

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4608547号
(P4608547)

(45) 発行日 平成23年1月12日(2011.1.12)

(24) 登録日 平成22年10月15日(2010.10.15)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 Q 1/38	(2006.01)
HO 1 Q 7/00	(2006.01)
HO 1 Q 9/16	(2006.01)
HO 1 Q 9/26	(2006.01)
HO 1 Q 9/30	(2006.01)

請求項の数 20 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2007-524785 (P2007-524785)
(86) (22) 出願日	平成17年2月23日 (2005.2.23)
(65) 公表番号	特表2008-509597 (P2008-509597A)
(43) 公表日	平成20年3月27日 (2008.3.27)
(86) 國際出願番号	PCT/US2005/005706
(87) 國際公開番号	W02006/022836
(87) 國際公開日	平成18年3月2日 (2006.3.2)
審査請求日	平成20年2月7日 (2008.2.7)
(31) 優先権主張番号	10/912,959
(32) 優先日	平成16年8月6日 (2004.8.6)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者	390009531 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION アメリカ合衆国 10504 ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャード ロード
(74) 代理人	100108501 弁理士 上野 剛史
(74) 代理人	100112690 弁理士 太佐 種一
(74) 代理人	100091568 弁理士 市位 嘉宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ワイヤ・ボンドを放射素子として使用してアンテナを構築する装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

その表面上に形成される第1ボンド・パッドおよび第2ボンド・パッドを有する基板と、
放射素子としての少なくとも1つのボンド・ワイヤを有するアンテナであって、前記少なくとも1つのボンド・ワイヤが、前記基板の前記表面上の前記第1ボンド・パッドに結合される第1端と前記第2ボンド・パッドに結合される第2端とを有する、前記アンテナと、

前記基板の前記表面上に形成され、電磁場が基盤に達するのを防止する金属遮蔽と、を備え、

前記金属遮蔽が、前記基板の前記表面上の前記第1ボンド・パッドと前記第2ボンド・パッドの間に配置され、さらに前記金属遮蔽が、前記基板の前記表面と、前記第1端と前記第2端の間で前記ボンド・ワイヤの少なくとも一部分との間で挟まれる、アンテナ・デバイス。

【請求項 2】

前記少なくとも1つのボンド・ワイヤを封入する、前記基板の前記表面上に形成された誘電体材料をさらに備える、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記基板および前記アンテナの上に形成されたカバーをさらに備える、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記アンテナがモノポール・アンテナ、ダイポール・アンテナ、ループ・アンテナ、およびエンド・ファイア(end-fire)アンテナを含む群から選択される、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 5】

前記アンテナがアンテナ・アレイを含む、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 6】

前記少なくとも1つのボンド・ワイヤが、前記基板の前記表面の上にループ部分を有する、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 7】

前記金属遮蔽が、前記ボンド・ワイヤの前記ループ部分の少なくとも一部の下に配置される、請求項6に記載のデバイス。

【請求項 8】

前記基板が、前記アンテナに接続されたフィード・ネットワークをさらに有する、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 9】

前記フィード・ネットワークがインピーダンス整合ネットワークを含む、請求項8に記載のデバイス。

【請求項 10】

前記フィード・ネットワークが、前記少なくとも1つのワイヤを集積回路チップの集積回路に接続する、請求項8に記載のデバイス。

【請求項 11】

前記集積回路が、受信機、送信機、またはトランシーバ回路を含む。請求項10に記載のデバイス。

【請求項 12】

一体型通信デバイスであって、
その能動面上に形成される第1ボンド・パッドおよび第2ボンド・パッドを有するIC(集積回路)チップと、

放射素子としての少なくとも1つのボンド・ワイヤを有するアンテナであって、前記少なくとも1つのボンド・ワイヤが、前記ICチップの前記能動面上の前記第1ボンド・パッドに結合される第1端と前記第2ボンド・パッドに結合される第2端とを有する、前記アンテナと、

前記ICチップの前記能動面上に形成され、電磁場が基盤に達するのを防止する金属遮蔽と、を備え、

前記金属遮蔽が、前記ICチップの前記能動面上の前記第1ボンド・パッドと前記第2ボンド・パッドの間に配置され、さらに前記金属遮蔽が、前記ICチップの前記能動面と、前記第1端と前記第2端の間で前記ボンド・ワイヤの少なくとも一部分との間に挟まれる、

前記一体型通信デバイス。

【請求項 13】

前記ICチップおよび前記アンテナを封入するカバーをさらに備える、請求項12に記載のデバイス。

【請求項 14】

前記ICチップが、トランシーバ、受信機、または送信機を含む集積回路を備える、請求項12に記載のデバイス。

【請求項 15】

前記ICチップが、少なくとも1つのボンド・ワイヤを前記集積回路に接続するアンテナ・フィード・ネットワークを含む、請求項14に記載のデバイス。

【請求項 16】

キャリア基板と、

10

20

30

40

50

その能動面上に形成される第1ボンド・パッドおよび第2ボンド・パッドを有し、前記キャリア基板に取り付けられる非能動面を有する、ICチップと、

放射素子としての少なくとも1つのボンド・ワイヤを有するアンテナであって、前記少なくとも1つのボンド・ワイヤが、前記ICチップの前記能動面上の前記第1ボンド・パッドに結合される第1端と前記第2ボンド・パッドに結合される第2端とを有する、前記アンテナと、

前記ICチップの前記能動面上に形成され、電磁場が基盤に達するのを防止する金属遮蔽であって、前記金属遮蔽が、前記ICチップの前記能動面上の前記第1ボンド・パッドと前記第2ボンド・パッドの間に配置され、さらに前記金属遮蔽が、前記ICチップの前記能動面と、前記第1端と前記第2端の間で前記ボンド・ワイヤの少なくとも一部分との間に挟まれる、前記金属遮蔽と、

