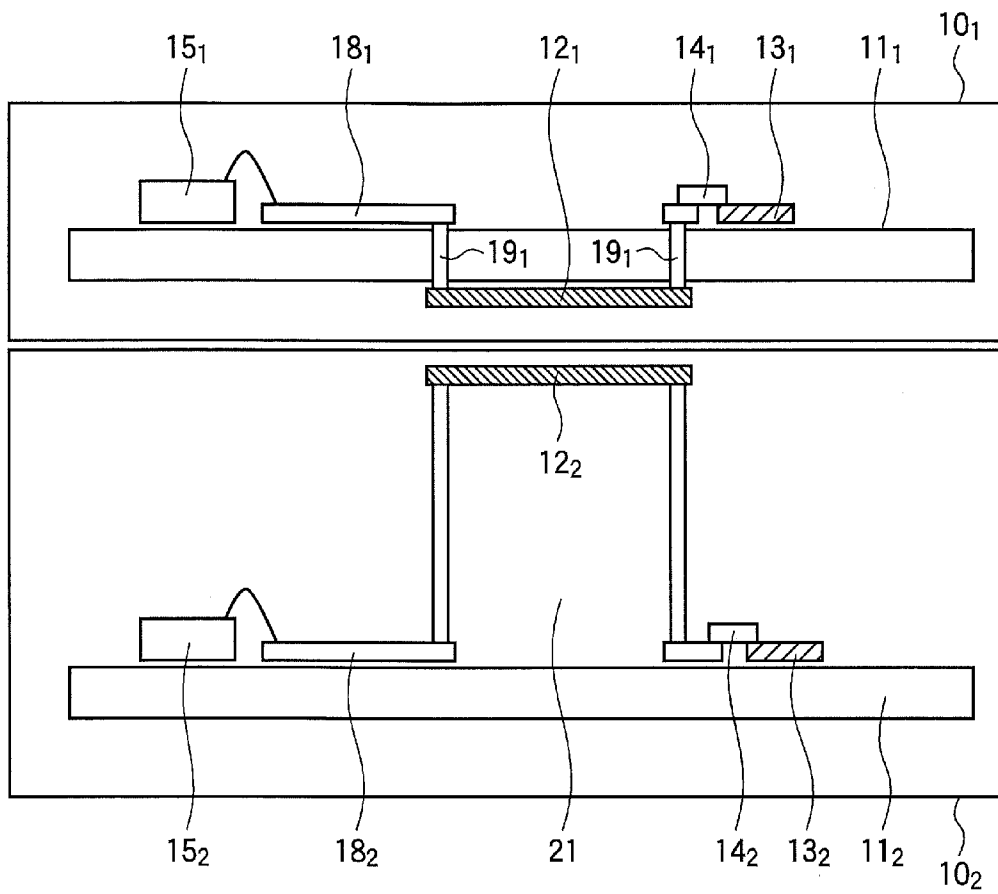
[図17]



[図18]

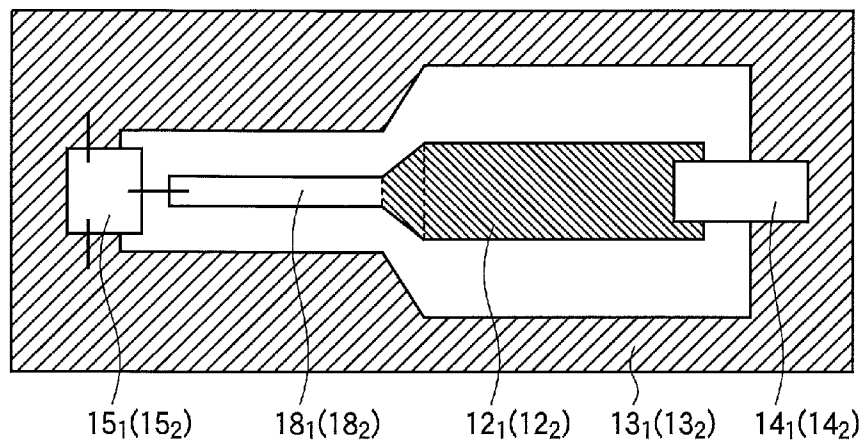


[図19]

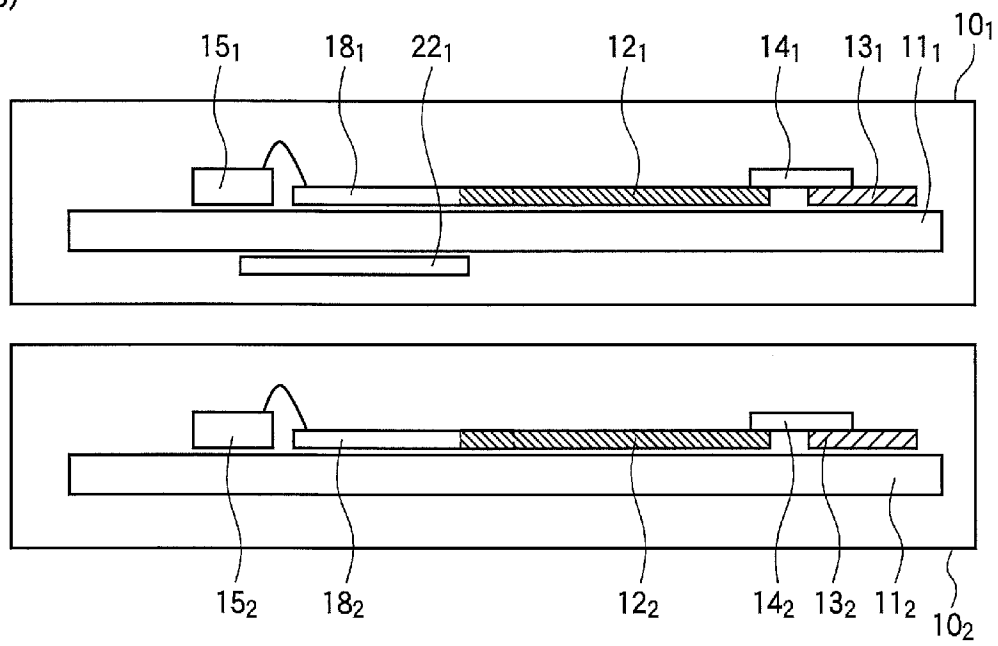


[図20]

(a)

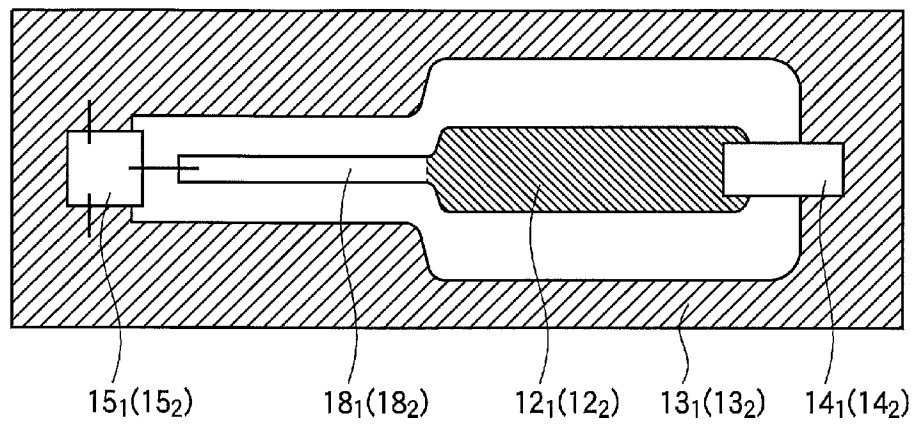


(b)

