

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6938210号
(P6938210)

(45) 発行日 令和3年9月22日(2021.9.22)

(24) 登録日 令和3年9月3日(2021.9.3)

(51) Int.Cl.	F 1
G 0 1 S 13/95	(2006.01)
G 0 1 S 7/03	(2006.01)
H 0 1 Q 21/06	(2006.01)
H 0 1 Q 13/22	(2006.01)
	GO 1 S 13/95
	GO 1 S 7/03
	H 0 1 Q 21/06
	H 0 1 Q 13/22

請求項の数 3 外国語出願 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2017-94386 (P2017-94386)
(22) 出願日	平成29年5月11日(2017.5.11)
(65) 公開番号	特開2018-17719 (P2018-17719A)
(43) 公開日	平成30年2月1日(2018.2.1)
審査請求日	令和2年5月8日(2020.5.8)
(31) 優先権主張番号	15/223,380
(32) 優先日	平成28年7月29日(2016.7.29)
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国(US)

(73) 特許権者	500575824 ハネウェル・インターナショナル・インコ ーポレーテッド Honeywell Internati onal Inc. アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 2 8202 シャルロッテ, 300サウス. ティロンストリート, スイート600 ハネウェル・インターナショナル・インコ ーポレーテッド インテレクチュアルプロ パティサービスグループ
(74) 代理人	100140109 弁理士 小野 新次郎
(74) 代理人	100118902 弁理士 山本 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】低コストで軽量な機上気象レーダ用の集積アンテナ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

集積レーダアンテナを備える気象レーダシステムであって、前記集積レーダアンテナが多層の回路板を有し、

前記多層の回路板が、

供給スロットと2つ以上の放射スロットとの間でRFエネルギーを伝達する基板集積導波管(SIW)を備えるスロットアレイ導波管アンテナと、

前記スロットアレイ導波管アンテナと信号通信しているレーダ送信器電子機器であつて、前記スロットアレイ導波管アンテナと連携してレーダ信号を出力するよう構成される、レーダ送信器電子機器と、

前記スロットアレイ導波管アンテナと信号通信しているレーダ受信器電子機器であつて、前記出力されたレーダ信号に対応するレーダ反射を前記スロットアレイ導波管アンテナから受信するよう構成される、レーダ受信器電子機器と

を備える、

気象レーダシステム。

【請求項 2】

ジンバル取付け部をさらに備え、

前記ジンバル取付け部が、

前記集積レーダアンテナを支持し、

アンテナ位置信号を受信し、

10

20

前記アンテナ位置信号に応答して、前記集積レーダアンテナを照準合わせする
ように構成される、
請求項 1 に記載の気象レーダシステム。

【請求項 3】

最初に前記集積レーダアンテナの照準合わせ方向を決定し、
前記ジンバル取付け部に前記アンテナ位置信号を送るように構成される、
1つまたは複数のプロセッサをさらに備える、
請求項 2 に記載の気象レーダシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

[0001]本開示は機上気象レーダに関する。

【背景技術】

【0002】

[0002]機上気象レーダシステムは、航空機の機首のレードームの後ろに設置されたモータおよびジンバル付き機構に取り付けられた平板アンテナを使用することができる。気象レーダ用の平板アンテナは、アルミニウムから構築されるスロットアレイ導波管アンテナであり得る。アルミニウムスロットアレイ導波管アンテナは、挿入損失が少なく、送受信性能が優れていることから、利点を有し得る。アルミニウムスロットアレイ導波管アンテナはいくつかの欠点を有し、それは重量および高コストであることを含み得る。高コストであることの一部は、アルミニウムスロットアレイ導波管アンテナが、多数の工程ステップがあり、ブレージング技法に費用がかかり、工程変動に影響されやすいことから、製造が困難であることに起因する。スロットおよび他の特徴部の寸法および位置がわずかにずれただけでも送受信性能に影響を及ぼし得る。アルミニウムスロットアレイ導波管アンテナを使用する気象レーダシステムは、アンテナの近くに取り付けられているが必ずしもモータ付き機構の可動部分上にあるとは限らないレーダ送受信コンポーネントも必要とし得る。システムは、無線周波数（RF）エネルギーをアンテナに、またアンテナから伝達する導波管も必要とする。これらの導波管もアルミニウム製または同様の材料のものであってもよく、適切なRF性能のために非常に精密な寸法に作られ得る。この材料および高精度な製造も、そのような気象レーダシステムの重量および高コストであることの一因であり得る。コストがかかる重い気象レーダシステムは、小型の航空機では使用できない可能性がある。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