前記ICチップおよび前記アンテナを封入するパッケージ・カバーと、
を備えるIC(集積回路)パッケージ装置。

【請求項17】

前記ICチップが、トランシーバ、受信機、または送信機を含む集積回路を備える、請求項16に記載の装置。

【請求項18】

前記ICチップが、前記少なくとも1つのボンド・ワイヤを前記集積回路に接続するアンテナ・フィード・ネットワークを備える、請求項17に記載の装置。

【請求項19】

前記アンテナが、前記チップの前記能動面上に結合される第1端と前記キャリア基板に結合される第2端とを有する、第2ボンド・ワイヤを備える、請求項16に記載の装置。

【請求項20】

前記第2ボンド・ワイヤの前記第2端が前記キャリア基板のリード・フレームに結合される、請求項16に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に、1つまたは複数のワイヤを基板またはチップに取り付けられた放射素子として使用するアンテナ・デバイスを構築する装置(apparatus)および方法に関する、ワイヤ・ボンディング方法を使用して、ワイヤのためのループ・プロファイルを取り付け、形成することができる。さらに、本発明は、放射ワイヤ素子で形成されたアンテナをIC(集積回路)チップと一緒にパッケージングすることにより、完全に一体化されたワイヤレスまたはRF(無線周波数)通信システムを構築する装置および方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ワイヤレスPAN(パーソナル・エリア・ネットワーク)、ワイヤレスLAN(ローカル・エリア・ネットワーク)、ワイヤレスWAN(広域ネットワーク)、セルラ・ネットワーク、あるいはほぼ任意の無線ネットワークまたはシステムなどのワイヤレスネットワーク内のデバイス間のワイヤレス接続性および通信を実現するために、所望の信号をネットワークの他の要素に効率的に放射(送信)し、またはネットワークの他の要素から受信するためのアンテナを受信機および送信機(またはトランシーバ)に装備することが必要である。

【0003】

ミリメートル波無線通信システムなどの従来型無線通信システムでは、離散的構成要素が、プリント回路基板、パッケージ、または基板上に封入(encapsulate)され、または個々に低い一体化レベルで取り付けられる。ミリメートル波応用例では、これらの無線通信システムは一般に、費用がかかり、かつ大きい導波路、パッケージ・レベルまたはボード・レベルのマイクロストリップ構造、ならびに半導体チップと送信機または受信機アンテナを相互接続するワイヤ・ボンドを使用して構築される。

10

20

30

40

50

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

1つまたは複数のワイヤ（またはワイヤ・ボンド）を放射素子として使用するアンテナおよび一体型アンテナ・パッケージ装置および方法を提供すること。

【課題を解決するための手段】**【0005】**

本発明の例示的実施形態は、1つまたは複数のワイヤを基板またはチップに取り付けられた放射素子として使用してアンテナ・デバイスを構築する装置および方法を含む。1つの例示的実施形態では、基板またはチップにワイヤを取り付け、ワイヤのためのループ・プロファイルを形成するためにワイヤ・ボンディング方法が使用される。モノポール・アンテナ、ダイポール・アンテナ、折返しダイポール・アンテナ、ループ・アンテナ、またはエンド・ファイア・アンテナ (end-fire antenna array)、あるいはその他のタイプのアンテナ・アレイを含む様々なタイプのアンテナを形成するために、1つまたは複数のワイヤ（またはワイヤ・ボンド）を放射素子として使用して、本発明の例示的実施形態によるアンテナを構築することができる。10

【0006】

本発明の例示的実施形態は、放射ワイヤ素子で形成された1つまたは複数のアンテナをI C（集積回路）チップと共にパッケージングすることにより、完全に一体化されたワイヤレスまたはR F（無線周波数）通信システムを構築することを含む。実際に、放射ワイヤまたはワイヤ・ボンド素子で形成されたアンテナを、オンチップR F（無線周波数）またはマイクロ波集積回路（例えば受信機、送信機、トランシーバなど）に直接取り付け、プラスチック／誘電体封止材（encapsulant）内にパッケージ化して、完全に一体化されたR Fまたはワイヤレス通信デバイスを構築することができる。20

【0007】

本発明の上記およびその他の例示的実施形態、態様、目的、特徴、および利点を、添付の図面と共に読むべきである以下の例示的実施形態の詳細な説明で述べ、または本発明の上記およびその他の例示的実施形態、態様、目的、特徴、および利点は、以下の例示的実施形態の詳細な説明から明らかとなるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】**【0008】**

本明細書で説明する本発明の例示的実施形態は、基板または半導体チップの表面に取り付けられた放射素子として1つまたは複数のワイヤ素子を使用してアンテナを構築する装置および方法を含む。本発明の一実施形態では、ワイヤは、ワイヤを基板またはチップに取り付け、所望のワイヤ・ループ・プロファイルを形成するためにワイヤ・ボンド方法を使用して形成されるワイヤ・ボンドを含む。ワイヤ・ボンド放射素子で形成される本発明の例示的実施形態によるアンテナ・デバイスは、例えばワイヤ寸法、精度、および運動輪郭（motion contour）に関して現在の（または将来の）ボンディング技術で実現可能であり、現在の（または将来の）ボンディング技術と整合性のあるワイヤ・ループ・プロファイルを使用する。さらに、ワイヤ・ボンディング方法を使用して放射素子としてワイヤを形成することにより、本発明によるアンテナ・デバイスの大量製造について正確な配置および再現性が可能となる。本発明の例示的実施形態によるワイヤ・ボンディング方法、およびアンテナ・デバイスを構築するためにそのような方法を使用することについての簡潔な説明をこれから与える。40

【0009】

一般には、ワイヤ・ボンディングは、チップ・基板相互接続を形成して電力および信号分配のための電気的経路を与えるために半導体製造で一般的に使用される方法である。当技術分野で周知のように、ワイヤ・ボンディングは一般に、非常に細い直径のワイヤを使用して、ダイ（die）上のパッドをリード・フレーム（または基板）に接続するものである。一般には、「ボール・ボンディング」技法および「ウェッジ・ボンディング（wedgeb

10

20

30

40

50

onding)」方法として知られる、実装する事のできるいくつかのワイヤ・ボンディング方法が存在する。両者のタイプのワイヤ・ボンディング方法についての基本的ステップは、(i) (通常はチップ上に) 第1ボンドを形成すること、(ii) ワイヤ・ループを形成すること、および(iii) (通常は基板上に) 第2ボンドを形成することを含む。

