

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7672430号
(P7672430)

(45)発行日 令和7年5月7日(2025.5.7)

(24)登録日 令和7年4月24日(2025.4.24)

(51)国際特許分類		F I		
H 1 0 N	50/10 (2023.01)	H 1 0 N	50/10	Z
H 1 0 N	50/01 (2023.01)	H 1 0 N	50/01	
H 1 0 N	50/80 (2023.01)	H 1 0 N	50/80	Z
G 0 1 R	33/09 (2006.01)	G 0 1 R	33/09	

請求項の数 15 (全16頁)

(21)出願番号	特願2022-569043(P2022-569043)	(73)特許権者	524154452
(86)(22)出願日	令和3年5月27日(2021.5.27)		アレグロ・マイクロシステムズ・リミテッド・ライアビリティ・カンパニー
(65)公表番号	特表2023-526785(P2023-526785 A)		アメリカ合衆国、ニューハンプシャー州
(43)公表日	令和5年6月23日(2023.6.23)		0 3 1 0 3、マンチェスター、ペリメーター・ロード、9 5 5
(86)国際出願番号	PCT/IB2021/054647	(74)代理人	100069556
(87)国際公開番号	WO2021/240432		弁理士 江崎 光史
(87)国際公開日	令和3年12月2日(2021.12.2)	(74)代理人	100111486
審査請求日	令和6年5月8日(2024.5.8)		弁理士 鍛冶澤 實
(31)優先権主張番号	20315270.7	(74)代理人	100191835
(32)優先日	令和2年5月28日(2020.5.28)		弁理士 中村 真介
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)	(74)代理人	100221981
			弁理士 石田 大成
		(74)代理人	100208258

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気抵抗素子を備える磁気センサ及びそのような磁気センサをプログラミングするシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の磁気抵抗素子を備える磁気センサであって、

各前記磁気抵抗素子が、プログラミング動作中に第1強磁性層が高温しきい値にあるときに第1磁化を切り替え可能に、しきい値温度未満で固定され、しきい値温度以上で自由である第1磁化を有する第1強磁性層を備えるMTJを備え、

前記磁気センサは、電磁放射によって照射されるようになっているプラズモニック構造をさらに備え、

前記プラズモニック構造は、金属構造の空間的に周期的なプラズモニックアレイを備え、

前記プラズモニックアレイの周期及び前記金属構造の横方向寸法は、前記電磁放射の所与の波に対して前記プラズモニック構造のプラズモン共鳴を得るように調整され、ここにおいて、

前記プラズモニックアレイが、プラズモン共鳴による前記電磁放射の増強された吸収から、前記第1強磁性層を前記しきい値温度以上に加熱するように前記磁気センサ内に配置されている、

複数の磁気抵抗素子を備える磁気センサにおいて、

前記磁気センサは、複数のセンサ支部のアレイを備え、各センサ支部が複数の磁気抵抗素子を備えていることと、

前記プラズモニック構造は、複数のプラズモニック副アレイを備え、各プラズモニック

副アレイは、金属構造の周期的アレイを備えて前記センサ支部と交互に配置されていて、前記プラズモニック構造は、少なくとも、第1プラズモニック副アレイと、前記電磁放射の偏波又は波長に関して前記第1プラズモニック副アレイとは異なる共鳴応答を有する第2プラズモニック副アレイとを備える、磁気センサ。

【請求項2】

前記プラズモニックアレイの前記周期及び前記金属構造の前記横方向寸法は、前記電磁放射の所与の波に対して前記プラズモニック構造のプラズモン共鳴を得るように調整されている、請求項1に記載の磁気センサ。

