

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5265279号
(P5265279)

(45) 発行日 平成25年8月14日(2013.8.14)

(24) 登録日 平成25年5月10日(2013.5.10)

(51) Int.Cl.

F 1

GO 1 J	1/02	(2006.01)	GO 1 J	1/02	Z NMC
GO 1 J	3/36	(2006.01)	GO 1 J	1/02	Q
GO 1 J	3/02	(2006.01)	GO 1 J	3/36	
GO 1 J	5/48	(2006.01)	GO 1 J	3/02	S
GO 1 N	22/00	(2006.01)	GO 1 J	5/48	A

請求項の数 3 外国語出願 (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2008-233443 (P2008-233443)
(22) 出願日	平成20年9月11日 (2008.9.11)
(65) 公開番号	特開2009-133824 (P2009-133824A)
(43) 公開日	平成21年6月18日 (2009.6.18)
審査請求日	平成23年3月30日 (2011.3.30)
(31) 優先権主張番号	60/972,120
(32) 優先日	平成19年9月13日 (2007.9.13)
(33) 優先権主張国	米国 (US)
(31) 優先権主張番号	11/977,767
(32) 優先日	平成19年10月26日 (2007.10.26)
(33) 優先権主張国	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 アメリカ合衆国ニュージャージー州O 7 9 6 2 - 2 2 4 5, モーリ스타ウン, コロン ビア・ロード 1 0 1, ピー・オー・ボッ クス 2 2 4 5
(74) 代理人	100140109 弁理士 小野 新次郎
(74) 代理人	100089705 弁理士 社本 一夫
(74) 代理人	100075270 弁理士 小林 泰
(74) 代理人	100080137 弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ナノワイヤ・マルチスペクトル画像化アレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、

各アンテナ対を構成する2つのアンテナ間にギャップが形成されるように、前記基板上に配置された複数のアンテナであって、各アンテナ対を構成する2つのアンテナ間のギャップのサイズがアンテナ対のサイズに応じて異なる、複数のアンテナと、

複数のそれぞれのギャップ中の少なくとも1つのギャップに配置された、対応するアンテナ対及び前記基板と通信する少なくとも1つのナノワイヤと
を具備し、前記少なくとも1つのナノワイヤが前記少なくとも1つのギャップのサイズに対応する長さを有する、マルチスペクトル画像化アレイシステム。

【請求項 2】

基板と、

各アンテナ対を構成する2つのアンテナ間にギャップが形成されるように、前記基板上に配置された複数のアンテナであって、各アンテナ対を構成する2つのアンテナ間のギャップのサイズがアンテナ対のサイズに応じて異なる、複数のアンテナと、

アンテナ対間の少なくとも1つのギャップに配置された、該アンテナ対及び前記基板と通信する少なくとも1つのナノワイヤであって、前記少なくとも1つのナノワイヤが前記アンテナ対間の前記少なくとも1つのギャップのサイズに対応する長さを有する、少なくとも1つのナノワイヤと、

前記複数のアンテナ、前記少なくとも1つのナノワイヤ及び前記基板に配置された複数

10

20

の画素からなる画素アレイであって、前記複数の画素のうちの各画素が異なるサイズの複数のアンテナ対を含む、画素アレイと
を具備するマルチスペクトル画像化アレイシステム。

【請求項 3】

マルチスペクトル画像化アレイを形成する方法であって、
基板を用意するステップと、
アンテナ対を形成するように前記基板上に配置された複数のアンテナを構成するステップと、

各アンテナ対を構成する 2 つのアンテナ間にギャップを形成するステップであって、各アンテナ対を構成する 2 つのアンテナ間のギャップのサイズはアンテナ対のサイズに応じて異なる、ステップと、

アンテナ対間の少なくとも 1 つのギャップに、該アンテナ対及び前記基板と通信する少なくとも 1 つのナノワイヤを配置するステップであって、前記少なくとも 1 つのナノワイヤが前記アンテナ対間の前記少なくとも 1 つのギャップのサイズに対応する長さを有する、ステップとを含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に画像化アレイ及び赤外線検出器に関する。本発明は、マイクロボロメータ・コンポーネントを使用するマイクロボロメータ及び画像化システムにも関する。本発明はまた、ナノワイヤ及びナノテクノロジーに基づくコンポーネントに関する。