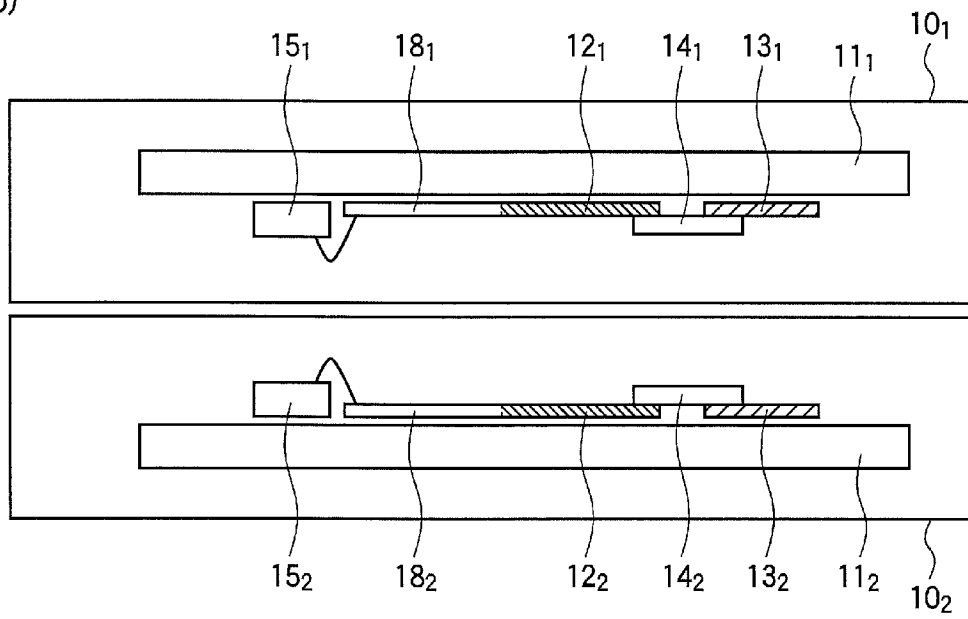


[図21]

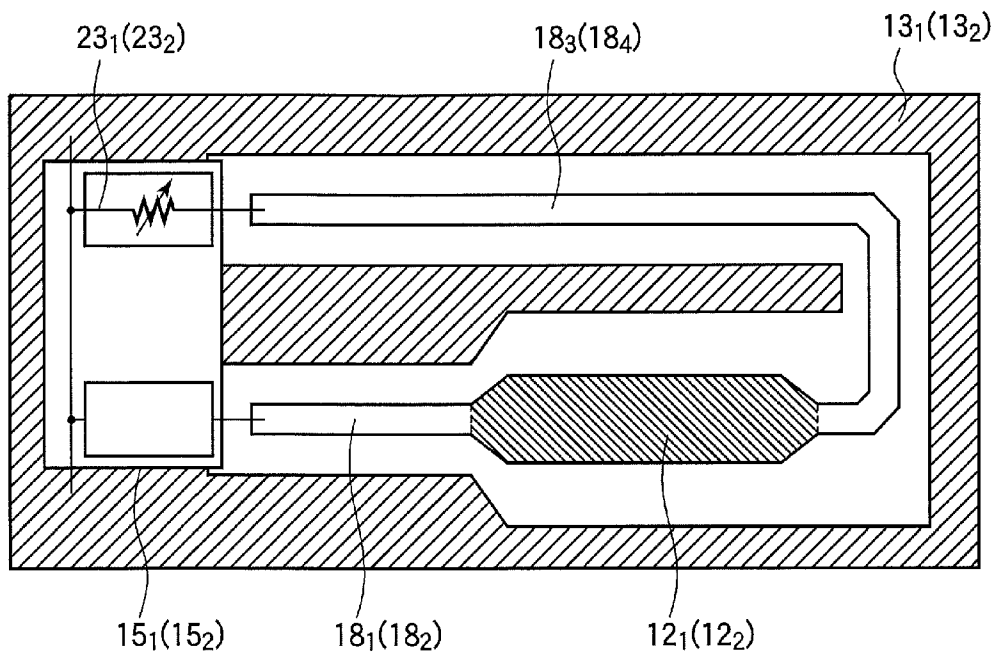
(a)



(b)

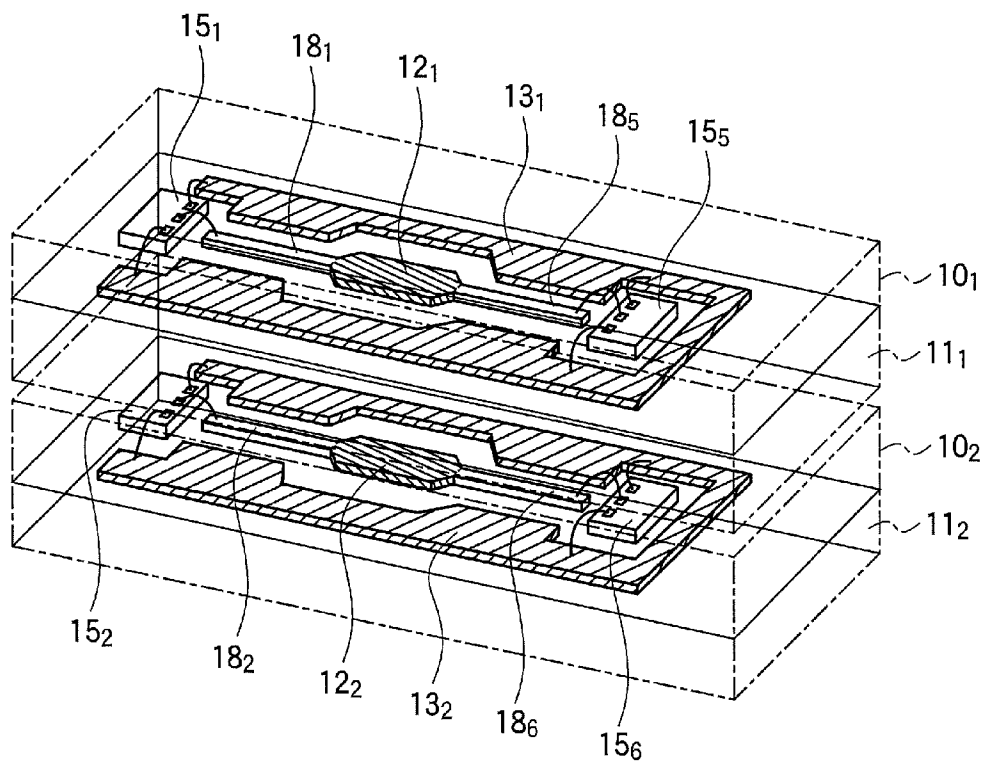


[図22]