【請求項3】

前記MTJは、前記磁気センサのフロントエンド回路と上面との間にあって、かつ

10

前記プラズモニック構造は、前記上面と前記フロントエンド回路との間に設けられている請求項1に記載の磁気センサ。

【請求項4】

前記磁気抵抗素子は、前記MTJと前記上面との間に上部金属接続層を備えて、かつ

前記プラズモニック構造は、前記上部金属接続層の平面内に設けられている、請求項3に記載の磁気センサ。

【請求項5】

前記磁気抵抗素子は、前記MTJと前記フロントエンド回路との間に下部金属接続層を備え、

前記プラズモニック構造は、前記下部金属接続層の平面内に設けられている、請求項3に記載の磁気センサ。

20

【請求項6】

前記プラズモニック構造は、誘電体層に埋め込まれていて、

前記プラズモニックアレイの周期と前記金属構造の横方向寸法とは、前記電磁放射の波長と前記誘電体層の屈折率との所与の比に対して、前記プラズモニック構造のプラズモン共鳴が得られるように調整されている、請求項1に記載の磁気センサ。

【請求項7】

前記プラズモニック構造は、前記電磁放射の吸収を調整するように構成された補助プラズモニック構造をさらに備える、請求項1に記載の磁気センサ。

【請求項8】

30

前記補助プラズモニック構造は、金属構造の空間的に周期的な配置又は連続的な金属層を備える、請求項7に記載の磁気センサ。

【請求項9】

前記MTJは、前記磁気センサのフロントエンド回路と上面との間にあって、かつ前記プラズモニック構造は、前記上面と前記フロントエンド回路との間に設けられていて、

前記補助プラズモニック構造及び前記プラズモニックアレイは、前記磁気抵抗素子と前記上面との間にある請求項7に記載の磁気センサ。

【請求項10】

請求項1に記載の磁気センサと、

前記磁気センサの照射領域を照射し、前記プラズモニック構造のプラズモン共鳴を生成するように適合された波長を有する電磁放射を放出するように構成された電磁放射放出装置とを備える、システム。

40

【請求項11】

照射領域は、少なくとも1つの磁気抵抗素子を取り囲んでいる、請求項10に記載のシステム。

【請求項12】

前記電磁放射放出装置は、集束された電磁放射を前記磁気センサの前記照射領域に向けるレーザ放出装置を備える、請求項10に記載のシステム。

【請求項13】

前記電磁放射放出装置は、前記照射領域によって取り囲まれた前記1つ又は複数の磁気

50

抵抗素子を選択的に加熱するように、前記磁気センサの上面上で移動可能である、請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記プラズモニック構造は、少なくとも、第 1 プラズモニック副アレイと、前記電磁放射の偏波又は波長に関して前記第 1 プラズモニック副アレイとは異なる共鳴応答を有する第 2 プラズモニック副アレイとを備え、かつ

前記電磁放射の、前記波長と前記偏波との少なくとも一方は、前記第 1 プラズモニック副アレイ又は第 2 プラズモニック副アレイのうちの 1 つの共鳴条件に対応するように調整可能である、請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 15】

前記プラズモニックアレイは、2 つの隣り合う金属構造間の距離が実質的に等しい二次元格子を備え、前記プラズモニックアレイは、正方格子、矩形格子、六方格子、又は菱形格子のうちのいずれか 1 つを備える、請求項 10 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気抵抗素子を備える磁気センサ、及びそのような磁気センサをプログラミングするシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

磁気トンネル接合 (MTJ) 技術に基づく磁気センサは、感度、ダイサイズなどのいくつかの必須の変数で、GMR、AMR、及びホール効果センサより性能が優れている。TMR センサの完全な性能は、対角枝が同じ方向にプログラムされ、各ハーフブリッジを構成する対角枝が反対方向にプログラムされるホイートストンブリッジ構成で達成できる。そのため、ホイートストンブリッジ構成は、異なる磁場の方向下の異なるセンサ分岐部ごとに一連のプログラミングを要求する。

【0003】

他の技術の中でも、レーザープログラミングは、マイクロメートルのサイズのスポットに高エネルギー密度を送達するのに有効なツールである。別の利点は、ウェハ全体を数十分でプログラムできることである。これら全ては、最終製品の費用に直接影響を及ぼし、したがって、市場におけるその成功を少なくとも部分的に決めている。