【0010】

ボール・ボンディング技法とウェッジ・ボンディング技法の間には様々な違いがある。1つの違いは、「ボール・ボンディング」では、各ボンド・サイクルの最初にフリー・エア・ボール (free air ball) が形成され、ボールをパッドにボンディングすることによって第1ボンドが達成されるのに対して、「ウェッジ・ボンディング」では、力および超音波エネルギーを使用してデバイスにワイヤがボンディングされる。ボール・ボンディングでは、少なくとも 99.99% の純度を有する金 (Au) ワイヤで形成されたボンド・ワイヤが一般に使用される。あるいは、ワイヤ・ボンド・デバイスに何らかの修正を行うことにより、銅 (Cu) ワイヤをボール・ボンディングすることもできる。そのような場合、フリー・エア・ボール形成中の Cu 酸化を防止するためにガス環境が形成される。Au ボンディングと Cu ボンディングはどちらも高い温度で実施され、「サーモソニック・ボンディング (thermosonic bonding)」と呼ばれるプロセスである。熱および超音波エネルギーを使用するからである。ウェッジ・ボンディングでは、高い温度で Au ワイヤを使用して、または室温でアルミニウム (Al) ワイヤを使用してワイヤ・ボンドを形成することができる。

【0011】

ボール・ボンディングとウェッジ・ボンディングの別の違いは、ワイヤ・ルーピングに関するものである。ワイヤ・ボンドのループとは、ワイヤ・ボンドの各端部の取付け地点間のワイヤの曲線または弧を指す。具体的には、ボール・ボンディングは、第1ボンドから第2ボンドにワイヤをルーピングする方向に関して制限を課さず、これにより、ボール・ボンディング・ルーピングが極めて柔軟性のあるものとなる。一方、従来のウェッジ・ボンディング・デバイスでは、ボンドをワイヤ方向に対して平行に配置することだけが可能である。ボール・ボンディングとウェッジ・ボンディングの別の違いは、ボール・ボンディングを使用するボンディングの速度を最速のウェッジ・ボンダの速度の 2 倍超にできることである。

【0012】

本発明によれば、応用例またはアンテナ設計に応じて、ボール・ボンディング方法またはウェッジ・ボンディング方法を使用して、基板またはチップ上にワイヤ・ボンドを放射素子として形成することができる。速度が速く、コストが低く、ルーピング能力がより柔軟であることにより、ボール・ボンディングは今日最も一般的に使用される相互接続である。しかし、ファイン・ピッチ応用例では、ボール・ボンディングまたはウェッジ・ボンディングを選択するとき、小型で信頼性の高いボンドを達成し、ループを維持し、ボンドを正確に配置することを含むいくつかの要素を考慮すべきである。

【0013】

以下の表 1 に、現在存在するワイヤ・ボンディング・ツール (例えばワイヤ・ボンダ) を使用して達成することのできる、ファイン・ピッチ・ワイヤ・ボンディング応用例についての典型的な仕様を列挙する。

【0014】

10

20

30

40

【表1】

パラメータ	典型的な値
ボンド・ピッチ (B_p)	35~45ミクロン
最小ワイヤ直径 (W_D)	15~25.4ミクロン
ワイヤ・スウェイ	+/-1ワイヤ直径
最大ワイヤ・ボンド長 (L_w)	7.6 mm
高精度ワイヤ・スパン	<2.4 mm
3 σ 配置精度 (PA)	+/-5ミクロン
最小ループ高 (LH)	100ミクロン
最小ボール直径 (B_D)	43ミクロン

10

【0015】

図1に、本発明の例示的実施形態による、表Iに列挙する仕様に従ってファイン・ピッチ・ワイヤ・ボンディング方法を使用して設計することのできる放射素子としてのワイヤを有するアンテナの略図を示す。より具体的には、図1は、ボール・ボンド (ball bond) (13) および(14)にそれぞれ接続される第1および第2の4分の1波長ワイヤ素子(11)および(12)を含む半波長ダイポール素子を有するダイポール・アンテナ(10)の略図を示す。図1では、ボール・ボンドがフィード・ネットワーク (feednetwork) (例えば差動フィード・ネットワーク) のパッド接続にボンディングされ、ワイヤ(11)および(12)の他端が(例えば図2、3、および4を参照しながら以下で説明する)基板またはチップに接続されると仮定する。

20

【0016】

図1に示すように、ファイン・ピッチ・ボールおよびワイヤ・ボンディングのためのワイヤ・ボンディング・ツールは、ボンド・ピッチ (B_p) (例えばチップ上のワイヤ・ボンド間の間隔) 35~45ミクロン (およびボール・ボンディングについて最小35ミクロンのボール・ボンド・ピッチ (B_p))、最小ワイヤ直径 15~25.4ミクロン、2.4 mm未満の高精度ワイヤ・スパンについて ± 1ワイヤ直径のワイヤ・スウェイ (wire sway)、3 標準偏差配置精度 (PA) ± 5ミクロン、最大ワイヤ・ボンド長 (L_w) 7.6 mm、最小ワイヤ・ループ高 (LH) 100ミクロン、および最小ボール直径 (B_D) 43ミクロンを形成することができる。以下で説明するように、これらのワイヤ・ボンド仕様は、ミリメートル波応用例向けの放射素子としてのワイヤ・ボンドを有するアンテナ・デバイスを構築するのに適している。

30

【0017】

さらに、ワイヤ・ループ・プロファイルを画定するために、現在のワイヤ・ボンディング・ツールは、いくつかのワイヤ・ループ、例えばJワイヤ・ループ (J-wire loop)、RFループ、スピンドル・ループ・プロファイル (spindlerloop profile)などをプログラムすることを可能にする。利用可能なループ・プロファイルのほとんどは、ワイヤ・ボンディング・ツール・チップの可能な運動輪郭に適用される実験的統計的方法で導出される。通常、周知かつ一般的に使用される形状 / 輪郭 / ループ・プロファイルは、ワイヤをネックングする (neck) ことなく、可能な最短のワイヤ・ボンドまたは最短のボンディング・ピッチあるいはその両方を実現するための特定のパッケージ・タイプまたはチップ取付け技法に関係する。

40

【0018】

ワイヤ・ボンドを形成するように組み合わされる複数の組の対応するリンク機構 / ばね対 (linkage/springpair) としてワイヤ・ボンドをモデリングすることによってボンディ