[0003]概して、本開示は、低コストで軽量な機上気象レーダシステム、およびそのような気象レーダシステムにおいて使用するためのアンテナに関する様々な技法を対象とする。いくつかの実装形態では、アンテナと関連電子機器の両方を含む気象レーダシステムは、モータおよびジンバル付き取付けユニットに取り付けられる集積パッケージ内に実装され得る。集積パッケージは、レーダ送信電子機器、レーダ受信電子機器を実装する回路およびコンポーネントと、気象レーダシステムの動作をサポートするようにシステムならびに電力調整および分配回路を制御するための1つまたは複数のプロセッサとを含んでもよい。

30

【課題を解決するための手段】

【0004】

[0004]一例では、本開示は、集積レーダアンテナを備える気象レーダシステムであって、集積レーダアンテナが、基板集積導波管（SIW：substrate integrated waveguide）アンテナであるスロットアレイ導波管アンテナと、スロットアレイ導波管アンテナおよび1つまたは複数のプロセッサと信号通信しているレーダ送信器電子機器であって、スロットアレイ導波管アンテナと連携してレーダ信号を出力す

40

50

るよう構成される、レーダ送信器電子機器と、スロットアレイ導波管アンテナおよびプロセッサと信号通信しているレーダ受信器電子機器であって、出力されたレーダ信号に対応するレーダ反射をスロットアレイ導波管アンテナから受信するように構成される、レーダ受信器電子機器とを備える、気象レーダシステムを対象とする。

【0005】

[0005]本開示の1つまたは複数の例の詳細は、添付の図面および以下の記述において説明される。本開示の他の特徴、目的、および利点は、記述および図面から、ならびに特許請求の範囲から明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0006】

10

【図1】[0006]本開示の1つまたは複数の技法によるSIWアンテナを有する例示的な気象レーダシステムを示す概念図である。

【図2】[0007]本開示の1つまたは複数の技法による例示的な集積アンテナシステムの分解図を示す概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

20

[0008]本開示は、低コストで軽量な機上気象レーダシステム、およびそのような気象レーダシステムにおいて使用するためのアンテナに関する様々な技法を記述する。いくつかの実装形態では、アンテナと関連電子機器の両方を含む気象レーダシステムは、モータおよびジンバル付き取付けユニットに取り付けられる集積パッケージ内に実装され得る。機上気象レーダシステムは、基板集積導波管(SIW)アンテナ層と、1つまたは複数の回路層とを含む多層プリント回路板を含んでもよい。多層プリント回路板は、レーダ送信電子機器、レーダ受信電子機器を実装する回路およびコンポーネントと、気象レーダシステムの動作をサポートするようにシステムならびに電力調整および分配回路を制御するための1つまたは複数のプロセッサとを含んでもよい。航空機は、乱気流、氷結条件、雷雨、および航空機に危険をもたらし得る他の気象を検出および回避するために、機上気象レーダシステムを使用することができる。