【0004】

しかしながら、レーザープログラミングの有効性は、完全なセンサレイアウト設計に強く依存する。通常のトンネル磁気抵抗 (TMR) センサは、特定の直列対並列比で接続された MTJ を積み重ねたアレイを備える。金属層は、MTJ アレイ内の内部接続部品 (インターコネクタ) として機能するとともに、外周への電気リードとしても機能し、したがって、MTJ スタックをレーザービームへの直接露光から部分的に又は完全に隠す。また、金属は、可視領域、近赤外領域での吸収が少ないため、全ての金属層がレーザーエネルギーを吸収するのではなく反射するミラーとして作用する。

これは、エネルギーの吸収をセンサ領域にわたって不均一にし (第 1 近似では、それは金属の表面密度に依存する)、非常に非効率的にする。

【0005】

特許文献 1 (US 2011111133) は、特定のサイズ、形状、向き、及び材料のプラズモン発生層を製作物上に形成し、それからプラズモン発生層によって最適に吸収されてその中にプラズモンを発生させるような波長及び偏波の電磁放射を形成物に照射することによって、ウェハレベル製作物の部分を選択的に加熱できる方法を開示している。その結果、生成されたプラズモンは熱エネルギーを生成し、この熱エネルギーは、プラズモン生成層が熱接触を有する製作物の部分に伝達される。

【0006】

特許文献 2 (US 2015132503) は、近接場変換器を形成する方法を開示して

10

20

30

40

50

いる。この方法は、プラズモン材料を堆積させることと、プラズモン材料をレーザアニールすることを備える。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】米国特許出願公開第2011/111133号明細書

【文献】米国特許出願公開第2015/132503号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

プラズモン共鳴は、開発されてマイクロメートルからサブマイクロメートルのテクスチャ（表面状態）を有する金属構造において生じる周知の確立された効果であり、この効果は、実験室環境を克服し、実生活の用途、すなわち、高保磁力記録媒体の熱支援プログラミング、光感知のための絶対又は選択的吸収層、金属上のレーザカラー印刷などに採用されている。プラズモニック構造における共鳴吸収は、素子のサイズ、それらの形状、及びそれらの相対距離のような表面状態の特性寸法の設計によって、レーザビーム偏波及びその波長に調節してよい。

【0009】

本開示は、複数の磁気抵抗素子を備える磁気センサに関する。各磁気抵抗素子は、しきい値温度を超える外部磁場に従って切り替え可能な第1磁化を有する第1強磁性層を備えるMTJを備える。

【0010】

磁気センサは、電磁放射によって照射されるようになっているプラズモニック構造をさらに備える。プラズモニック構造は、金属構造の空間的に周期的なプラズモニックアレイを備え、プラズモニックアレイの周期及び金属構造の横方向寸法は、電磁放射の所与の波長についてプラズモニック構造のプラズモン共鳴が得られるように調整される。プラズモニックアレイは、プラズモン共鳴による電磁放射の強化された吸収から、第1強磁性層をしきい値温度で加熱するように、磁気センサ内に配置される。

【0011】

磁気センサはセンサ支部のアレイを備え、各センサ支部は複数の磁気抵抗素子を備える。プラズモニック構造は、複数のプラズモニック副アレイを備え、各プラズモニック副アレイは、金属構造の周期的なアレイを備え、センサ支部と交互に配置される。

【0012】

プラズモニック構造は、少なくとも、第1プラズモニック副アレイと、偏波及び波長に関して第1プラズモニック副アレイと異なる共鳴応答を持つ第2プラズモニック副アレイを備える。

【0013】

本開示はさらに、磁気センサと、磁気センサの照射領域を照射し、プラズモニック構造のプラズモン共鳴を生成するように適合された波長を有する電磁放射を放出するように構成された電磁放射放出装置とを備えるシステムに関する。

【発明の効果】

【0014】

本明細書に開示される磁気センサは、電磁放射を使用することによってプログラムされ、MTJにおける光エネルギーの効率的な吸収を提供できる。光エネルギーの吸収に異なる金属層を使用できて、光エネルギーの吸収もより均一である。

【0015】

本発明は、例として与えられ、図面によって例示される実施形態の説明を用いてよりよく理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0016】