50

ング・ワイヤ・プロファイル制限を解析することができ、ボンディング・ワイヤの弾塑性変形をシミュレートする2つのリンク機構の曲げ角度によってばねの弾性および可塑性の係数が求められる。これらの研究を用いて、チップ・基板相互接続にとって望ましくないが、本発明の例示的実施形態によるアンテナ用の放射素子としては適しており、効果的である様々なワイヤ・ループ・プロファイルが存在することを示すことができる。輪郭運動プロセスを利用して自動化ファイン・ピッチ・ワイヤ・ボンディング・ツールの機能に準拠するワイヤ・ループ・プロファイルを達成するのに、手動ワイヤ・ボンダを使用することができます。本明細書で説明する本発明の例示的実施形態は、実現可能であり、ワイヤの寸法、精度、および運動輪郭に関するワイヤ・ボンディング技術の制限と整合するワイヤ・ループ・プロファイルを使用する。

10

【0019】

図2および3は、本発明の例示的実施形態によるアンテナ・デバイスを示す略図である。より具体的には、図2および3は、放射素子としてのワイヤ・ボンドで形成されたダイポール・アンテナを備える例示的実施形態アンテナ・デバイス(20)を示し、図2は、アンテナ・デバイス(20)の概略上面図を示し、図3は、線2B-2Bに沿って切り取られた図2のアンテナ・デバイス(20)の概略断面図である。例示のために、ダイポール・アンテナ・デバイスと、そのようなデバイスの半導体ICパッケージへの一体化を具体的に参照しながら本発明の例示的実施形態を説明する。本発明は何らかの特定のアンテナ・タイプまたは動作周波数に限定されないことを理解されたい。むしろ、本発明は、例えばワイヤ・ボンディング方法で形成された放射素子としてのワイヤを使用して設計することのできる、所与の応用例または動作周波数あるいはその両方に適したどんなアンテナ・タイプにもより一般的に適用可能である。

20

【0020】

ここで図2および3を参照すると、例示的アンテナ・デバイス(20)は、図1の例示的フレームワーク(構成)に基づくダイポール・アンテナ構造を有する基板(21)(またはチップ(ダイ))を備える。より具体的には、ダイポール・アンテナは、金属パッド(23)および(24)に接続され、支持される第1ワイヤ素子(22)と、金属パッド(26)および(27)に接続され、支持される第2ワイヤ素子(25)とを備える。第1および第2ワイヤ素子(22)および(25)は、それぞれ第1および第2の4分の1波長(1/4波長)ワイヤ素子である。図2および3の例示的実施形態では、金属パッド(23)および(26)は、RF回路に接続される一体型アンテナ・フィード・ネットワーク

30

に対する接触パッドである。金属パッド(24)および(27)は、それぞれのワイヤ素子(22)および(25)の端部(フィードされない)を取り付け、支持する終端パッドである。各ワイヤは、それが接続され、支持される始点および終点を有する。例示的アンテナ・デバイス(20)は、基板/チップ(21)上のそれぞれのワイヤ素子(22)および(25)下に形成された任意選択の金属遮蔽素子(28)および(29)をさらに備える。金属遮蔽素子(28)および(29)は、基板損失およびその誘電率に応じて、電磁場が基板(21)に達するのを防止するためにグランド遮蔽として使用できる。それによって損失を低減し、アンテナ効率を向上させるために、基板(21)とワイヤ(22)および(25)の間に含まれていてよい。接触パッド(23)、(24)、(26)、および(27)、ならびに遮蔽素子(28)および(29)を、基板/チップ(21)の上部金属層の一部として形成することができる。

40

【0021】

アンテナ実装に応じて、基板/チップ(21)は、例えば、融解石英(SiO₂)、アルミナ、ポリスチレン、セラミック、テフロン(登録商標)・ベースの基板、FR4などの誘電体/絶縁材料、あるいは高抵抗率シリコンまたはGaAsなどの半導体材料を含む任意の適切な材料を含むことができる。

【0022】

さらに、例示的アンテナ・デバイス(20)は、図2および3にphantom

50

) (点線)で示される環境保護用のアンテナ封入(カプセル封じ)層(30)を含む。応用例に応じて、封入層(30)は、アンテナおよび基板/チップを封入するパッケージ・カバー(プラスチック・カバー)でよい。具体的には、例えば、基板/チップ(21)を、それに接続されるアンテナと共にチップ・パッケージ内部にパッケージングするために、低コスト・プラスチック・パッケージ内にチップおよびアンテナを封入することができる。他の実施形態では、基板/チップ(21)の上に誘電体材料の層を形成することができ、それによってアンテナ・ワイヤ素子がそのような層内に埋め込まれる。

【0023】

本発明の例示的実施形態によれば、ワイヤ素子(22)および(25)が基板/チップ(21)に取り付けられ、大量製造のための正確な配置および再現性を可能にするワイヤ・ボンディング・マシンを使用して、そのようなワイヤ素子のループ・プロファイルが形成される。この点で、周知の技法を使用して、本発明の例示的実施形態によるループ・プロファイルをワイヤ・ボンダに対してプログラムし、所与のアンテナ・タイプについて最適な/所望の放射効率を実現することができる。

【0024】

図2および3に、例示的ダイポール・アンテナ・デバイス(20)に関する様々なパラメータまたは寸法あるいはその両方を示す。これらは、例えば応用例、アンテナ・タイプ、または動作周波数、あるいはそれらの組合せに応じて変化する可能性がある。具体的には、基板/チップ(21)が、面積寸法(C_x)および(C_y)ならびに厚さ(C_z)を有するほぼ正方形として示されている。さらに、封止材/カバー(30)が、寸法(P_x)、(P_y)、および(P_z)を有するものとして示されている。ワイヤ素子(22)および(25)が、ワイヤ直径(D_w)、横方向スパン(S)、およびピッチ(P)で分離されるフィード・ポイントをそれぞれ有するものとして示されている。金属接触パッド(23)、(24)、(26)、および(27)が幅(W_c)を有するものとして示されており、金属遮蔽(28)および(29)が幅(W_s)を有するものとして示されている。終端パッド(24)および(27)が、基板/チップ(21)を横切る横方向延長部分(L)で分離されるものとして示されている。フィード・パッド(23)および(26)がギャップ(G_F)で分離されるものとして示されており、金属遮蔽および接触パッドが、ギャップ(G)で分離されるものとして示されている。さらに、ワイヤ素子(22)および(25)が、それぞれの金属遮蔽(28)および(29)を覆うループ高(LH)を有するものと示されている。