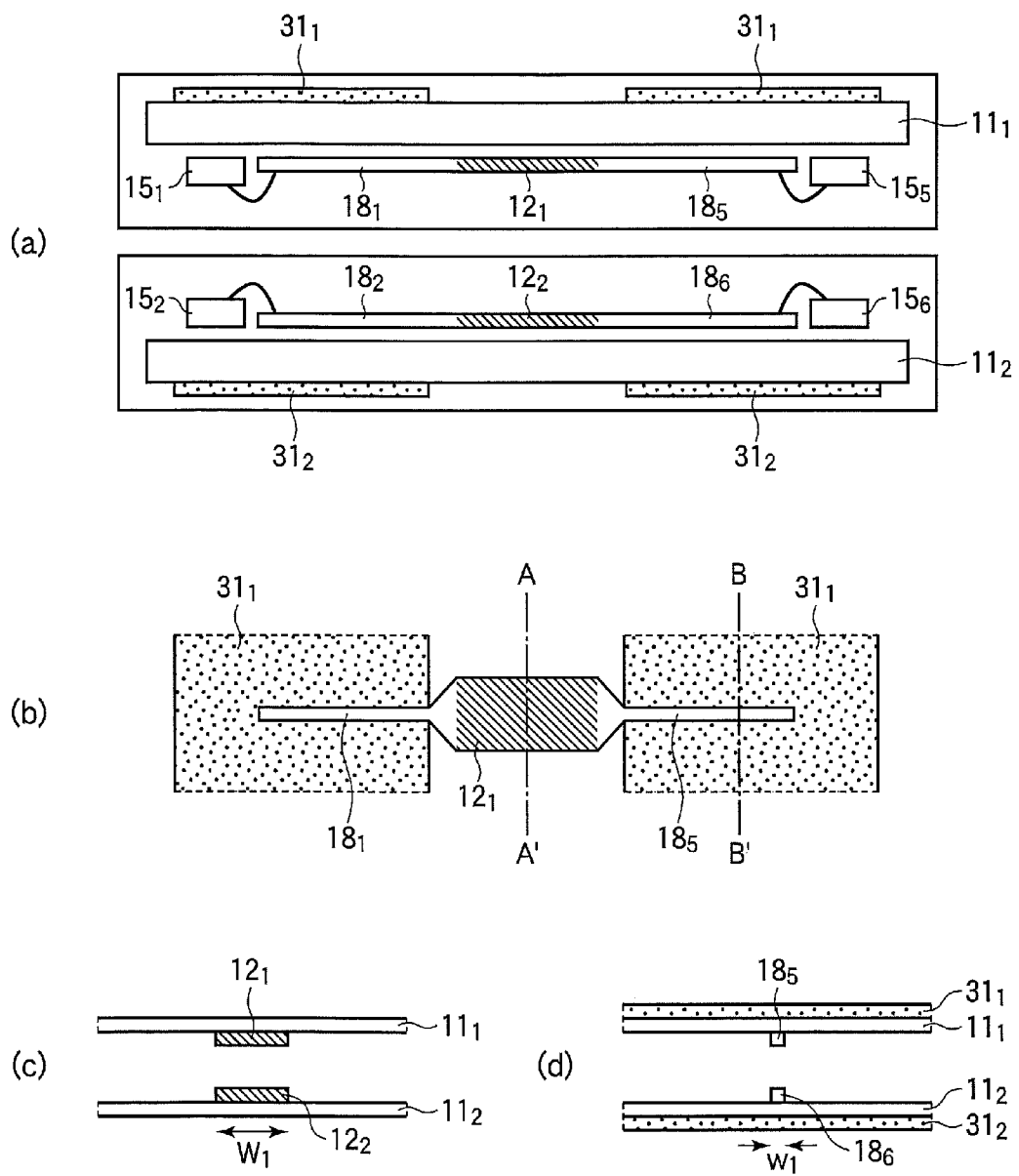


[illegible]

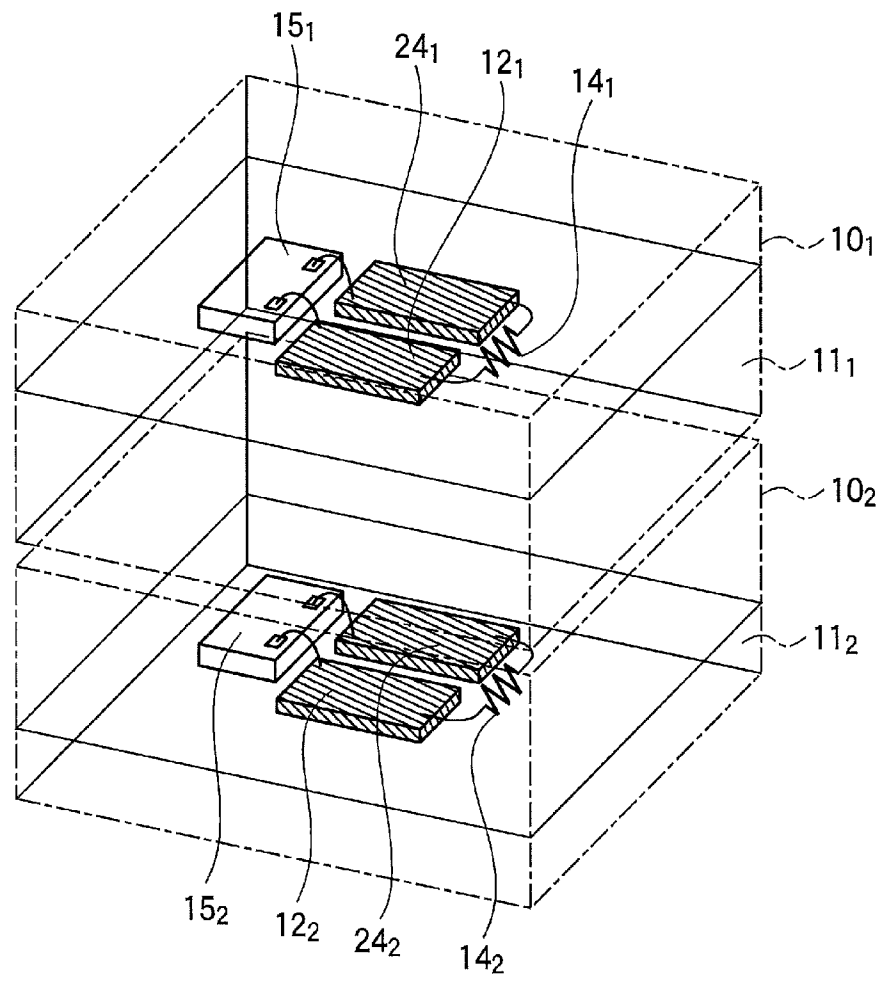
[図24]



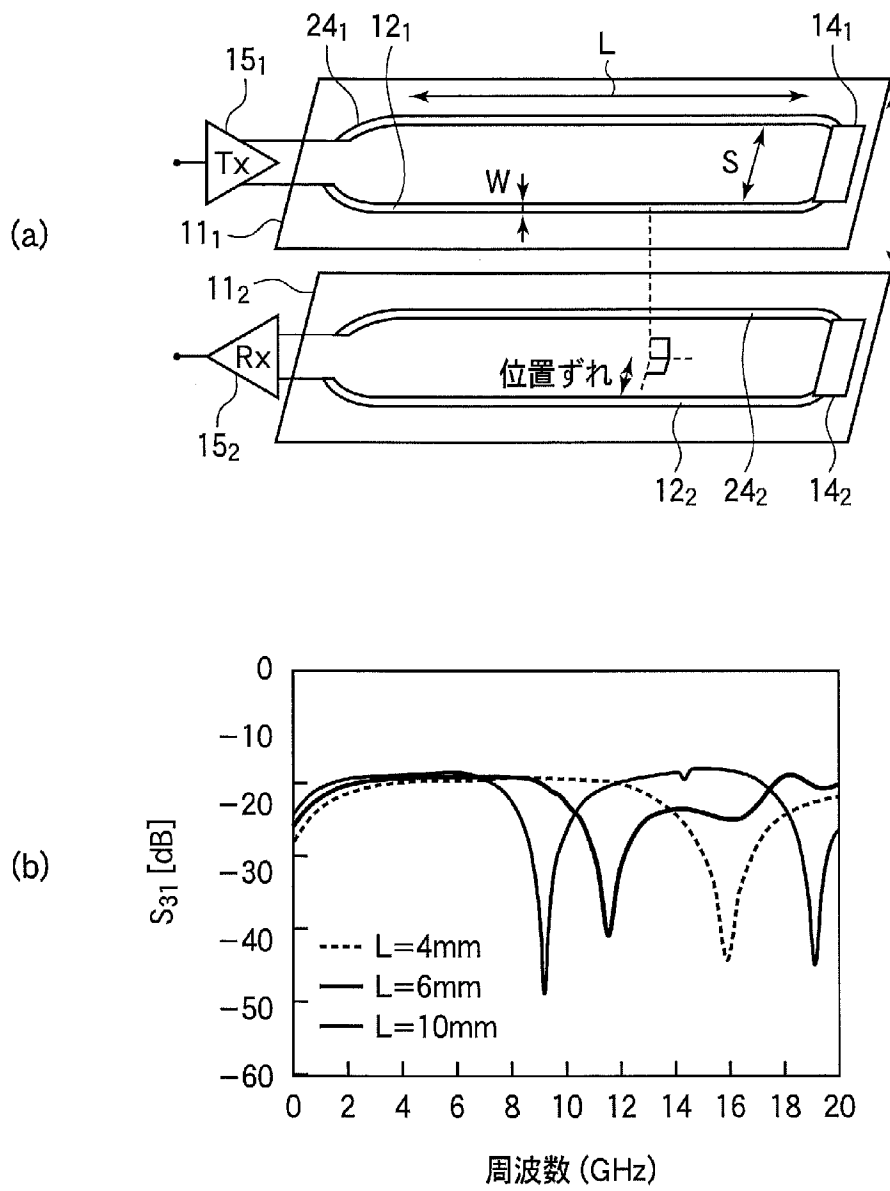
[図25]