10

20

30

40

50

【図 1】図 1 は一実施形態による、複数の磁気抵抗素子とプラズモニック構造とを備える磁気センサの側面図である。

【図 2】図 2 は、一実施形態による、1 つ分離された磁気抵抗素子の側面図を示す。

【図 3】図 3 は、シリコンベースの CMOS フロントエンド回路上の 1 つの MTJ を示す磁気センサのトポロジーを表す。

【図 4 a】図 4 a は、一実施形態による、矩形形状の金属構造 (図 4 a) を示す。

【図 4 b】図 4 b は、一実施形態による、円盤形状の金属構造 (図 4 b) を示す。

【図 4 c】図 4 c は、一実施形態による、楕円形状の金属構造 (図 4 c) を備える周期的なプラズモニックアレイを示す。

【図 5】図 5 は、一実施形態による、磁気抵抗素子の上部及び上部金属接続層の上部に位置するプラズモニック構造を示す。 10

【図 6】図 6 は、一実施形態による、上部金属接続層のレベルに位置するプラズモニック構造を備える磁気センサの配置の上面図を示す。

【図 7】図 7 は、一実施形態による、プラズモニックアレイと補助プラズモニック構造とを備えるプラズモニック構造を示す図である。

【図 8】図 8 は、一実施形態による、プラズモニック構造が第 1 プラズモニック副アレイと第 2 プラズモニック副アレイとを備える磁気センサを示す。

【発明を実施するための形態】

【0017】

図 1 は、一実施形態による、複数の磁気抵抗素子 1 を備える磁気センサ 10 の側面図を示す。図 2 は、一実施形態による、1 つ分離された磁気抵抗素子 1 の側面図を示す。 20

【0018】

図 2 に示されるように、磁気抵抗素子 1 は、第 1 磁化 210 を有する第 1 強磁性層 21 と、第 1 磁化 210 に対して切り替えられる第 2 磁化 230 を有する第 2 強磁性層 23 とを備える磁気トンネル接合 (MTJ) 2 を備えてよい。第 1 強磁性層 21 と第 2 強磁性層 23 との間には、トンネル障壁層 22 が設けられている。第 1 磁化 210 は、MTJ 2 がブロッキング温度、ネール温度、又は別のしきい値温度などのしきい値温度以上の温度に加熱されたときに、外部磁場に従ってスイッチング可能であり得る。第 1 磁化 210 は、しきい値温度未満の温度で固定される。しきい値温度は、150 又は 200 を超えるか、もしくは少なくとも磁気抵抗素子 1 の通常の使用条件の温度を超えられる。しきい値温度未満では、第 1 磁化 210 は固定され、その方向は、磁気抵抗素子 1 の通常の使用条件に対応する温度及び外部磁界に対して安定したままである。 30

【0019】

MTJ 2 は、第 1 強磁性層 21 の隣りにある、反強磁性層などのピン止め層 24 をさらに備えてよい。ピン止め層 24 は、しきい値温度よりも低い温度での交換結合によって、第 1 磁化 210 をピン止め方向に沿ってピン止めする。ここで、しきい値温度は、ネール温度に近く、同時に、反強磁性層 24 の反強磁性材料のブロッキング温度を超える温度に対応できる。

【0020】

図 1 に示すように、磁気抵抗素子 1 は、誘電体層 27 に埋め込んでよい。 40

【0021】

図 3 は、上面 28、上部金属接続層 MCT、第 1 電流線 3、MTJ 2、第 2 電流線 4、及びシリコンベースの相補型金属酸化膜半導体 (CMOS) フロントエンド回路 80 を示す磁気センサ 10 のトポロジーを表す。

【0022】

磁気抵抗素子 1 は、書き込み及び読み出し機能の提供に金属導体をさらに備えてもよい。図 3 の例では、第 1 電流線 3 は、磁気抵抗素子 1 に電氣的に結合できる。第 2 電流線 4 は、第 1 電流線 3 に対して実質的に垂直 (又は平行) に延在し、磁気抵抗素子 1 に磁氣的に結合され得る。磁気抵抗素子 1 は、さらに、磁気抵抗素子 1 に電氣的に接続された選択トランジスタ (図示せず) を備えてよい。磁気抵抗素子 1 は、金属ビア VM 50