【0002】

仮特許出願の相互参照

本出願は、2007年9月13日提出の「Nanowire Multispectral Imaging Array」と題する米国仮特許出願第60/972,120号の利益を主張する。

【背景技術】

【0003】

赤外線 (IR) 検出器は、火、過熱している機械、飛行機、車両、人々、及び熱放射を放つ他の物を検出するためにしばしば利用される。赤外線検出器は、煙又は霧等の大気中の周辺の光条件又は粒子状物質に影響されない。したがって、赤外線検出器は、暗視、及び煙や霧によって通常の視界が遮られるときのように視界の条件が悪い場合において潜在的な用途がある。IR 検出器はまた、放射計、ガス検出器及び他の IR センサ等の非画像化用途において使用される。赤外線検出器は、通常、状況における様々な物の熱放射輝度 (thermal radiance) の差異を検出することにより動作する。その差異は、その後、その状況における温度差に関連する出力を生成するために処理される電気信号に変換される。

【0004】

いくつかの種類の赤外線検出器は、当技術分野においてマイクロボロメータとして知られているものを使用する。製造後、検知装置に最適な環境を提供するために、マイクロボロメータは、一般に真空パッケージ内に配置される。パッケージ内部の真空の質は検出器の感度に大きく影響し、高真空が必要である。従来のマイクロボロメータは、マイクロボロメータが熱放射に露出された後、検出素子の抵抗値変化を測定する。マイクロボロメータはガス検出器、暗視及び他の多くの状況における用途がある。

【0005】

「ボロメータ」は、吸収された入射赤外線の量に応じてボロメータの温度が変化し、そのボロメータの温度に対してボロメータ材料の電気抵抗が変化するという原理で動作する。これらの特性はその抵抗における結果として生じる変化を検知することによりボロメータへの入射赤外線を測定するために利用することができる。赤外線検出器として使用される場合、ボロメータは、通常、その支持基板又は環境から熱的に分離されて、吸収された入射赤外線がボロメータ材料中の温度変化を生成し、かつ基板温度によって受ける影響を小さくすることを可能にする。現在のマイクロボロメータ構造はハネウェル株式会社によ

10

20

30

40

50

って開発された。背景として、例えばハネウェル社によって製造された或る従来技術の検出器及び／又はアレイは、米国特許第5,286,976号、第5,300,915号、及び第5,021,663号に述べられており、これらの各々は参照によって本明細書に組込まれる。そのような検出器は、2レベルのマイクロブリッジ構成を有するマイクロボロメータ検出器を含んでいる。上部のレベル及び下部のレベルは、波長の特別の範囲の放射に対してボロメータを敏感にする空洞を形成する。上部のレベルは熱検知部を含んでいる「マイクロブリッジ」を形成する。下部のレベルは読み出し集積回路と、空腔を形成するための反射材料とを含んでいる。上部のマイクロブリッジは、下部のレベルから上部のレベルを熱的に分離し、内部の電気的な情報を集積回路に伝える脚部により支持される。

【0006】

10

前述の構造と関係する参考文献一覧は、米国特許第5,420,419号に見ることができる。前述の特許は、通常はモノリシックのシリコン基板又は集積回路上に製造される、緊密に間隔を置かれたマイクロボロメータ検出器の2次元アレイについて記述する。一般に、これらのマイクロボロメータ検出器の各々は、基板から実質的に熱的に分離される温度を感知する抵抗素子を含む、通常「ブリッジ」構造と呼ばれる方法で基板上に製造される。この前述のマイクロボロメータ検出器構造は、ここでは「熱的に分離されたマイクロボロメータ」と呼ばれる。抵抗素子は、例えば、赤外線を吸収する酸化バナジウム材料で構成されてもよい。構成されたブリッジ構造は、各マイクロボロメータ検出器の抵抗素子とシリコン基板との間に良好な熱的分離を提供する。例示的なマイクロボロメータ構造は、寸法として、およそ50ミクロン×50ミクロンのオーダーとすることができます。