【0025】

以下の表2に、本発明の例示的実施形態による、図2および3のフレームワーク(構成)に基づく60GHzダイポール・アンテナ設計に関する上記のパラメータ/寸法についての例示的値を列挙する。

【0026】

【表 2】

パラメータ	例示的値
チップ/基板寸法 (C_x)	2.5 mm
チップ/基板寸法 (C_y)	2.5 mm
チップ/基板寸法 (C_z)	300 ミクロン
ワイヤ・スパン (S)	1012.5 ミクロン
ワイヤ・ループ高 (LH)	100 ミクロン
ワイヤ・ピッチ (P)	175 ミクロン
ワイヤ直径 (D_w)	25.4 ミクロン
ワイヤ・フィード・ギャップ (G_f)	50 ミクロン
横方向オンチップ・アンテナ延長部分 (L)	2300 ミクロン
封止材寸法 (P_x)	5 mm
封止材寸法 (P_y)	5 mm
封止材寸法 (P_z)	800 ミクロン
接触パッド (W_c) の幅	100 ミクロン
遮蔽の幅 (W_s)	300 ミクロン
接触パッド/遮蔽 (G) 間のギャップ	50 ミクロン

【0027】

図2および3に示すフレームワークと、表IIに列挙するパラメータ値を有する例示的ダイポール・アンテナ実施形態では、100 μmのループ高 (LH) が、列挙される寸法を有するチップおよびパッケージと共に実装するのに適している。

【0028】

R F またはワイヤレス通信チップを構築するのに、本発明の例示的実施形態によるアンテナをICチップと共に比較的小さいパッケージとして一体的にパッケージングできることを理解されたい。例えば、図4は、本発明の例示的実施形態による、アンテナおよびICチップを一体的にパッケージングする装置(40)の概略斜視図である。具体的には、図4は、低コストQFN(Quad Flat Nonleaded)パッケージ構造を使用してICチップと共にパッケージングされる、図2および3の例示的実施形態を参照しながら上記で議論したのと同様のフレームワークを有する完全に一体化されたオンチップ・ダイポール・アンテナを示す。

【0029】

具体的には、図4を参照すると、装置(40)は、リードレス(セラミック)チップ・キャリア(42)に取り付けられたICチップ(41)表面と、低コスト・プラスチック材料で形成することのできる、ICパッケージを封入するファントム(点線)で示されるパッケージ封入部(package encapsulation)(43)(パッケージ・カバー)とを備える。チップ・キャリア(42)は、キャリア基板(42)の4つのすべての边上に形成された複数のパッド(44)を有するリード・フレームを有する。チップ(41)(またはダイ)は、チップ(41)の能動面(activesurface)の周囲に分布する複数のボンド・パッド(45)(または金属領域)を有する。ボンド・パッド(45)は、ICチップ(41)とパッケージ接点(44)との間の電気的接続(例えばグランド、電源、I/Oなど)を行うために、ワイヤ・ボンディングで形成されたワイヤ(46)でリード・フレームのパッド(44)に接続される。チップ・キャリア(42)は、ダイ(41)が取り付

10

20

30

40

50

けられるダイ・パドル(47)をさらに有する。

【0030】

さらに、装置(40)は、図2および3を参照しながら上記で議論したダイポール・アンテナと同様のフレームワークを有するダイポール・アンテナを備える。具体的には、図4の例示的ダイポール・アンテナは、金属パッド(49)および(50)に接続され支持される第1ワイヤ素子(48)と、金属パッド(52)および(53)に接続され支持される第2ワイヤ素子(51)とを有する。第1および第2ワイヤ素子(48)および(51)は、それぞれ第1および第2の4分の1波長ワイヤ素子である。金属パッド(49)および(52)は、RF回路に接続される一体型アンテナ・フィード・ネットワークに対する接触パッドである。金属パッド(50)および(53)は、それぞれワイヤ素子(48)および(51)の(フィードされない)部分を取り付け、支持する終端パッドである。
10

【0031】

接触パッド(49)および(52)は、チップ(41)の集積回路に接続される一体型アンテナ・フィード・ネットワーク(差動フィード(differential feed))へのダイポール・アンテナの接続を可能にする。フィード・ネットワーク・フレームワークは、例えば、所与の応用例に対して望ましいインピーダンス、またはアンテナが接続されるデバイスのタイプ、あるいはその両方に応じて変化する。例えば、アンテナが送信機システムに接続される場合、フィード・ネットワークは、電力増幅器に対する適切な接続およびインピーダンス整合を実現するように設計される。別の例では、アンテナが受信機システムに接続される場合、フィード・ネットワークは、LNA(低ノイズ増幅器)に対する適切な接続およびインピーダンス整合を実現するように設計される。
20

【0032】

例示的装置(40)は、基板損失およびその誘電率に応じて、電磁場が基板(41)を貫くのを防止するために、チップ(41)上のワイヤ素子(48)および(51)下に形成された金属遮蔽素子をさらに備えることができる。グランド遮蔽のサイズは、アンテナの放射効率に影響を及ぼす可能性があり、全体のチップ幾何形状によって制限される。

【0033】

図4の例示的実施形態は、完全に一体化されたオンチップ・アンテナの1つの例示的実施形態に過ぎないこと、および本明細書の教示に基づいて他のフレームワークを当業者は容易に思い描けることを理解されたい。例えば、ダイポール・アンテナ以外のアンテナ構造をワイヤ・ボンドで形成し、上述と同様にパッケージ化することができる。実際、以下で説明する図9～12は、本発明の例示的実施形態によるワイヤ・ボンドを使用して構築することのできる様々なアンテナの略図を示す。さらに、図4では図示するアンテナは1つであるが、2つのアンテナを用いて、本発明の他の例示的実施形態によるICパッケージを構築することができ、例えば、一方のアンテナは送信用の一体化送信機回路に接続され、他方のアンテナは受信用の一体化受信機回路に接続される。さらに、図4では、チップ(41)の表面上に位置するワイヤ終端接点(50)および(53)を示すが、より広いワイヤ・スパンを考慮する場合、パッケージ・リード・パッド(44)上に配置されたワイヤ終端でアンテナを形成することができる。実際、1つまたは複数のリード・ワイヤをアンテナの放射素子として使用することもできる。
30
40