によってMTJ2に接続された、MTJ2の上の上部金属接続層MCTと、MTJ2の下の下部金属接続層MCBとをさらに備えてよい。上部金属接続層MCTは、下部金属接続層MCBを電氣的に接続し、下部金属接続層MCBは、フィールド線として使用され得る。

【0023】

磁気抵抗素子1は、電磁放射放出装置7から放出された電磁放射70のエネルギー吸収を強化及び局所化するように構成されたプラズモニック構造5をさらに備える。

【0024】

一態様では、プラズモニック構造5は、金属構造51の空間的に周期的なプラズモニックアレイ50を備える。図4aから図4cに示すように、周期的なプラズモニックアレイ50は、矩形形状の金属構造51(図4a)、円盤形状の金属構造51(図4b)又は楕円形状の金属構造51(図4c)の空間的に周期的な配置を備えてよい。金属構造51のその他の形状も考慮してよい。

10

【0025】

プラズモニックアレイ50に備わる金属構造51は、全て実質的に同じ形状でよいが、プラズモニックアレイ50は、異なる形状を有する金属構造51を備えてもよい。

プラズモニック構造の原理

【0026】

磁気センサ10のプログラミング動作中、第1磁化210は、初期の向きからプログラムされた向きに切り替えられる。プログラムされた配向は、外部磁場の方向に従って任意の方向であり得る。プログラミング動作は、磁気センサ10内のすべての磁気抵抗素子1又は磁気抵抗素子1の選択されたサブアンサンプルに対して実行できる。

20

【0027】

プログラミング動作中、電磁放射放出装置7によって放出された電磁放射線70は、磁気センサ10の照射領域71を照射する。図1に示されるように、照射領域71は、2つの隣り合う磁気抵抗素子1を取り囲む表面領域を覆える。しかしながら、照射領域71は、単一の磁気抵抗素子1、磁気抵抗素子1のサブアンサンプル、又は磁気センサ10内のすべての磁気抵抗素子1を取り囲む表面領域を覆える。

【0028】

電磁放射70の波長でのプラズモニック構造5のプラズモン共鳴の条件において、プラズモニック構造5は、電磁放射70の強化された吸収を提供する。その結果、照射領域71において、プラズモニック構造5は、強化された熱発生を提供する。増強された熱は、照射領域71内の選択された磁気抵抗素子1に伝達され、選択された磁気抵抗素子1の第1強磁性層21がしきい値温度以上に加熱されることを可能にする。増強された加熱は、照射された領域71においてのみ生じるので、磁気センサ10の選択的かつマスクフリーのプログラミングが達成可能である。

30

【0029】

プラズモニック構造5はさらに、照射領域71内に均一な熱生成を提供できる。

【0030】

放射放出装置7は、集束レーザービーム70を磁気センサ10の照射領域71に向けるレーザー放出装置を備えてもよい(図1参照)。レーザービーム70の集束は、固浸レンズなどの近接場光学素子を使用することによって達成できる。

40

金属構造のアレイの配置

【0031】

周期的なプラズモニックアレイ50内の金属構造51の配置は、電磁放射70の波長でプラズモン共鳴を得るように最適化できる。これは、金属構造51の横方向寸法d及び金属構造51の周期的配置を変化させることによって達成できる。プラズモニックアレイ50は、2つの隣り合う金属構造51の間に実質的に等しい距離Lを有する2次元格子を備えてよい。プラズモニックアレイ50は、金属構造51の正方格子(図4に示す)、矩形格子、六方格子もしくは菱形格子、又は任意の他のタイプの格子のうちのいずれか1つを備えてよい。

50

【 0 0 3 2 】

例えば、周期的なプラズモニックアレイ 5 0 内の 2 つの隣り合う金属構造 5 1 間の距離 L は、電磁放射 7 0 (サブ波長プラズモニックアレイ 5 0) の波長以下であるべきである。金属構造 5 1 の横方向の寸法 d は、電磁放射 7 0 の波長よりも小さくしなければならない (サブ波長金属構造 5 1) 。