【0007】

20

対照的に、ブリッジ構造を用いず、基板上に直接製造されるマイクロボロメータ検出器は、基板及び／又はパッケージの温度が直接それに影響するので「熱的に短絡したマイクロボロメータ」と呼ばれる。又は、基板に短絡されるので、「ヒートシンクされた」マイクロボロメータと見てもよい。

【0008】

マイクロボロメータ検出器アレイは入射する放射（典型的には赤外線）の焦点面を検知するために使用することができる。アレイのマイクロボロメータ検出器の各々は、入射する放射を吸収し、これは結果として対応する温度の変化をもたらし、これが結果として対応する抵抗の変化をもたらす。画素として機能する各マイクロボロメータを用いて、入射赤外線の二次元画像又は画像表現が、各マイクロボロメータの抵抗値変化を、モニターに表示可能又はコンピューターに格納可能な時分割多重された電気信号に変換することにより生成することができる。ここに使用されるように、「画素（ピクセル）」なる用語は「マイクロボロメータ」なる用語と等価である。この変換を実行するのに使用される回路は、一般に、読み出し集積回路（ROIC）として知られ、一般にシリコン基板上に集積回路として製造される。マイクロボロメータアレイはROIC上に製造されてもよい。ROIC及びマイクロボロメータアレイの組み合わせは、マイクロボロメータ赤外焦点面アレイ（Focal Plane Array、FPA）として一般に知られている。

30

【0009】

単一のマイクロボロメータFPAの一部として製造される場合であっても、個々のマイクロボロメータピクセルは、入射赤外線を均一にするために不均一な応答を持つ。これは、製造プロセスの結果として生じる検出器の電気的及び熱的性質における小さな変化による。一般に空間不均一性と呼ばれる個々のマイクロボロメータ応答特性中におけるこの不均一性は、画像処理と表示のために十分な信号対雑音比を備えた電気信号を生成するために修正しなければならない。空間の不均一性に寄与する特性は特に、個々の検出器の、赤外線吸収係数、抵抗、抵抗の温度係数（TCR）、熱容量及び熱伝導率を含んでいる。

40

【特許文献1】米国特許第5,286,976号明細書

【特許文献2】米国特許第5,300,915号明細書

【特許文献3】米国特許第5,021,663号明細書

【特許文献4】米国特許第5,420,419号明細書

50

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0010】**

画像化アレイは、 500×500 以上のピクセルを備えた赤外線スペクトル範囲に存在する。しかしながら、新しい用途（例えば武器検出）を容易にするためには、スペクトルのTHz領域以下にアレイ動作の範囲を拡張しなければならない。広いスペクトル範囲の使用により、より明瞭な画像、コントラスト及びしたがってよりよい検出可能性のためのアレイの有用性が改善される。現在のシステムでは、画像化システムのフレームレートは、ほとんどの用途にとって 10 Hz より高くなればならず、 1000×1000 ピクセルのオーダーの分解能が望まれる。従来技術のシステム及び構成はこの目標を効果的に達成していない。10

【課題を解決するための手段】**【0011】**

本発明についての以下の概要は、本発明に特有の革新的な特徴のうちのいくつかについての理解を容易にするために提供されており、十分な記述とすることを意図していない。本発明の様々な態様についての十分な認識は、明細書全体、特許請求の範囲、図面及び要約を全体として理解することにより得られる。

【0012】

したがって、本発明の1つの態様は、改善された赤外線及び／又はテラヘルツ検出システム及び方法を提供するものである。20

本発明の別の態様は、赤外線及び／又はテラヘルツ検出用途で利用されるナノワイヤのマルチスペクトル・アレイを提供するものである。

【0013】

本明細書に記述されるように、本発明の上述の態様並びに他の目的及び利点が達成される。

マルチスペクトル画像化アレイシステムは、基板と、複数のそれぞれのギャップが複数のアンテナ中の各アンテナ間に形成されるように当該基板上に互いに關して配置された複数のアンテナとを具備し、複数のアンテナ中のアンテナの各グループはそれぞれ異なるアンテナサイズを含む。さらに、1つ又は複数のナノワイヤは、それぞれのギャップ中の1つ又は複数のギャップに配置されて、その結果、アンテナと通信するナノワイヤと基板とがマルチスペクトル画像化システムを構成し、ナノワイヤの使用により熱時定数したがってアンテナからの読み出しレートが低減する一方、読み出しレートに關連して周囲の気体冷却速度を低減し、マルチスペクトル画像化アレイシステムの製造可能性を増加させる。30