【0034】

本発明によるワイヤ・ボンドを放射素子として使用するアンテナ設計の電気的特性および特徴を求めるために、RF、ワイヤレス、パッケージング、およびオプトエレクトロニック設計用の市販の周知のIE3D EMシミュレーション・ソフトウェア・ツールであるEM(電磁)シミュレーション・ソフトウェアを使用して、60GHzダイポール・アンテナ設計についてコンピュータ・シミュレーションを実施した。具体的には、ワイヤ素子(61)および(62)、接触パッド(63)、(64)、(65)、および(66)、ならびに金属遮蔽(67)および(68)を有する、図5に示す空気(真空)環境内のモデル差動フィード・ダイポール・アンテナ(60)についてシミュレーションを実施し
50

た。モデル・ダイポール・アンテナ(60)について、上記の表IIで述べたワイヤ、パッド、および遮蔽パラメータ、例えばループ高100ミクロン、ループ・スパン(S)1012.5ミクロン、および遮蔽の幅300ミクロンなどを指定した。

【0035】

図6に、図5の空気中のモデル・ダイポール・アンテナ(60)のシミュレートした反射減衰量のグラフを示す。具体的には、図6は、モデル60GHzダイポール・アンテナについての、シミュレートした入力インピーダンス整合パラメータ(S11)のdB単位のグラフを示す。図6は、例示的ダイポール・アンテナ実施形態が60GHz周波数帯で約6GHzの帯域幅を与えることを示し、帯域幅は、75オーム・フィード・ケーブルに対してS11が約-10dB以上であると測定された周波数範囲に基づいて定義される。
さらに、図7は、図5のモデル・ダイポール・アンテナのシミュレートしたアンテナおよび放射効率のグラフを示す。上述のように、基板損失およびその誘電率に応じて、電磁場が基板に達するのを防止するためにグランド遮蔽を使用することができ、そのようなグランド遮蔽のサイズが放射効率に影響を及ぼす。グランド遮蔽(すなわち、金属遮蔽素子)は、基板面を貫通する電磁場において、金属遮蔽素子の部分を通る電磁場成分を遮蔽して、電磁場が基板を貫くのを防止して、基板損失を低減しアンテナ効率を向上させる機能を有する。

10

【0036】

図8に、図5のモデル60GHzダイポール・アンテナのシミュレートした仰角放射パターン(elevation radiation pattern)の(極座標グラフ(polar graph)を使用した)グラフを示す。図8に示す仰角放射パターンは、図5に示すデカルト座標系を仮定し、z軸はアンテナ遮蔽およびパッドの平面に対して垂直な方向に延び、x軸は、アンテナの平面に沿って、ダイポール・アンテナの軸に沿う方向に縦方向に延び、y軸は、ダイポール・アンテナの軸に垂直な方向に縦方向に延びる。図8は、一般にダイポール・アンテナに関して典型的な、ZY平面($\phi = 90$ 度)、およびZX平面($\phi = 0$ 度)で定義される垂直平面内で得られた仰角放射パターンを示す。

20

【0037】

さらに、ワイヤの延長による周波数シフトに関する上限を予測するために、典型的なワイヤ・ボンダの3配置精度の影響をシミュレートした。そのような公差による周波数のシフトは1%未満であることをシミュレーションは示している。

30

【0038】

例えば図1、2、3、および4を参照しながら上記で議論した例示的実施形態は本発明によるアンテナおよびICパッケージの例示的実施形態に過ぎないこと、ならびに本発明の装置および方法を使用してICチップと共に構築およびパッケージ化することのできる他のアンテナ・タイプを当業者は容易に思い浮かべられることを理解されたい。例えば、本明細書で説明する例示的ダイポール・アンテナに加えて、例えばモノポール、折り返し(folded)ダイポール、ループ、エンド・ファイア・アンテナ・アレイ構造などの他のアンテナを、本発明によるワイヤ素子を使用して構築することができる。アンテナのタイプに応じて、中間接続(接触パッド)を設けて曲折ワイヤ構造オンチップ(meanderwire structure on-chip)を形成することができる。

40

【0039】

例えば、図9～12は、本発明の例示的実施形態による、ワイヤ・ボンドを使用して構築することのできるアンテナを示す略図である。図9～12に示す例示的アンテナ・フレームワークを、例えば図4を参照しながら上記で議論したICチップと共にパッケージ化することができる。具体的には、図9は、対応するパッド(72～77)に接続される、ループとして配置された複数の別々のワイヤ・ボンド素子(71a～71e)と共に形成されるループ・アンテナ(70)の略図を示す。図9の例示的実施形態では、パッド(72)および(77)が、フィード・ネットワークへのフィード・ポイント(例えば差動フィード)であると仮定される。さらに、パッド(73～76)が様々なワイヤ・ボンド素子に対する接続ポイントであることが示されており、それによって曲折ワイヤ構造が可能

50

となる。

【0040】

さらに、図10は、3つのワイヤ・ボンド(81a、81b、81c)およびパッド(82～85)を使用して形成される折返しダイポール・アンテナ(80)の略図を示す。図10の例示的実施形態では、ワイヤ・ボンド素子(81a)および(81b)は、第1(フィード)の半波長ダイポール素子を有する4分の1波長素子であり、ワイヤ・ボンド素子(81c)は第2の半波長ダイポール素子を有する。第1および第2半波長素子は、互いにほぼ平行に配設され、ギャップで分離される。素子(81a)および(81b)の端部は、接触パッド(84)および(85)で第2ダイポール素子(81c)の端部に接続(短絡)される。

10

【0041】

次に、図11は、本発明の例示的実施形態によるモノポール・アンテナ(90)の略図を示す。モノポール・アンテナ(90)は、パッド(92)および(93)に取り付けられた1つのワイヤ・ボンド(91)を使用して形成される。

【0042】

さらに、図12は、本発明の例示的実施形態によるエンド・ファイア・アンテナ(100)の略図を示す。例示的アンテナ(100)は、パッド(105～112)にそれぞれ接続された複数の平行半波長素子(101～104)を有する。エンド・ファイア・アレイ構造と同じく、180度位相のずれた電流を素子(101～104)に給電することができる。