【 0 0 3 3 】

共鳴条件下では、すなわち、電磁放射 7 0 の波長が金属構造 5 1 のプラズモン共鳴と一致する場合には、金属構造 5 1 における電力吸収を少なくとも 1 桁増加可能である。共鳴条件下では、照射領域 7 1 内の熱発生は、プラズモン共鳴を伴わない熱発生の最大 9 倍に到達できる。

プラズモニック構造の位置

【 0 0 3 4 】

プラズモニック構造 5 は、照射領域 7 1 においてプラズモニック構造 5 によって吸収された熱を MTJ 2 に伝達可能であり、それによって参照磁化 a_t を高温しきい値としてよいように、あるように磁気センサ 1 0 内に配置されるべきである。ここで、磁気抵抗素子 1 の近くとは、5 0 nm から 5 0 0 0 nm の距離を備えてよい。

【 0 0 3 5 】

プラズモニック構造 5 はさらに、放射放出装置 7 によって容易に照射されるように、磁気センサ 1 0 内に配置されるべきである。理想的には、プラズモニック構造 5 は、金属接続層又はプラズモン共鳴に関与しない他の構造によって、放射放出装置 7 からマスクされるべきではない。

【 0 0 3 6 】

一実施形態では、プラズモニック構造 5 は、磁気センサ 1 0 の上面 2 8 と MTJ 2 の少なくとも 1 つとの間に設けられる。

【 0 0 3 7 】

図 5 は、図 4 のトポロジー表現の部分図を示す。図 5 に示す例では、プラズモニック構造 5 は、上面 2 8 と上部金属接続層 MCT との間に設けられる。プラズモニック構造 5 は、誘電体層 2 7 に埋め込んでよい。誘電体層 2 7 は、電磁放射 7 0 に対して光学的に透明であるべきである。誘電体層 2 7 は、二酸化ケイ素 SiO_2 、窒化ケイ素 SiN などの誘電体材料を含有してよい。

【 0 0 3 8 】

プラズモニック構造 5 が磁気抵抗素子の上に配置されている図 5 の構成の利点は、プラズモニック構造 5 がより高いレベルの金属層によって陰にならないことである。

【 0 0 3 9 】

金属構造 5 1 の横方向の寸法は、電磁放射 7 0 の波長と誘電体層 2 7 の屈折率との比、すなわち誘電体層 2 7 における電磁放射 7 0 の波長、又はこの比の分数にほぼ対応できる。

【 0 0 4 0 】

例えば、誘電体層 2 7 が窒化ケイ素 (SiN) を含む場合、放出された電磁放射線 7 0 の 1064 nm の入射波 i は、誘電体層 2 7 内で減少し、 SiN i 内の波は、入射波 i を屈折率 SiN i / 1.885 = 564 nm で除算したものに等しい。したがって、金属構造 5 0 の横方向の寸法は、 SiN i 半波長に実質的に等しくてもよく、2 つの隣り合う金属構造 5 0 間の間隔 L は、 SiN i の半波長に実質的に等しくてもよい。

【 0 0 4 1 】

別の実施形態では、プラズモニック構造 5 は、上部金属接続層 MCT のレベル (センサ高さ方向で同じ高さ) に配置される。

【 0 0 4 2 】

図 6 は、上部金属接続層 MCT のレベルに、すなわち上部金属接続層 MCT の平面内に位置するプラズモニック構造 5 を備える磁気センサ 1 0 の構成の上面図を示す。磁気センサ 1 0 は、センサ支部 4 0 のアレイを備え、各センサ支部 4 0 は、複数の相互接続された

10

20

30

40

50

磁気抵抗素子 1 を備える。プラズモニック構造 5 は、複数のプラズモニック副アレイ 5 2 を備えてよく、各プラズモニック副アレイ 5 2 は、金属構造 5 1 の周期的アレイを備える。各プラズモニック副アレイ 5 2 は、センサ支部 4 0 と交互に配置できる。