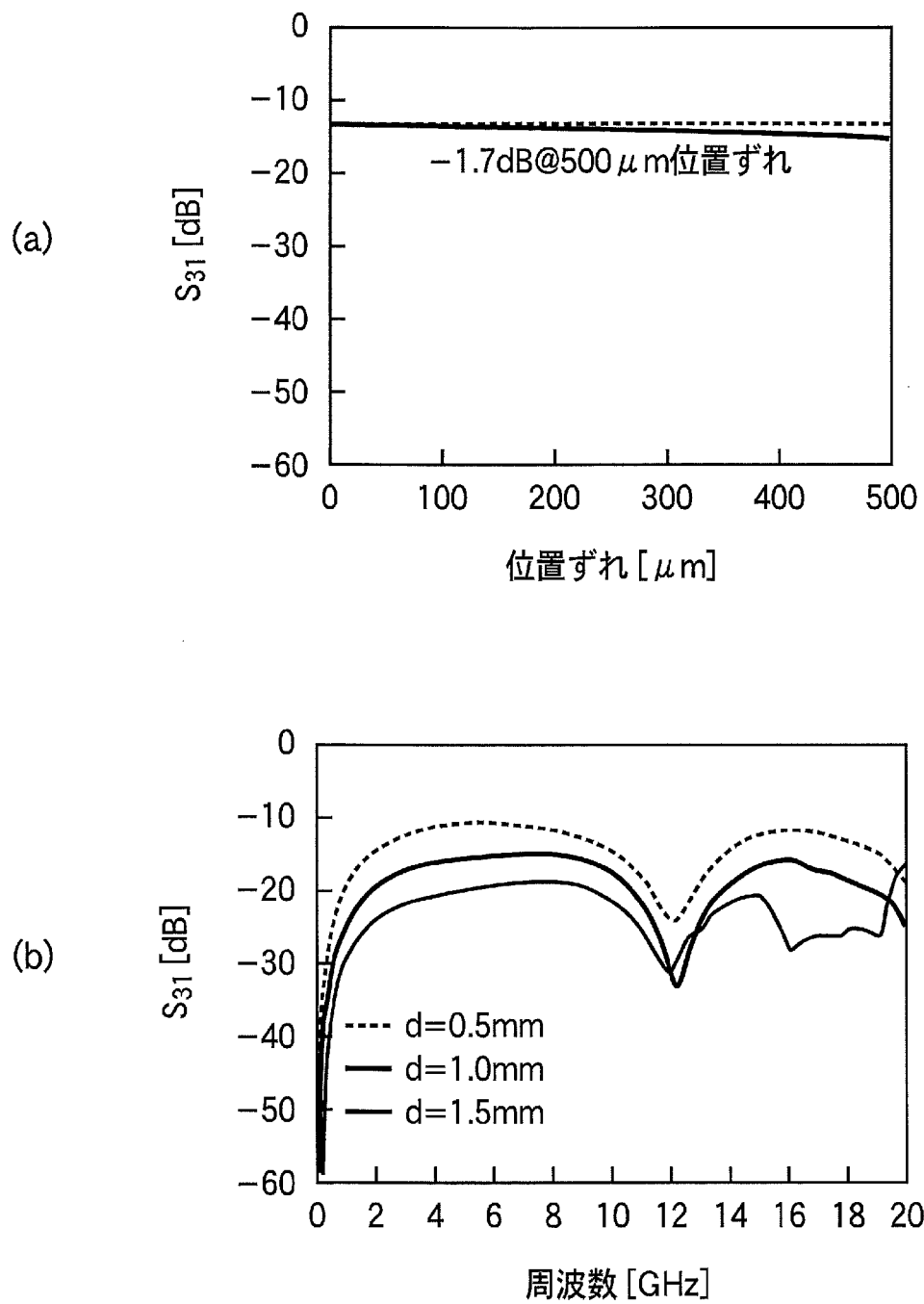
[図26]



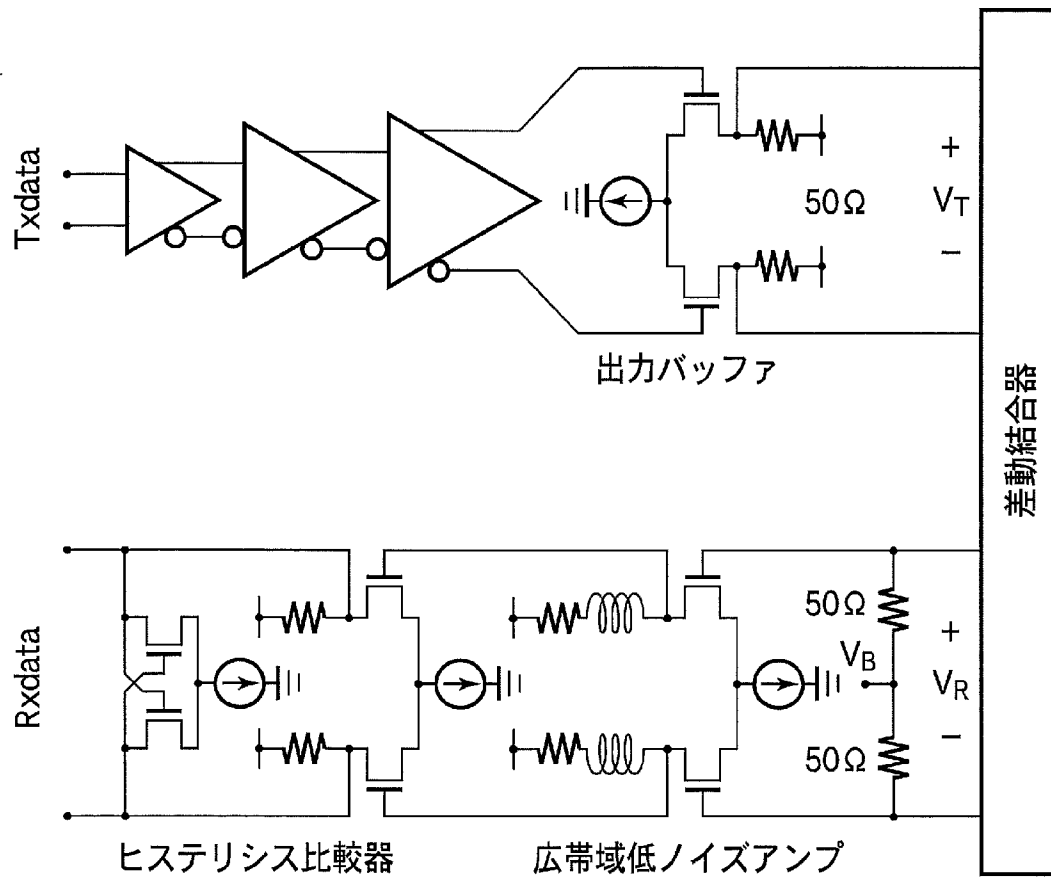
[図27]



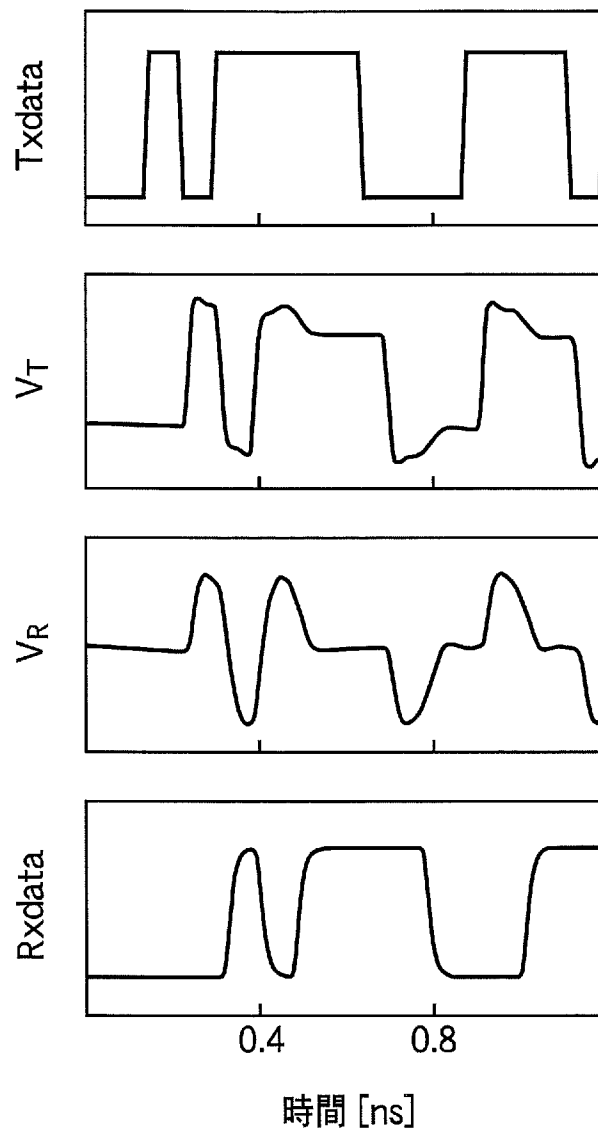
[図28]