20

【0043】

本発明の実施形態によるアンテナおよび一体型アンテナ・パッケージに関連する様々な利点を当業者は容易に理解されよう。例えば、本発明の例示的実施形態によるアンテナ・デバイスは、例えばRFおよびマイクロ波周波数で動作することができ、同時に、高利得/指向性/放射効率、広帯域幅、半球または全方向放射パターン、インピーダンスなどのアンテナ性能特性を実現して、アンテナが例えば音声通信、データ通信、またはレーダー応用例に適したものとなる。

【0044】

さらに、本発明による例示的アンテナ設計は、大量アンテナ製造能力を可能にする。さらに、本発明の例示的実施形態による一体型ICパッケージは、アンテナをトランシーバ・チップなどのICチップと共に一体的にパッケージ化することを可能にし、それにより、トランシーバとアンテナの間の損失が非常に低い、コンパクトな設計が得られる。実際、そのようなICパッケージ設計は、高周波数入出力信号を有するトランシーバ・チップの使用をやめる(go off)必要をなくし、それによって低損失設計が得られる。

30

【0045】

別の利点は、そのようなアンテナを有するワイヤ・ボンド・アンテナ設計およびICパッケージが、ポイントツーポイント・システムまたはレーダー・システムなどの指向性アンテナ応用例のための集束アンテナの中心に配置するのに非常に適した放射パターンを提供することである。実際、本発明によるアンテナおよび一体型アンテナ・パッケージは、一体型フェーズド・アレイ・アンテナ・システム、パーソナル・エリア・ネットワーク、レーダー・フィード、冗長度による高信頼性、ポイントツーポイント・システムなどの多数の応用例を可能にする。さらに、本発明による一体型アンテナ/ICチップ・パッケージの使用により、かなりのスペース、サイズ、コスト、および重量が節約され、このことは、ほぼ任意の商用または軍事応用例にとって貴重である。

40

【0046】

さらに、本発明の他の例示的実施形態では、ビーム形成またはビームステアリング・アンテナ応用例向けにアンテナに所望の指向性を与えるために、基板上に形成された2つ以上のアンテナの配列を有するアンテナを構築することができる。一般には、フェーズド・アレイ・アンテナを使用して指向性アンテナ・ビーム・パターンを得ることができ、各ワイヤ・ボンド・アンテナに対する入力信号位相が、指向性アンテナ・パターンを電子的に

50

走査し、または所望の方向に向けるように制御される。

【0047】

例示のために添付の図面を参照しながら本明細書で例示的実施形態を説明したが、本発明はそうした厳密な実施形態に限定されず、本発明の範囲から逸脱することなく本明細書で様々な他の変更および修正を与えることができることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】本発明の例示的実施形態による、ファイン・ピッチ・ワイヤ・ボンディング方法に関する仕様に従って設計することのできる放射素子としてのワイヤを有するアンテナを示す略図である。
10

【図2】本発明の例示的実施形態によるアンテナの概略平面図である。

【図3】線2B-2Bに沿って切り取られた図2に示す例示的アンテナの概略断面図である。

【図4】本発明の例示的実施形態による、アンテナおよびIC(集積回路)チップを一体的にパッケージングする装置の概略斜視図である。

【図5】本発明の例示的実施形態によるダイポール・アンテナのコンピュータ・モデルを示す図である。

【図6】図5のモデル・ダイポール・アンテナのシミュレートした反射減衰量を示すグラフである。

【図7】図5のモデル・ダイポール・アンテナのシミュレートしたアンテナおよび放射効率を示すグラフである。
20

【図8】図5のモデル・ダイポール・アンテナのシミュレートした放射パターンを示すグラフである。

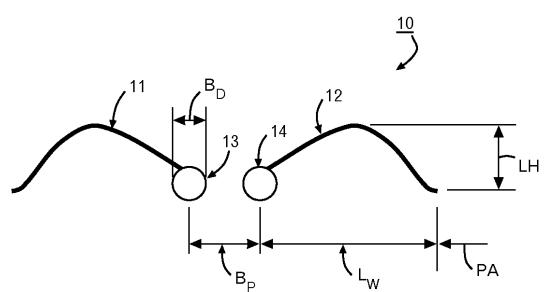
【図9】本発明の例示的実施形態による、ワイヤ・ボンドを使用して形成することのできるタイプのアンテナの略図である。

【図10】本発明の例示的実施形態による、ワイヤ・ボンドを使用して形成することのできるタイプのアンテナの略図である。

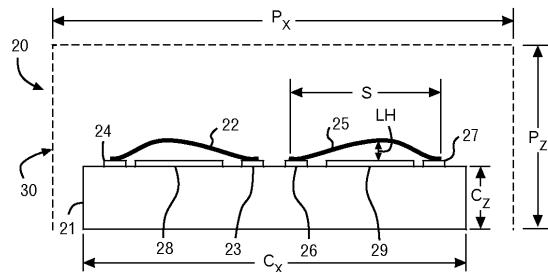
【図11】本発明の例示的実施形態による、ワイヤ・ボンドを使用して形成することのできるタイプのアンテナの略図である。