【0008】

[0009]SIWアンテナおよび電子コンポーネントを含む集積機上気象レーダシステムは、いくつかの利点を有し得る。いくつかの利点は、SIWによって導波管が非常に細く軽量になることを含み、このことは、重量が軽く慣性モーメントが比較的小さいことから、気象レーダシステムなどの機械的に操作される多くのアンテナに利益をもたらし得る。SIWアンテナアレイは、プリント回路板型のスロットアレイ導波管アンテナである。SIWアンテナは、アルミニウムから構築されるスロット導波管アンテナなどの他のタイプのスロット導波管アンテナに勝る利点を有し得る。例えば、SIW構造に埋め込まれた基板によって、1つのブランチにより多くのスロットを付けることが可能になり、それによりSIWアンテナアレイは、多くの用途に有益な、密な狭いビーム幅を提供することができる。

30

さらに、SIW構造によって、アルミニウム製のより大きいスロットアレイ導波管アンテナに匹敵する性能を有する体積がより小さいアンテナが可能になり得る。SIW構造のためにプリント配線板(PWB: printed wiring board)技法および工程を用いることは、はるかに制御しやすく、ユニット間の変動を受けることが少ない。PWBは、プリント回路板(PCB: printed circuit board)とも呼ばれ得る。PWB技法および工程は、性能、信頼性を向上させ、コストを低減することができる。多層回路板上の集積パッケージは、いくつかの例において、アンテナの近くに取り付けられているが必ずしもモータ付き機構の可動部分上にあるとは限らない他のレーダ電子機器および導波管の必要性を低減させることができる。また、より小さく軽量なアンテナによって、モータ付き機構をより小さく軽量にすることができます。気象レーダシステム全体が、小型航空機に設置されるのに充分な程小さく軽量になり得、それによりこれらの小型航空機の飛行安全性を向上させることができる。本開示による集積レーダシステムは、マイクロストリップパッチアレイアンテナ、またはプリントパッチアレイア

40

50

ンテナによって利用される、複雑さおよび難しい製造を最小限にすることもできる。

【0009】

[0010]図1は、本開示の1つまたは複数の技法によるSIWアンテナアレイを有する例示的な気象レーダシステムを示す概念図である。図1は、集積レーダアンテナシステム102およびジンバル付き取付け部104を含む例示的な気象レーダシステム100を示す。

【0010】

[0011]図1に描かれる通り、気象レーダシステム100は、レーダアンテナと、アンテナを照準合わせするのに使用されるモータおよびジンバル付き取付け部とを含む。気象レーダシステム100は、気象ディスプレイ、コントローラ回路、ユーザ入力制御部、および電源を含むより大きい気象レーダシステムのうちのコンポーネントであってもよい。いくつかの例では、気象レーダシステム100は、レードームによって保護される航空機の機首に取り付けることができる。気象レーダシステム100は、翼ポッド、または他の位置など、航空機の他の位置に取り付けることができる。気象レーダシステム100は、ユーザコマンド、またはより大きい気象レーダシステム内の他のコンポーネントからの他のコマンドに応答して、アンテナの照準合わせ、レーダ送信電力の調節、レーダ走査パターンの画成、および他のパラメータの変更を行うことができる。気象レーダシステム100は、上昇、下降、および旋回を含む航空機の演習中などに、アンテナの傾斜角度を自動的に管理することができる。地上での動作中には、気象レーダシステム100は、他の航空機、建物、および地上の車両など、航空機に危険をもたらし得る物体を検出するように構成されてもよい。機上気象レーダシステムには、過酷な環境での稼働が必要とされ得る。いくつかの例には、着陸の衝撃に繰り返し耐えること、乱気流中の信頼できる性能、ならびに湿気、暑さ、および寒さに露出され得ること、が含まれる。