【0014】

開示される実施例は、マイクロボロメータ検出要素としてナノワイヤを使用することにより、高画素数に対して高いフレームレートがどのようにして得られるかを示す。ナノワイヤは、それがマイクロブリッジにとって代わり、アンテナ間のギャップが異なる周波数範囲に対して変化する際に当該ギャップと一致するように長さで計ることができるので、広いスペクトル範囲（例えば $0.8 - 54\text{ THz}$ ）をカバーするサイズで同一の誘電体基板上にプリントされたアンテナを使用することを可能にする。さらに、ナノワイヤの非常に小さな直径により、熱時定数が減少し、したがって、読み出しレートが増加する。同時に、ナノワイヤの小さな直径により、パッケージ内の読み出しレートに対する周囲の気体冷却速度は減少し、パッケージ内の必要な圧力を増加させ、したがって、真空パッケージをより製造可能なものとする。ナノワイヤの材料特性は、各センサ中に多数のワイヤを提供し、したがってセンサの製造バラツキを減少させるように選択することができる。他のマイクロボロメータアレイとの基本的な差は、抵抗性の実装、熱電気的な実装の両方のためのナノワイヤによってマイクロブリッジ検知要素が置き換えることである。

【0015】

1つの実施例では、4つの異なるアンテナサイズを同じ基板上にプリントすることができ、ナノワイヤは、アンテナ間のギャップに配置することができる。制限された帯域幅に40

10

20

30

40

50

のみ各アンテナをそれぞれ同調することができるので、4つのアンテナサイズがある。ギャップのサイズは波長の約1/10のオーダーでなければならず、したがって、ナノワイヤの長さはより高い周波数に対してはより小さい。製作過程は、接地平面基板上の薄い誘電体層上にアンテナをプリントするステップを含む。その後、ナノワイヤはアンテナ間のギャップに配置される。続いて、各アンテナギャップにわたる局所的なパッケージが製造される。パッケージは脆弱なナノワイヤを保護し、気体冷却時定数が読み出し時定数より長くなるよう十分に低い周囲圧力を生成する。読み出し電子素子(readout electronics)はナノワイヤで作られてもよいし、後に別個のダイ上でアレイに追加されてもよい。画素と電子素子の間の電気的接続及びバイアスがプリントされる。

【0016】

10

添付の図面においては、類似の参照番号は別個の図面にわたる同一又は機能的に類似の要素を指し、添付の図面は、本明細書内に組み込まれてその一部を形成し、発明の詳細な説明とともに本発明を説明し、本発明の原理について説明する役割をもつ。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本発明を制限しない例において説明される特定の値及び構成は変更可能であり、単に本発明の少なくとも1つの実施例を説明するために引用されるものであって、本発明の範囲を制限するようには意図されない。

【0018】

20

本明細書に開示される実施例は、マイクロボロメータ検知要素としてナノワイヤを利用することにより高画素数に対して高いフレームレートを得るかについて説明する。ナノワイヤは、効果的にマイクロブリッジにとって代わり、アンテナ間のギャップと一致するように長さで計ることができるので、0.8 - 54 THzの範囲をカバーするサイズで同一の誘電体基板上にプリントされたアンテナを使用することが可能となる。さらに、ナノワイヤは非常に小さな直径を有することにより、熱時定数が減少し、したがって、読み出しレートが増加する。

【0019】

30

同時に、ナノワイヤの小さな直径により、真空パッケージをより製造可能とするパッケージ中の読み出しレートに関連のある周囲の気体冷却速度が減少する。ナノワイヤの材料特性は、各センサ中に多数のワイヤを提供し、したがってセンサの製造バラツキを減少させるように選択することができる。他のマイクロボロメータアレイとの基本的な差は、マイクロブリッジ検出要素が、抵抗性の実装及び熱電気的な実装の両方のためにナノワイヤで置き換えられるということである。