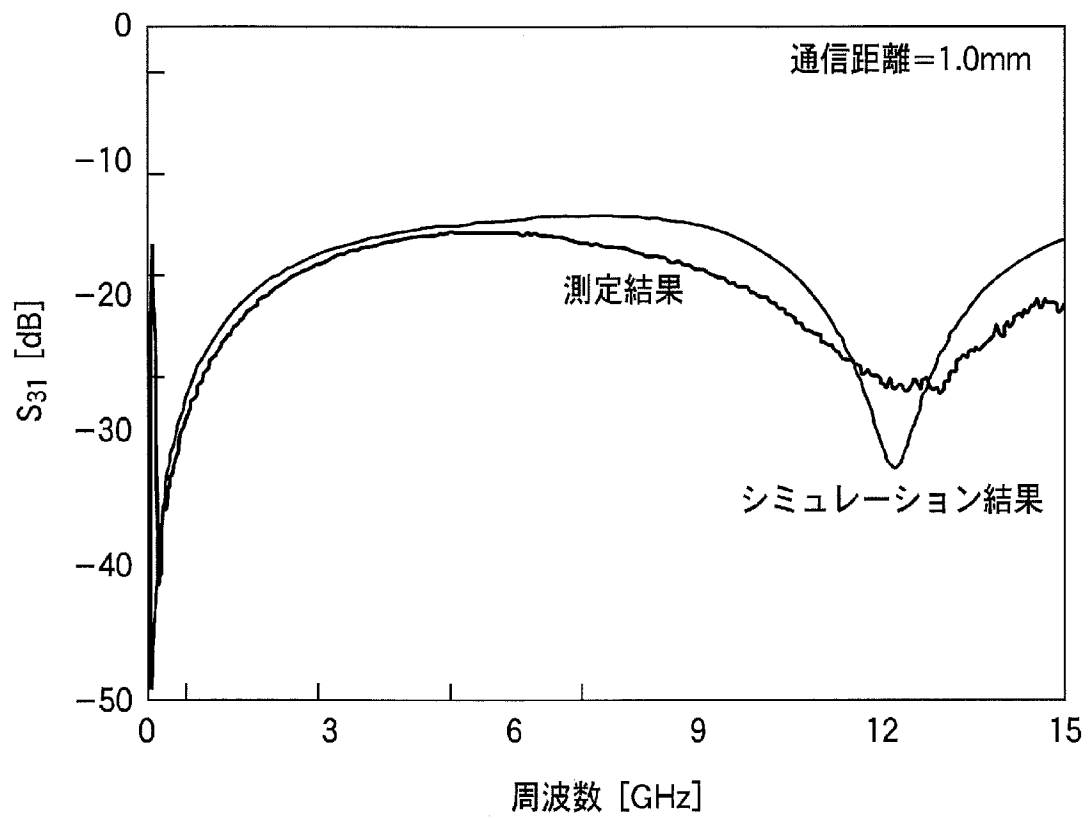
[図29]



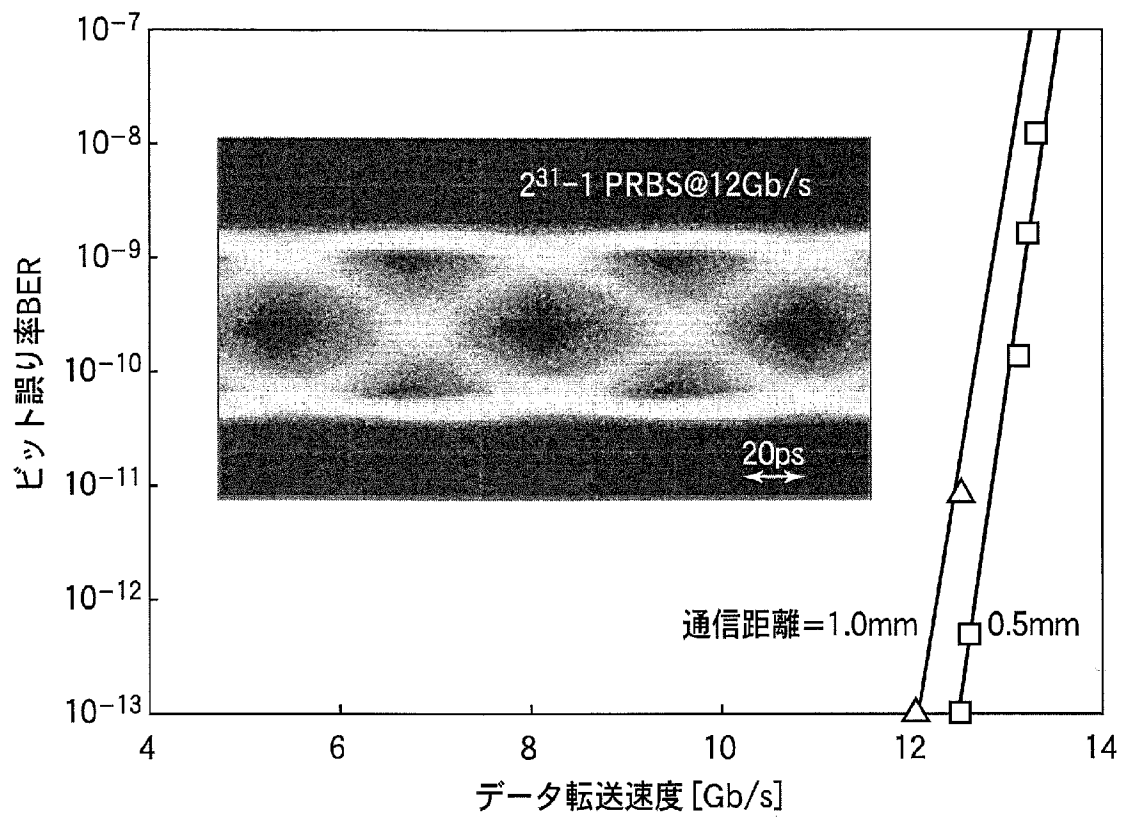
[図30]



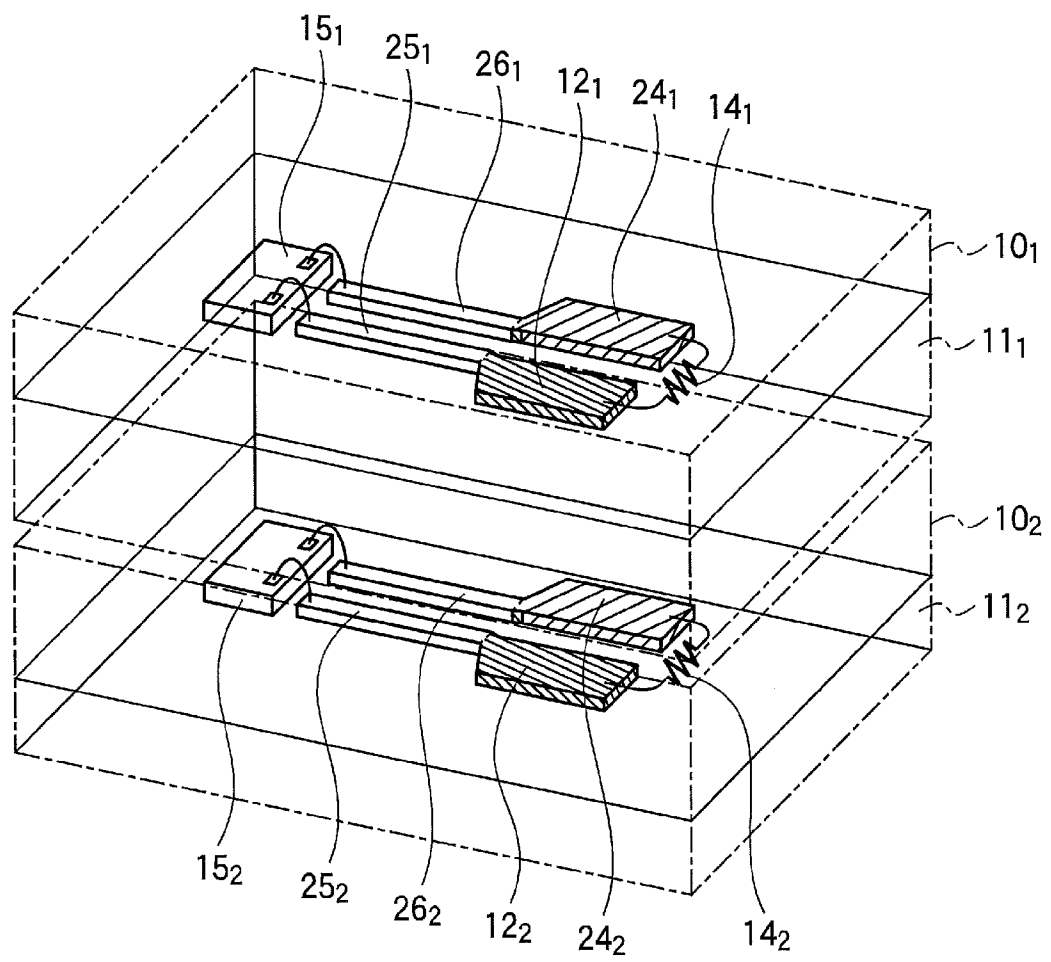
[図31]