【0011】

[0012]集積レーダアンテナシステム102は、平板レーダアンテナとレーダおよび他の電子機器との両方の機能を果たすことができる。「平板」アンテナは、スロット素子アンテナのアレイと考えることができる。各スロットが、ほぼダイポールアンテナとして機能し、レーダシステムおよびアンテナの寸法が各素子の相対位相を制御して、全体的なビームパターンが提供される。「平板」アンテナは、平板放射体、平板アレイ、スロットアレイ放射体、またはプレーナアレイとも呼ばれ得る。平板アンテナは、アレイ内の素子の静的な相対位相がビーム形状を制御することから、位相アレイとも呼ばれ得る。しかし、アレイ内の素子の動的な位相により送信ビームを電気的に操作する一部の「位相アレイ」レーダとは異なり、気象レーダシステム100は、集積レーダアンテナシステム102を所望の方向に照準合わせし、パターンを走査することによってビームを機械的に操作する。しかし、SIWアンテナを使用することによって、電子走査を1つの平面に含めるという選択肢を得ることも可能になり、または異なるパターンもしくは他の機能を可能にし得る2つ以上のサブアレイの実装も可能になり得る。このさらなる柔軟性は、SIWアンテナ素子とレーダシステムの電子機器とを直接集積することによって可能になる。

【0012】

[0013]集積レーダアンテナシステム102は、一体型送受信器SIWアンテナと、レーダ送信電子機器、レーダ受信電子機器、1つまたは複数のプロセッサ、通信電子機器、電力調整および分配部、クロック/タイマー、ならびに他の回路およびコンポーネントを実装する回路およびコンポーネントとを含んでもよい。レーダ送受信器をSIWアンテナと集積すると、集積レーダアンテナシステム102は、他のタイプの気象レーダシステムに勝る利点をもたらすことができる。いくつかの利点は、SIWによって導波管が非常に細く軽量になることを含み、これは、重量が軽く慣性モーメントが比較的小さいことによって、機械的に操作される多くのアンテナに利益をもたらす。SIWアンテナは、プリント回路板型のスロット導波管アンテナである。SIWアンテナは、アルミニウムから構築されるスロット導波管アンテナなどの他のタイプのスロット導波管アンテナに勝る利点を有することができる。例えば、基板が埋め込まれたSIW構造によって、1つのプランチ内

10

20

30

40

50

により多くのスロットを付けることができ、それによりS I Wアンテナアレイは、多くの用途に有益な、サイドロープの少ない密な狭いビーム幅を提供することができる。

【0013】

[0014]ジンバル付き取付け部104は、平板アルミニウムアンテナに使用されるRTAなどの送受信器アセンブリ(RTA: receiver transmitter assembly)と同様であってもよい。RTAと同様に、ジンバル付き取付け部104は、集積アンテナシステム102から、またはより大きい気象レーダシステムのコントローラもしくは他のコンポーネントから、アンテナ位置決めコマンドを受信することができる。例えば、手動のユーザ入力によって、接近する雷雨の一定の領域に焦点を合わせるように気象レーダシステム100を指示することができる。ジンバル付き取付け部104は、集積アンテナシステム102を、指示通りに雷雨の一定の領域に照準合わせすることができる。いくつかの例では、ジンバル付き取付け部104は、コントローラからのコマンドか、ジンバル付き取付け部104内の内部処理からのコマンドかのいずれかに応答して、その領域に焦点を合わせた走査パターンを開始することができる。10

【0014】

[0015]ジンバル付き取付け部104は、コスト、重量、および複雑さにおいてRTAに勝る利点を有し得るが、それは、平板アルミニウムアンテナに使用されるRTAには、送信RFエネルギーを平板アルミニウムアンテナに伝達し受信リターン信号をアンテナから伝達するための高電圧マグネットロンおよび高精度導波管を含むレーダ受信器電子機器、レーダ送信器電子機器が含まれ得るからである。それに対して、集積レーダシステム102に使用されるジンバル付き取付け部104は、同様のアンテナ角度制御モータ、モータ制御および電力回路、ならびに集積アンテナシステム102と通信するためのいくつかの接続部を有し得る。しかし、ジンバル付き取付け部104は、受信器および送信器電子機器が集積アンテナシステム102内に含まれることから、レーダ受信器または送信器電子機器を含まなくてもよい。さらに、集積レーダシステム102は、平板アルミニウムアンテナに比べて少ない質量および慣性モーメントを有し得る。したがって、ジンバル付き取付け部104は、RTAによって使用されるものよりも軽量な支持構造体、ならびにアンテナ照準合わせおよび制御構造体を利用することができる。20