【 0 0 4 3 】

一態様では、プラズモニック副アレイ 5 2 は、センサ支部 4 0 の幅 W_S の 2 倍の幅 W_P を有する。言い換えると、プラズモニック副アレイ 5 2 によって占有される表面積は、2 つのセンサ支部 4 0 の表面積に対応する。各プラズモニック副アレイ 5 2 のプラズモン共鳴は、金属構造 5 1 のアレイの周期性と、金属構造 5 1 の横方向寸法 d とに依存する。

【 0 0 4 4 】

一例では、プラズモニック副アレイ 5 2 の幅は約 $5.0 \mu\text{m}$ であり、金属構造 5 1 の横寸法 d は約 $0.4 \mu\text{m}$ である。しかしながら、センサ支部 4 0 に対するプラズモニック副アレイ 5 2 の他の配置も考えられる。

【 0 0 4 5 】

プラズモニック構造 5 の他の配置も可能であり、例えば、プラズモニック構造 5 は、第 2 電流線 4 又は金属接続層 MCB のレベルなど、金属層のいずれか 1 つの (平面内の) レベルに配置可能である。このような配置は、上述したように、センサ支部 4 0 と交互に配置された複数のプラズモニック副アレイ 5 2 を備えてもよい。

【 0 0 4 6 】

プラズモニック構造 5 が上部金属接続層 MCT、下部金属接続層 MCB 又は他の金属接続層もしくは金属ビアの平面内に設けられる磁気センサ 1 0 の構成は、磁気センサ 1 0 内の面積当たりの磁気抵抗素子 1 の密度を低下させることになり得る。実際に、磁気センサ 1 0 の利用可能な表面積は、プラズモニック構造 5 によって占有される表面積と磁気抵抗素子 1 によって占有される表面積との間で共有されなければならない。

【 0 0 4 7 】

共鳴周波数は、上部金属接続層 MCT のレベルに位置し、図 6 に示す構成に従って配置されたプラズモニック構造 5 についてモデル化された。共鳴周波数は、矩形形状 (図 4 a 参照)、円盤形状 (図 4 b 参照) を有する金属構造 5 1 の空間的に周期的な配置に対してモデル化された。共鳴周波数は、金属構造 5 1 の複数の横方向寸法 d 及び 2 つの隣り合う金属構造 5 1 間の複数の距離 L に対してモデル化された。

【 0 0 4 8 】

表 1 は、上部金属接続層 MCT のレベルに位置するプラズモニック構造 5 のモデル化から得られたプラズモニック共鳴値を報告する。モデル化は、 500 nm から 700 nm の間の距離 L だけ離間され、 200 nm から 300 nm の間の横寸法 d を有する矩形 (sq) 及び円盤形 (circ) の金属構造 5 1 を持つプラズモニックアレイ 5 0 に対して行われた。

【表 1】

L/d (nm/nm)	共鳴値 (sq., μm)	共鳴値 (circ, μm)
500/200	1.12; 0.74; 0.66; 0.57; 0.51	1.08 ; 0.75; 0.65; 0.57; 0.5
600/200	1.32; 0.79; 0.7; 0.6	1.27; 0.96 ; 0.67; 0.6; 0.57; 0.52
500/250	0.89; 0.73; 0.63; 0.54	1.09 ; 0.62; 0.6; 0.52; 0.5
500/300	0.95 ; 0.89; 0.65; 0.6; 0.56; 0.51	0.93 ; 0.71; 0.66; 0.54
600/300	1.27; 0.97 ; 0.86; 0.69; 0.56; 0.52	1.02 ; 0.75; 0.57; 0.52; 0.51
700/300	0.82; 0.71; 0.75; 0.64; 0.54; 0.5	1.49; 1.13; 1.07 ; 0.84; 0.6; 0.5

表 1

【 0 0 4 9 】

表 2 は、底部金属接続層 M C B のレベルに位置するプラズモニック構造 5 のモデリングから得られたプラズモニック共鳴値を報告する。モデリングは、500 nm から 880 nm の間の距離 L だけ離され、200 nm から 400 nm の間の横寸法 d を有する矩形 (sq) 及び円盤形 (circ) の金属構造 5 1 を有するプラズモニックアレイ 5 0 に対して行われた。