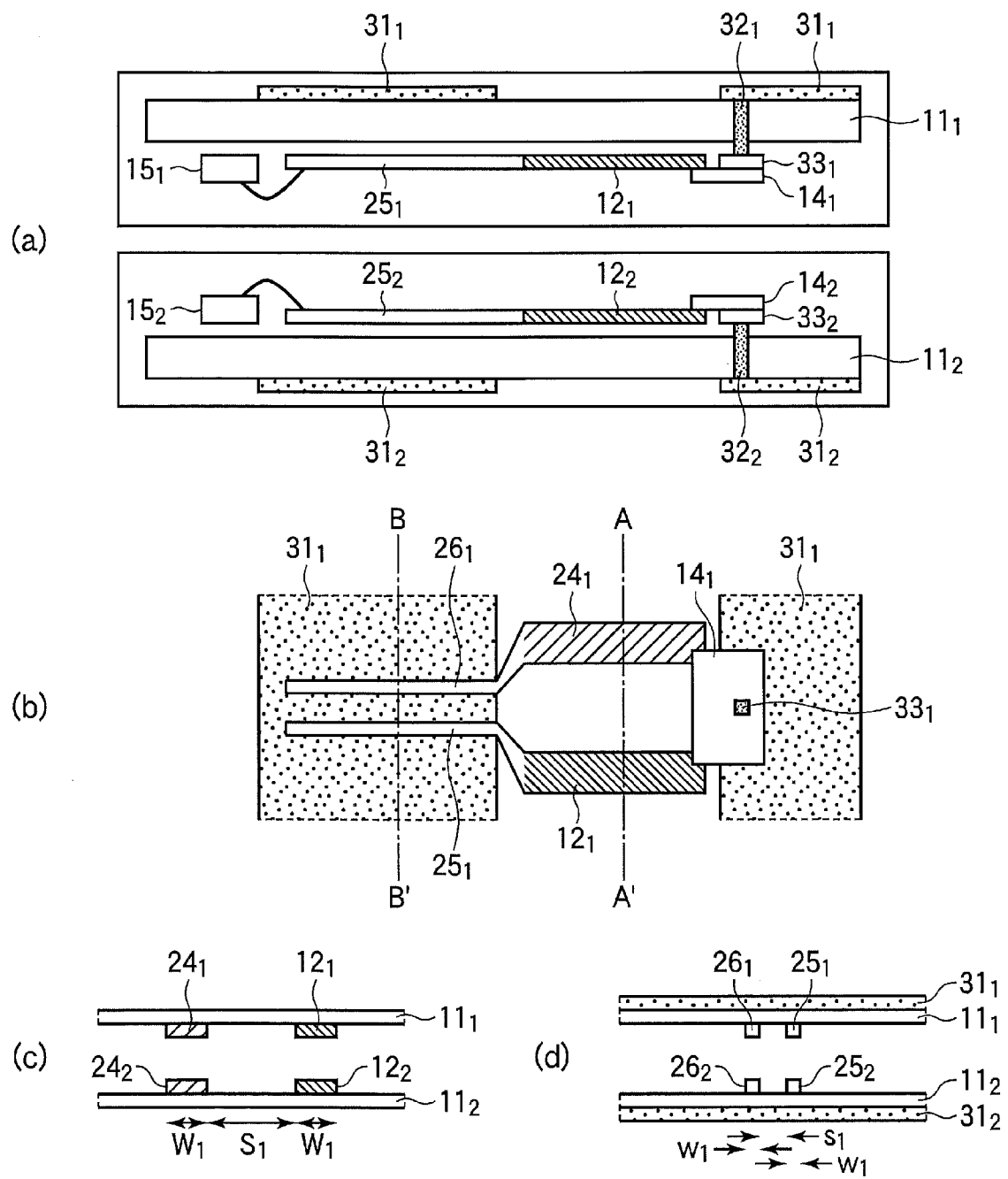
[図32]



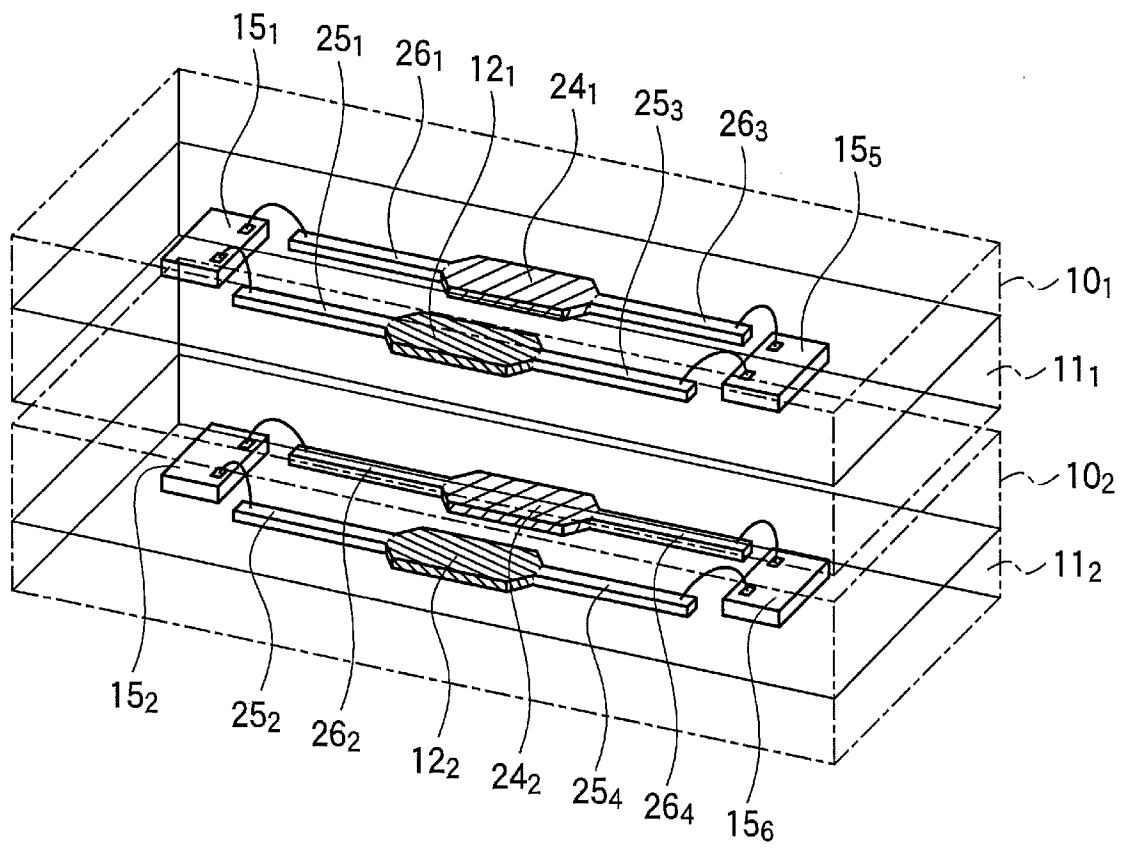
[図33]