【0015】

[0016]図2は、本開示の1つまたは複数の技法による例示的な集積アンテナシステムの分解図を示す概念図である。集積アンテナシステム102は、図1に示されるジンバル付き取付け部104などのモータおよびジンバル付き取付け部に取り付けられ得る。30

【0016】

[0017]集積アンテナシステム102は、1つまたは複数のS I Wアンテナ層202と、1つまたは複数のグラウンド層と、1つまたは複数の回路信号経路層と、コンポーネントを有する1つまたは複数の回路層204および206とを含む1つまたは複数の多層プリント回路板(PCB)を含み得る。プリント配線板(PWB)という用語は、本開示においてPCBと交換可能に使用することができる。集積アンテナシステム102は、保護シールド210も含むことができる。

【0017】

[0018]S I Wアンテナ層202は、上側および下側の導波管面は銅被覆PCBで構築され、導波管体積にはPCBの誘電体を有し、導波管壁にはめっきピア(別名、孔)を有する。言い換えれば、S I Wは、基板内の導波管を生成する伝送線路である。その導波管は、矩形導波管の2つの対向する側壁としての孔の2つの線路と、上部および底部にある金属層とから成り、矩形の空洞を形成する。外側の銅被覆PCB層は、銅を貫通して下の基板にまで至るスロットの列を含む放射スロット層とすることができる。これらのスロットの寸法および相対位置は、レーダ周波数に応じて異なってもよく、送信ビームの形状を決定することができる。S I Wアンテナ層202は、これらのスロットを通してレーダRFエネルギーを送信することも、これらのスロットを通して反射RFエネルギーを受信することもできる。S I Wアンテナ層202は、複数の区分、例えば内側放射エリアおよび外4050

側放射エリア、に分割され得る。

【0018】

[0019] 放射スロットの各列の下の矩形導波管構造体は、レーダ送信器電子機器からのRFエネルギーを矩形導波管に、さらには複数の放射スロットに結合する複数の供給スロットを含んでもよい。同じ供給スロットが、SIWアンテナ層202によって受信された反射RFエネルギーを、レーダ受信器電子機器に結合することができる。各矩形導波管構造体は、RFエネルギーを収容するための端縁を各端部に含んでもよい。端縁は、グラウンドに電気的に接続されてもよい。

【0019】

[0020] 多層プリント回路板は、レーダ送信器電子機器と、レーダ受信器電子機器と、1つまたは複数のプロセッサ208Aおよび208Bと、通信電子機器と、電力調整および分配部と、クロック/タイマーと、他の回路およびコンポーネントとを実装する回路およびコンポーネントを含む回路層204および206を含むことができる。レーダ受信器電子機器は、RF信号をベースバンド周波数に直接変換するためのホモダイン受信器を含むことができる。1つまたは複数のプロセッサ208Aおよび208Bは、レーダ送信電子機器およびレーダ受信電子機器を制御し、レーダ目標を処理および識別し、気象レーダディスプレイに通知および情報を送るように構成され得る。1つまたは複数のプロセッサ208Aおよび208Bは、マイクロプロセッサ、コントローラ、デジタル信号プロセッサ(DSP)、特定用途向け集積回路(ASSIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、システムオンチップ(SoC)、または同等の別個もしくは集積した論理回路、のうちの任意の1つまたは複数を含むことができる。プロセッサは、集積回路、すなわち集積処理回路であってもよく、集積処理回路は、固定ハードウェア処理回路、プログラマブル処理回路、および/または固定処理回路とプログラマブル処理回路との組合せとして実現され得る。回路層204および206は、1つまたは複数のグラウンド層、電源層、および間隔、遮蔽トレース、ならびにRF回路設計に必要な他の特徴部を含むことができる。