【0020】

図1は、好ましい実施例に従って、ナノワイヤのマルチスペクトル画像化アレイシステム100の概略図を示す。システム100は、一般に、画素アレイ102を含む。図1に示す実施例において、画素アレイは $1,000 \times 1,000$ の画素アレイとして提供されている。しかし、これは单なる説明のための一例であって、設計条件に依存して、より多数の又はより少数の画素を実装し得ることが理解される。図1の例では、画素アレイ102全体のうち 3×3 画素セグメント104を示している。单一の例示的な画素106もまた、画素セグメント104及び画素アレイ102に関して示される。2つのアンテナ115と117との間のギャップ108はナノワイヤ・ブリッジ110を含んでおり、画素106中のすべてのアンテナ対に関して図1に示される。図1に示す例において、ナノワイヤ・ブリッジ110は、例えば20nmの直径を備えた2つ乃至6つの並列のナノワイヤ112からなってもよい。ナノワイヤ112は、プラチナ(Pt)の熱電気読み出し、又は熱抵抗読み出しのためのPtセクション111及び金(Au)-ニッケル(Ni)セクション113からなってもよい。

【0021】

このように、システム100は、同一基板上にプリントされた4つの異なるアンテナサイズを含み、ナノワイヤはアンテナ間のギャップに配置される。制限された帯域幅のみに

40

50

各アンテナを同調させることができるので4つのアンテナサイズがある。ギャップのサイズは波長の約1/10のオーダーが好適であり、したがって、ナノワイヤの長さはより高い周波数に対してはより小さい。システム100の画像表現114もまた図1に示される。

【0022】

図2は、好ましい実施例に従ってナノワイヤのマルチスペクトル画像化アレイシステムを形成する方法200の動作ステップを示す動作の高レベルのフローチャートを示している。方法200は、図1に示されたシステム100を構成するために実施することができる。図1の例は、同一基板上にプリントされた4つの異なるアンテナサイズとアンテナ間のギャップに配置されたナノワイヤとを示している。見出されたアンテナサイズは、図1で示された構成に関して議論されるが、「4つ」という数は、単に例示的な一例であることに留意されたい。設計の検討に依存して、さらに多くの又はより少ないアンテナサイズを実施することができる。

【0023】

したがって、ブロック202に示されるように、プロセスが開始する。その後、ブロック204において示されるように、接地平面(ground plane)基板を用意してもよい。次に、ブロック206で示されるように、接地平面基板上の薄い誘電体層上にアンテナをプリントすることができる。その後、ブロック208で示されるように、ギャップがアンテナ間に形成される。次に、ブロック210、212及び214で示されるように、選択されたアンテナ間のギャップにわたってナノワイヤを配置してパターン化することができる。ブロック210で示された動作は選択されたアンテナ間のギャップに犠牲層を配置することを含んでいる。その後、ブロック212で示されるように、選択されたアンテナ間のギャップを橋渡しするためにナノワイヤが配置されてパターン化される動作を処理してもよい。次に、ブロック214で示されるように、犠牲層が、各ナノワイヤが懸垂した状態となるように、各ナノワイヤの下から除去され得る。すなわち、ギャップにわたってナノワイヤをぶら下げておくために、ステップ214で示されるように、ナノワイヤの下の犠牲層は除去される。その後、ブロック216で示されるように、各アンテナ・ギャップにわたって局所的なパッケージを構成してもよい。パッケージは脆弱なナノワイヤを保護し、気体冷却時定数が読み出し時定数より長くなるよう、十分に低い周囲気圧を生成する。次に、ブロック218に示されるように、読み出し電子素子(readout electronics)は、ナノワイヤで作られてもよいし、後に別個のダイ上のアレイに追加されてもよい。その後、ブロック220で示されるように、画素と電子素子との間の電気的接続及びバイアスが基板に関してプリントされ得る。その後、ブロック222で示されるように、プロセスは終了する。