【図12】本発明の例示的実施形態による、ワイヤ・ボンドを使用して形成することのできるタイプのアンテナの略図である。
30

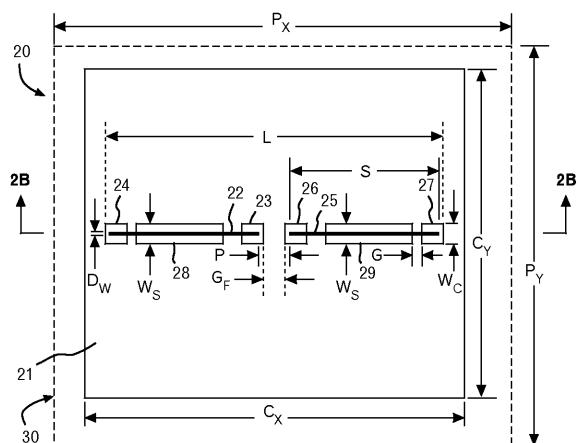
【図1】



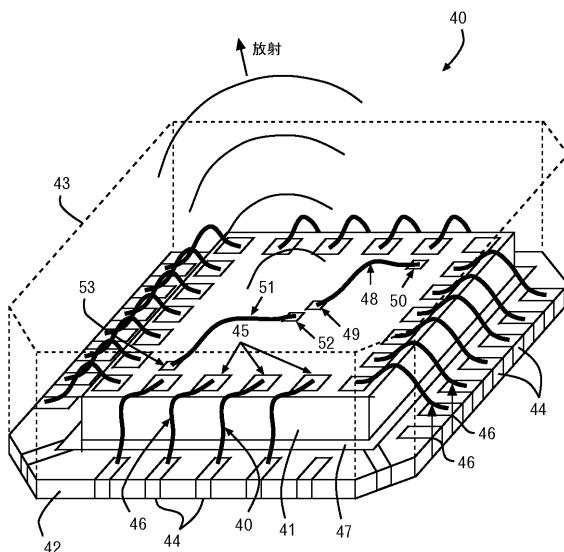
【図3】



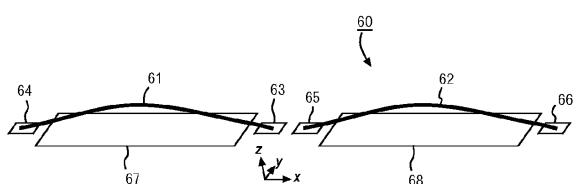
【図2】



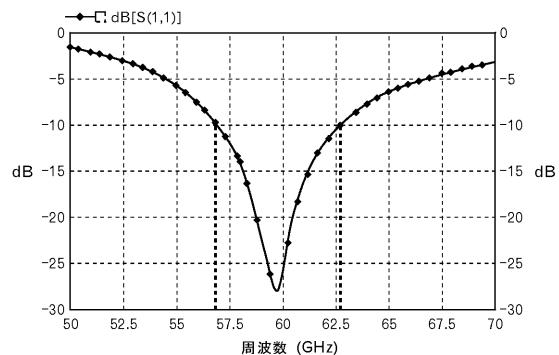
【図4】



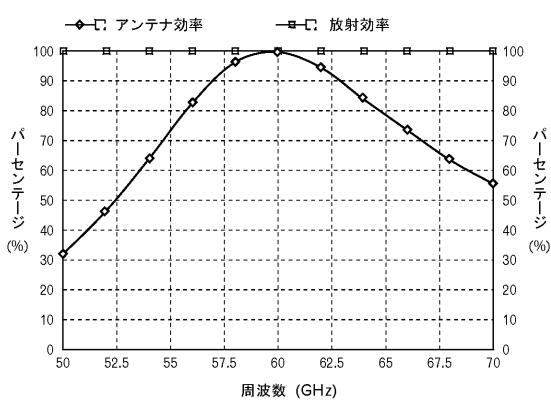
【図5】



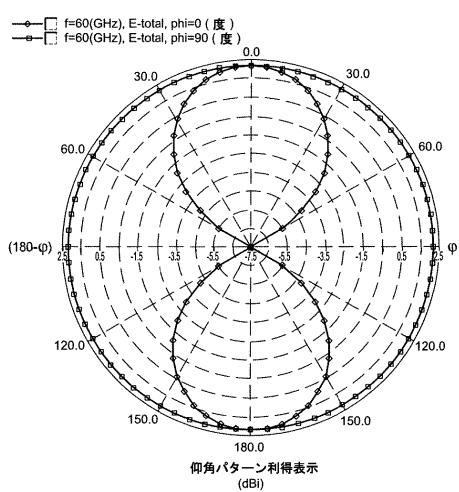
【図6】



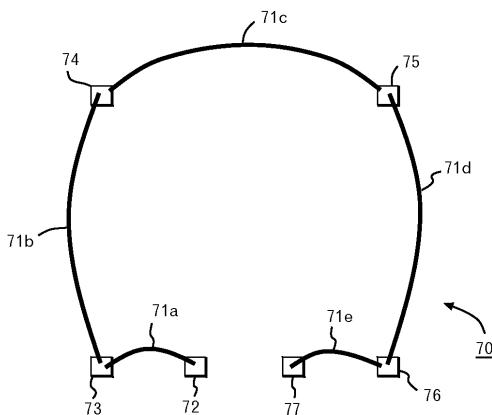
【図7】



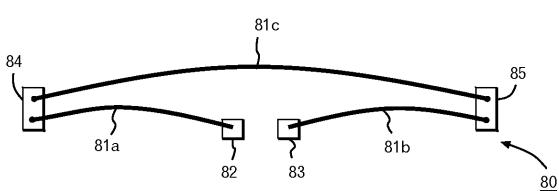
【図 8】



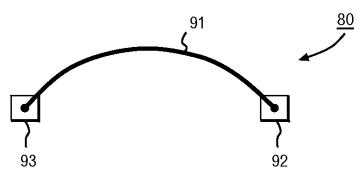
【図 9】



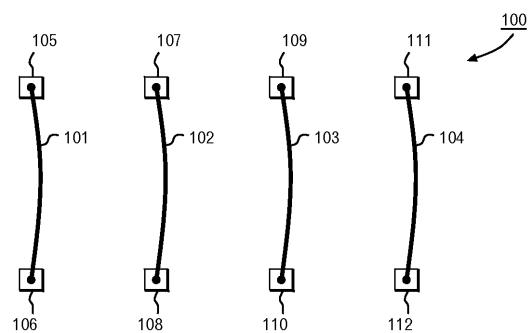
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(74)代理人 100086243

弁理士 坂口 博

(72)発明者 ガウチャー、ブライアン、ポール

アメリカ合衆国 0 6 8 0 4 コネチカット州ブルックフィールド バンコ・ブラエ・ロード 8

(72)発明者 リウ、ドゥイキシアン

アメリカ合衆国 1 0 5 9 8 ニューヨーク州ヨークタウン・ハイツ ブラッサム・コート 1 8 5 5

(72)発明者 フェイファ、ウルリッヂ、リチャード、ルドルフ

アメリカ合衆国 1 0 5 1 2 ニューヨーク州カーメル ルート 6 1 3 5 0

(72)発明者 ズウィック、トーマス、マーチン

アメリカ合衆国 1 0 6 0 4 ニューヨーク州ウエスト・ハリソン、レイクビュー・アベニュー 8

審査官 麻生 哲朗

(56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 0 6 7 4 7 8 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01Q 1/38

H01Q 7/00

H01Q 9/16

H01Q 9/26

H01Q 9/30