【0020】

[0021] SIWアンテナ層202は、1つまたは複数の回路層204および206上の回路経路およびコンポーネントに電気的に接続され得る。いくつかの例では、めっきビアが、1つまたは複数の回路層204および206間の接続、ならびにSIWアンテナ層102への接続を提供することができる。ビアは、ドリル加工、エッチング、または他の方法により多層PCBの層間に形成され得るめっきされた、またはめっきされていない孔とすることができる。めっきビアは、層を電気的に接続するために導電性材料でめっきされてもよい。導電性材料のいくつかの例には、銅、はんだ、導電性エポキシ、または他の材料が含まれ得る。SIWアンテナ層202は、導波管を1つまたは複数の回路層204および206に接続するための1つまたは複数の遷移部も含み得る。

【0021】

[0022] SIW導波管は、(a)基板の誘電正接、および(b)金属層と基板の間の表面粗さ、によって引き起こされる挿入損失の影響を、アルミニウム導波管よりも大きく受けれる。SIWアンテナ層202は、誘電損失があるので、アルミニウム平板アンテナと比較すると低いアンテナ利得を有し得る。言い換えれば、特定の誘電材料に関連するエネルギー損失である。低いアンテナ利得を克服するためには、より強力なレーダ送信器を必要とし得る。いくつかの例では、Xバンド半導体レーダ送信器技術などの半導体レーダ送信器コンポーネントが、RTAにおけるレーダ送信器コンポーネントに勝る利点を有し得る。いくつかの半導体レーダ送信器コンポーネントは、より高い電力定格においてもさらに経済的であり得、正味のコスト節減を示し得る。

【0022】

[0023] 保護シールド210は、集積レーダアンテナ102を覆い、集積レーダアンテナ102の構造的支持および保護を提供することができ、これには湿気および他の汚染物質からの保護が含まれる。保護シールド210は、成形プラスチック、打抜きもしくは形成

10

20

30

40

50

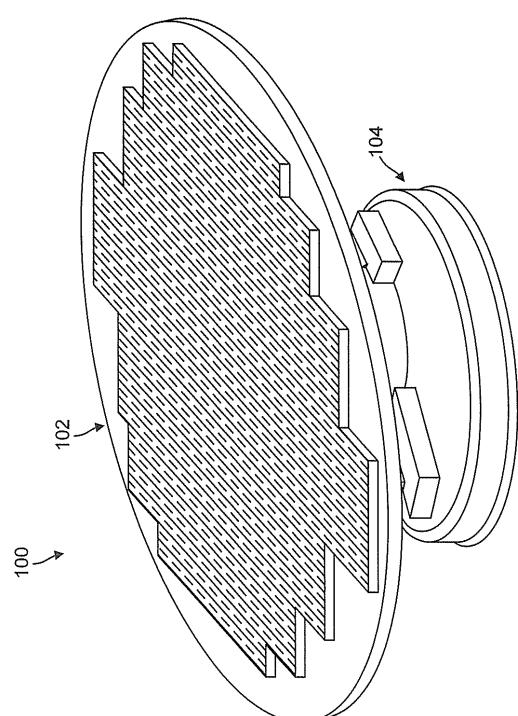
されたシートメタル、または他の適切な材料とすることができる。保護シールド 210 は、電磁干渉（EMI）の遮蔽、ならびにRFアイソレーションおよびインピーダンス制御を提供するために、1つまたは複数のエリアに導電性コーティングを含むことができる。保護シールド 210 は、電力接続、通信接続、または他の接続のための侵入部を含んでもよく、ジンバル付き取付け部 104 にしっかりと取り付けられるように構成され得る。保護シールド 210 は、さらなる強度をもたらすための1つまたは複数の機械的な補強材を含んでもよい。保護シールド 210 は、振動および衝撃下での構造的完全性を付加することに加えて、さらなる強度、およびEMI遮蔽、熱放散（ヒートシンク）などの他の複数の機能を提供することができる。