【0024】

図2に示された方法200は、図1のマルチスペクトル画像化アレイ/システム100の形成のためにこのように利用することができる。高レベルでは、基板が最初に用意される。その後、複数のアンテナが基板上で互いにに関して構成されて配置され、複数のアンテナは複数のアンテナグループを含む。それぞれのギャップが複数のアンテナ中の各アンテナグループ間で形成される。その後、1つ又は複数のナノワイヤがそれぞれのギャップ中の少なくとも1つのギャップに配置され、その結果、1つ又は複数のナノワイヤは、アンテナ及び基板と通信することができ、マルチスペクトル画像化アレイ/システム100が提供される。ナノワイヤは熱時定数を減少させ、したがって、複数のアンテナからの読み出しレートを低減する一方、読み出しレートに対して周囲の気体冷却速度を減少させて、マルチスペクトル画像化アレイシステムの製造可能性を増加させる。方法200に固有のものは、異なるスペクトル範囲に対して最適に応答するためにナノワイヤに関してアンテナサイズ及びナノワイヤの長さを変えるアンテナを含むようにアンテナを提供するステップである。既に示されたように、ナノワイヤは熱抵抗性のコンポーネントとして構成することができ、熱電気検知を可能にする少なくとも2つの異なる種類の材料から構成されてもよい。

10

20

30

40

50

【0025】

上述の及び他の特徴及び機能、又はその代替手段を、他の多くの異なるシステム又は用途に望ましく組み合わせられてもよいことが理解されるであろう。現在予期できない様々な代替構成、変更、変化又は改良が後に当業者によってなされ得ること、それは添付の特許請求の範囲に包含されるものと意図されることもまた理解されよう。