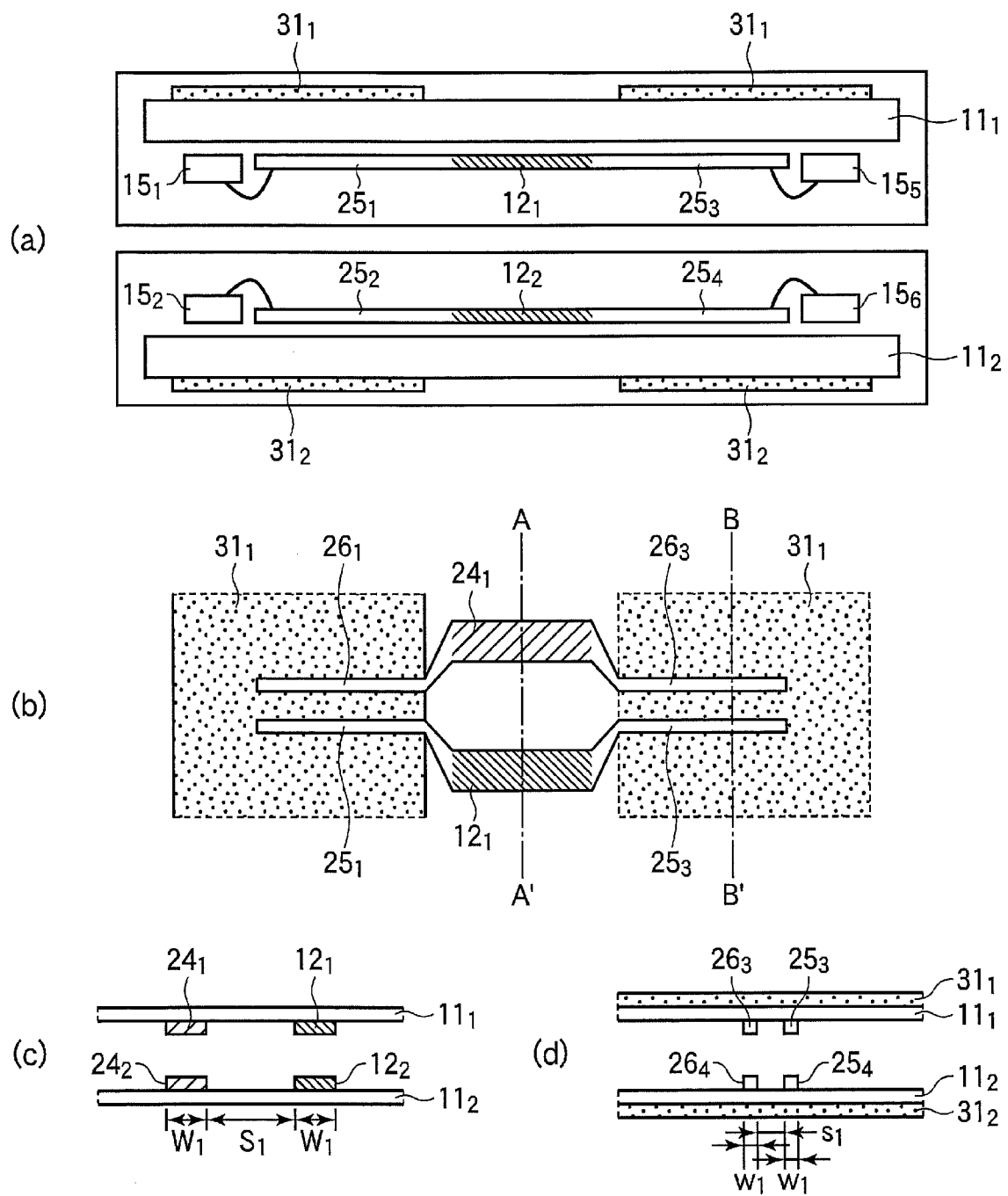
[図34]



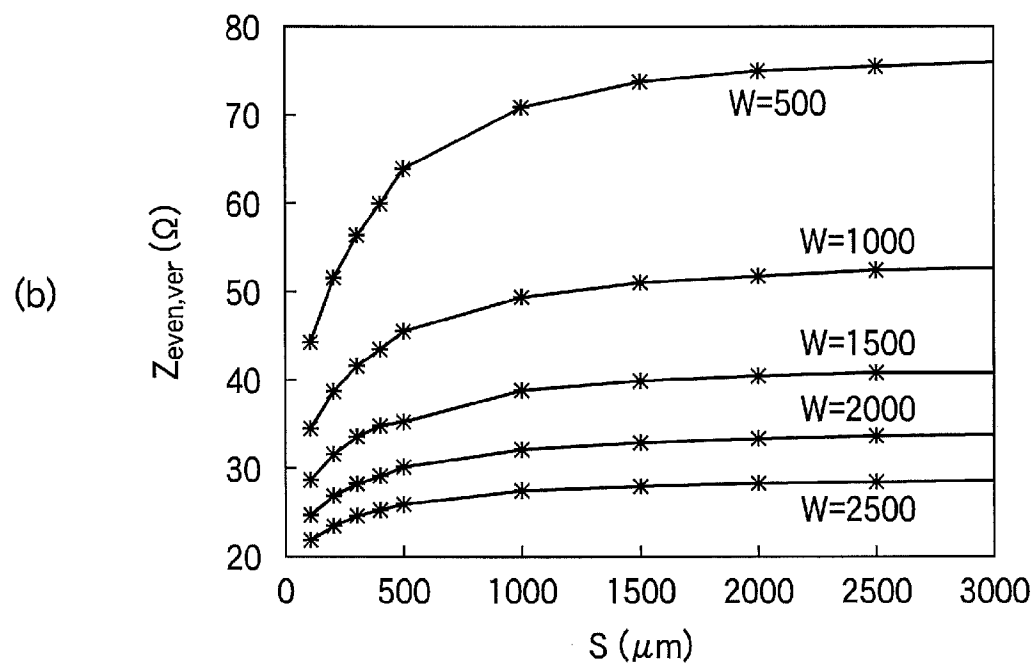
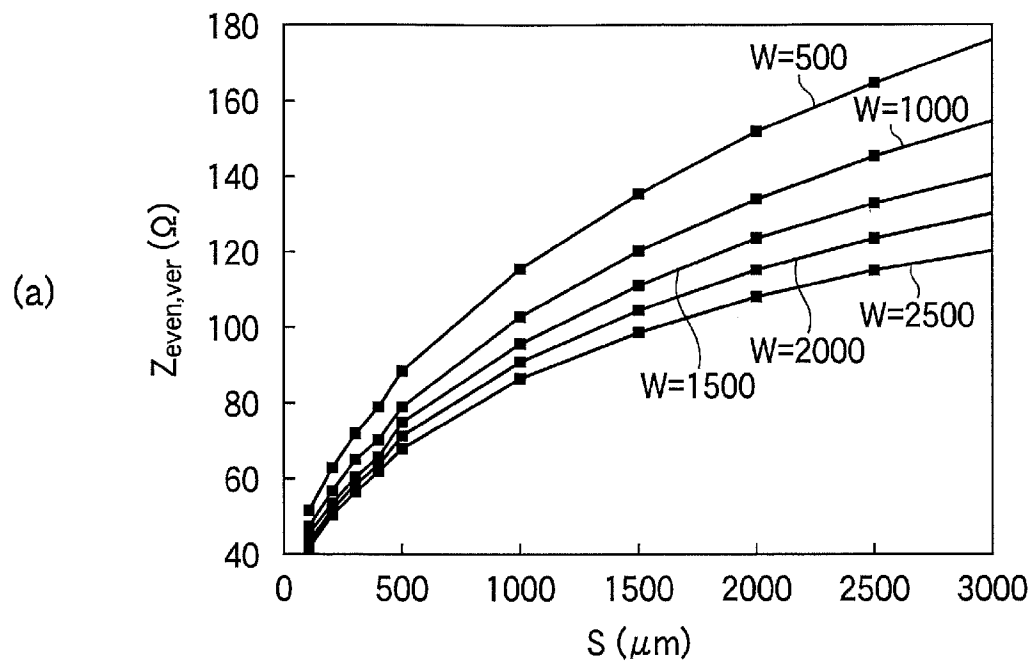
[図35]