【0023】

10

[0024]本開示の様々な例が記述された。これらおよび他の例は、以下の特許請求の範囲内に含まれる。

【図1】



【図2】

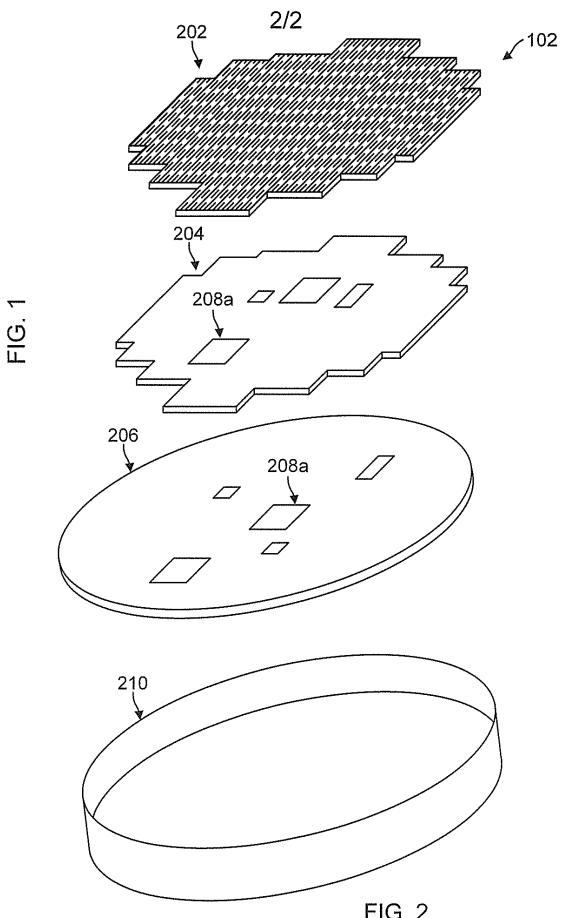


FIG. 2

フロントページの続き

(74)代理人 100106208
弁理士 宮前 徹

(74)代理人 100120112
弁理士 中西 基晴

(74)代理人 100101373
弁理士 竹内 茂雄

(72)発明者 ブライアン・ピー・バンチ
アメリカ合衆国ニュージャージー州07950,モリス・プレインズ,ティバー・ロード 115
,ピー・オー・ボックス 377,4ディー-3,ハネウェル・インターナショナル・インコーポレーテッド

(72)発明者 デヴィッド・シー・バキャンティ
アメリカ合衆国ニュージャージー州07950,モリス・プレインズ,ティバー・ロード 115
,ピー・オー・ボックス 377,4ディー-3,ハネウェル・インターナショナル・インコーポレーテッド

(72)発明者 ロバート・ジェイ・ジエンセン
アメリカ合衆国ニュージャージー州07950,モリス・プレインズ,ティバー・ロード 115
,ピー・オー・ボックス 377,4ディー-3,ハネウェル・インターナショナル・インコーポレーテッド

(72)発明者 スティーブ・モウリー
アメリカ合衆国ニュージャージー州07950,モリス・プレインズ,ティバー・ロード 115
,ピー・オー・ボックス 377,4ディー-3,ハネウェル・インターナショナル・インコーポレーテッド

審査官 九鬼 一慶

(56)参考文献 特開2010-259069(JP,A)
特表2005-525735(JP,A)
特開2012-054869(JP,A)
米国特許第07528613(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 S 7 / 00 - 7 / 42
G 01 S 13 / 00 - 13 / 95
H 01 Q 21 / 06
H 01 Q 13 / 22