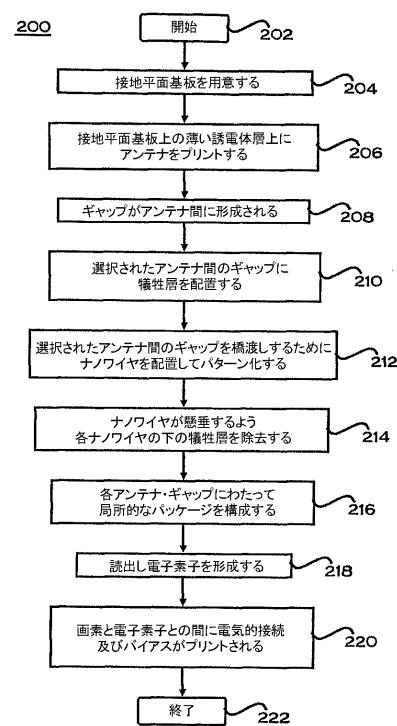
【図面の簡単な説明】

【0026】

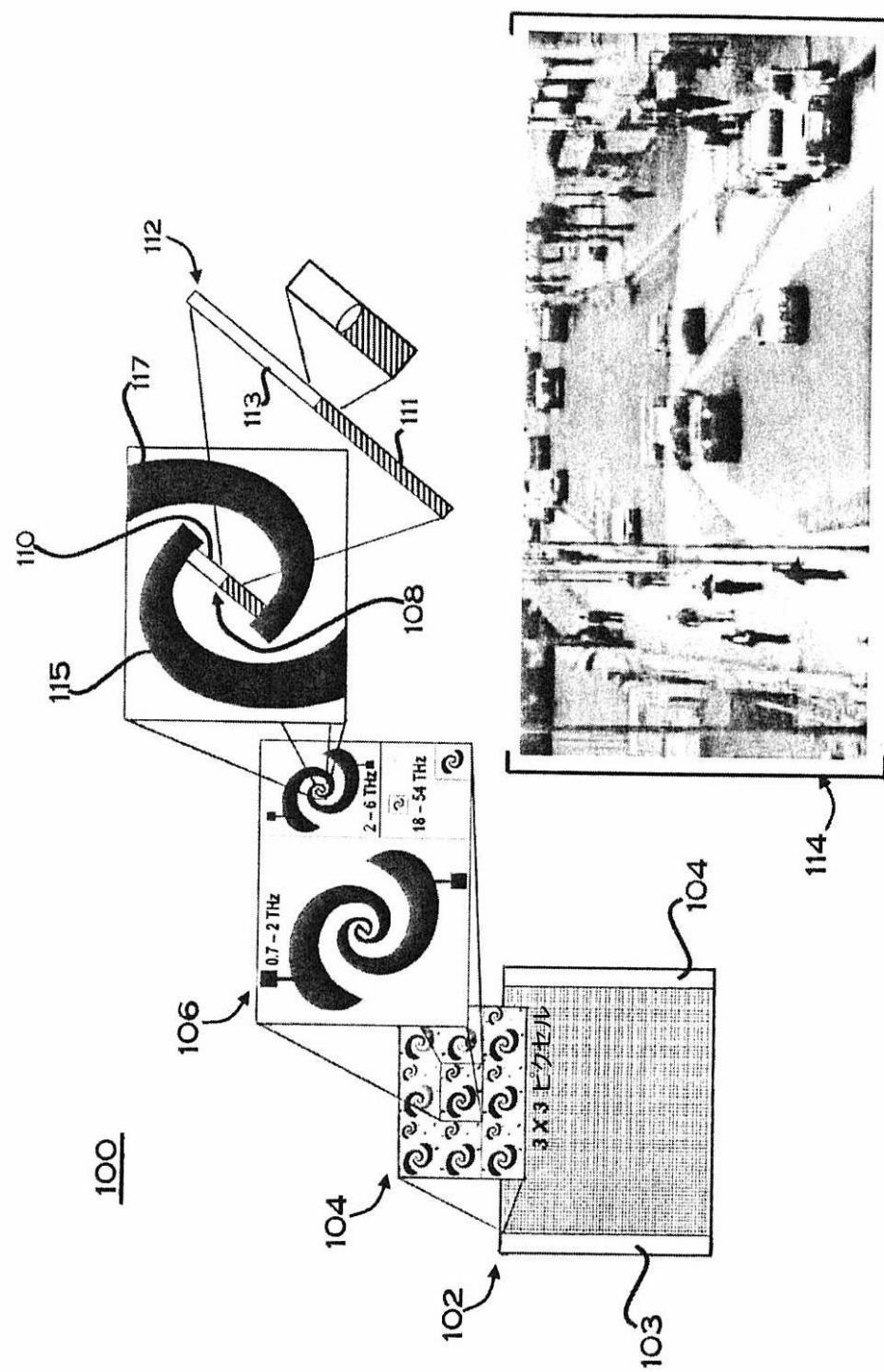
【図1】好ましい実施例に従うナノワイヤのマルチスペクトル画像化アレイシステムの概略図である。

【図2】好ましい実施例に従うナノワイヤのマルチスペクトル画像化アレイシステムを形成するための動作ステップを示す動作の高レベルのフローチャートである。 10

【図2】



【図1】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

G 0 1 N 22/00

F

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100147991

弁理士 鳥居 健一

(72)発明者 アンディ・エム・ペクザルスキ

アメリカ合衆国ミネソタ州55347, エデン・プレイリー, バルモラル・レイン 9873

(72)発明者 バーレット・イー・コール

アメリカ合衆国ミネソタ州55431, ブルーミントン, ウエスト・ワンハンドレッドアンドトゥ
エルヴス・ストリート 3010

審査官 平田 佳規

(56)参考文献 特開平11-225016 (JP, A)

国際公開第2005/085809 (WO, A1)

特開平05-264343 (JP, A)

特表2007-515630 (JP, A)

米国特許第7095027 (US, B1)

Proceedings of SPIE, 2003年, Vol.4855, p.201~207

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 J 1 / 0 2 - 1 / 0 4

G 0 1 J 1 / 4 2

G 0 1 J 3 / 0 0 - 3 / 5 1

G 0 1 J 5 / 4 8

G 0 1 N 2 2 / 0 0

G 0 1 R 2 9 / 0 8

H 0 1 L 2 7 / 1 4 - 2 7 / 1 4 8

H 0 1 Q 1 9 / 0 0 - 1 9 / 3 2

H 0 1 Q 2 1 / 0 0 - 2 1 / 3 0

H 0 4 N 5 / 3 0 - 5 / 3 3 5