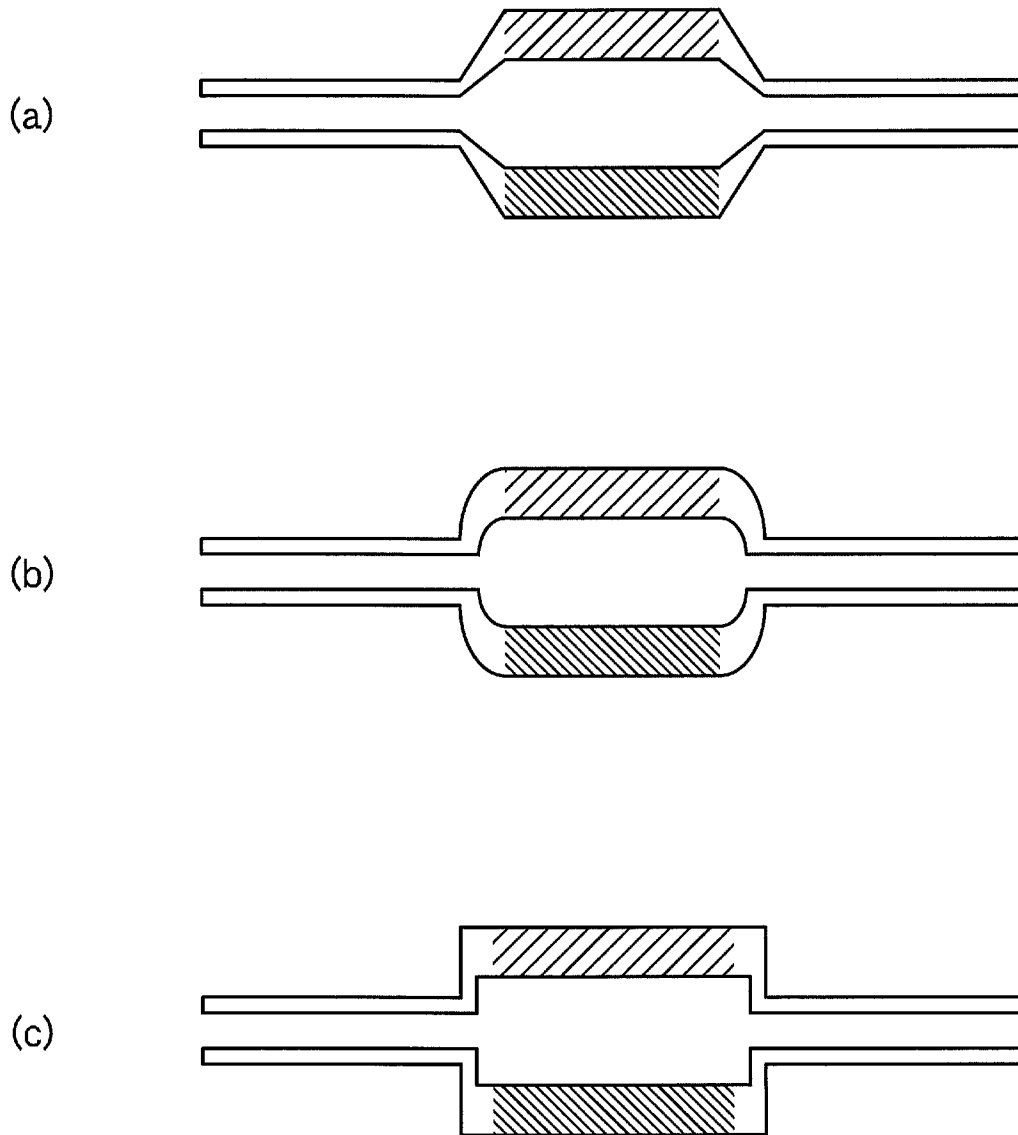
[図36]



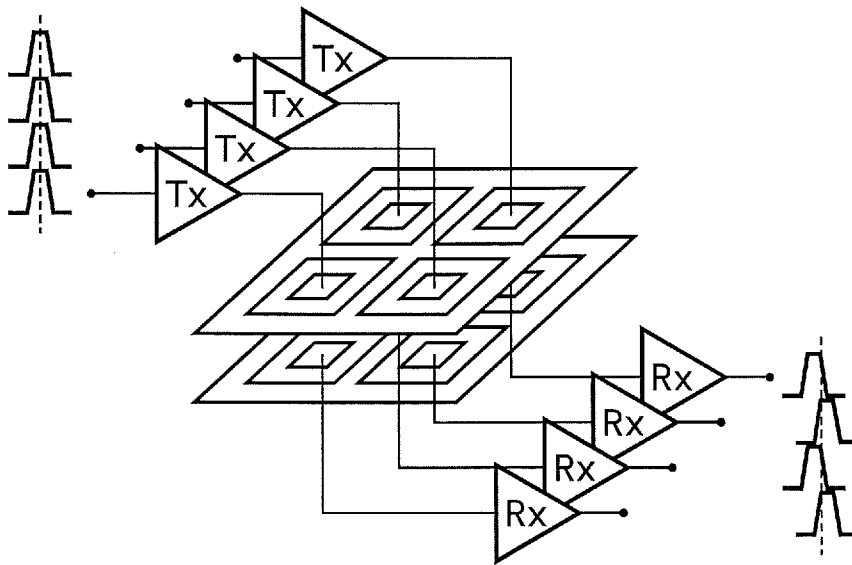
[図37]



[図38]



[図39]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/053318

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B5/02 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B5/00-5/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2008-278290 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 03 November 2008 (03.11.2008), paragraphs [0025] to [0033]; fig. 1, 4 (Family: none)	1-6, 20, 21 7-19, 22-38
Y A	US 2972121 A (Motorola Inc.), 14 February 1961 (14.02.1961), columns 2 to 4; fig. 1, 8 (Family: none)	1-6, 20, 21 7-19, 22-38
Y A	US 5530422 A (General Electric Co.), 25 June 1996 (25.06.1996), columns 4 to 7; fig. 2 to 4 & JP 8-224233 A & DE 19533820 A & IL 115163 A & CN 1130497 A	2-6, 21 7-19, 22-38

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 March, 2012 (09.03.12)

Date of mailing of the international search report
19 March, 2012 (19.03.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/053318

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2007-49422 A (Sony Corp.), 22 February 2007 (22.02.2007), paragraphs [0041], [0101]; fig. 1 to 5, 10 & US 2007/0037516 A1 & CN 1945982 A	3-6, 21 7-19, 22-38
A	JP 2003-516007 A (Infineon Technologies AG.), 16 May 2003 (16.05.2003), fig. 3 & US 6850420 B2 & WO 2001/039137 A1 & BR 15835 A & MX PA02005249 A & CN 1399771 A	1-38
A	JP 2005-513824 A (FORMFACTOR INC.), 12 May 2005 (12.05.2005), fig. 1, 3 & JP 2005-513824 A & US 2005/0156755 A1 & EP 1830280 A1 & WO 2002/091616 A2 & TW 543234 B & CN 1620652 A & KR 10-2008-0036147 A & AU 2002236576 A	1-38

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H04B5/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H04B5/00-5/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2008-278290 A (富士ゼロックス株式会社) 2008. 11. 03, 段落[0025]-[0033], 図 1, 4 (ファミリーなし)	1-6, 20, 21 7-19, 22-38
Y A	US 2972121 A (Motorola Inc.) 1961. 02. 14, 第 2-4 欄, Fig. 1, 8 (ファミリーなし)	1-6, 20, 21 7-19, 22-38
Y A	US 5530422 A (General Electric Company) 1996. 06. 25, 第 4-7 欄, Fig. 2-4 & JP 8-224233 A & DE 19533820 A & IL 115163 A & CN 1130497 A	2-6, 21 7-19, 22-38

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.03.2012

国際調査報告の発送日

19.03.2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

木下 直哉

5 J

3858

電話番号 03-3581-1101 内線 3534

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2007-49422 A (ソニー株式会社) 2007. 02. 22, 段落[0041], [0101], 図 1-5, 10 & US 2007/0037516 A1 & CN 1945982 A	3-6, 21 7-19, 22-38
A	JP 2003-516007 A (インフィネオン テクノロジーズ アクチェン ゲゼルシャフト) 2003. 05. 16, 図 3 & US 6850420 B2 & WO 2001/039137 A1 & BR 15835 A & MX PA02005249 A & CN 1399771 A	1-38
A	JP 2005-513824 A (フォームファクター, インコーポレイテッド) 2005. 05. 12, 図 1, 3 & JP 2005-513824 A & US 2005/0156755 A1 & EP 1830280 A1 & WO 2002/091616 A2 & TW 543234 B & CN 1620652 A & KR 10-2008-0036147 A & AU 2002236576 A	1-38