【 0 0 5 0 】

シミュレーションは、共鳴吸収が、金属構造 5 1 とその下の金属層の両方で、例えば、金属構造 5 1 と上部金属接続層 M C T の両方で、又は金属構造 5 1 と下部金属接続層 M C B の両方で起こり得ることを示している。

【 0 0 5 1 】

磁気センサ 1 0 内のプラズモニック構造 5 の構成及び位置に応じて、放出装置 7 によって放出される電磁放射 7 0 の屈折率は、20%未満に低下する可能性がある。周波数はレーザー波長 1064 nm に対応する。

【表 2】

L/d (nm/nm)	共鳴値 (sq., μm)	共鳴値 (circ, μm)
500/200	0.88; 0.62; 0.53	0.83; 0.66; 0.63; 0.53
600/200	0.68; 0.65; 0.55; 0.52	0.76; 0.6; 0.54
500/250	0.91; 0.52; 0.5	0.66; 0.53; 0.52
500/300	0.69; 0.51; 0.5	0.61
600/300	0.63; 0.54; 0.51	0.74
700/300	1.15; 0.7; 0.63; 0.6; 0.57; 0.5	1.15; 0.72; 0.61; 0.53
880/400	0.97 ; 0.75; 0.67; 0.61; 0.57; 0.54	1.38; 1.03 ; 0.87; 0.6

表 2

【 0 0 5 2 】

プラズモニック構造 5 の他の構成を考慮してよい。例えば、プラズモニック構造 5 は、上部金属接続層 M C T のレベルに配置してよい。そして金属構造 5 1 は、400 nm から 700 nm の間の距離 L だけ離してもよく、200 nm から 300 nm の間の横方向寸法 d を持ってよい。

【 0 0 5 3 】

別の構成では、プラズモニック構造 5 は、底部金属接続層 M C B のレベルに配置してよい。そして金属構造 5 1 は、500 nm から 900 nm の距離 L だけ離してよく、200 nm から 400 nm の横方向寸法 d を持ってよい。

【 0 0 5 4 】

さらに別の構成では、プラズモニック構造 5 は、M T J 2 の下の第 2 電流線 4 のレベルに位置し、金属構造 5 1 は、450 nm から 850 nm の間の距離 L だけ離され、200 nm から 450 nm の間の横寸法 d を持ってよい。

【 0 0 5 5 】

矩形状及び円盤形状の金属構造 5 1 を備えるプラズモニックアレイ 5 0 について、シミュレーションは、共鳴周波数が横寸法 d 及び隣り合う金属構造 5 1 間の距離 L によって決定されることを示した。

【 0 0 5 6 】

さらに別の構成では、金属構造 5 1 は、楕円形状であってよい (図 4 c)。楕円形金属構造 5 1 を備えるプラズモニック構造 5 について、シミュレーションは、共鳴周波数が楕

円形金属構造 5 1 の長軸 (a) 及び短軸 (b) によって決定されることを示した。楕円形金属構造 5 1 は、それぞれ、230 nm から 470 nm の間の長軸と、470 nm から 230 nm の間の短軸とを持ってよい。

【 0 0 5 7 】

プラズモニック構造 5 の他の構成を考慮してよい。図 7 に示す実施形態では、プラズモニック構造 5 は、プラズモニックアレイ 5 0 と、電磁放射エネルギーの吸収を調整するように構成された補助プラズモニック構造 5 3 とを備える。言い換えると、共鳴条件下では、プラズモニックアレイ 5 0 と補助プラズモニック構造 5 3 とは、それらの間の電磁結合のために同時に共鳴する。補助プラズモニック構造 5 3 は、3 倍以上の電力吸収の増幅をもたらす得る。プラズモニックアレイ 5 0 は、補助プラズモニック構造 5 3 と電磁放射放出装置 7 との間に備えられてよい。補助プラズモニック構造 5 5 は、金属構造の空間的に周期的な配置又は連続的な金属層を備えてよい。

10

【 0 0 5 8 】

図 8 に示すさらに別の実施形態では、プラズモニック構造 5 は、少なくとも第 1 プラズモニック副アレイ 5 2 a と第 2 プラズモニック副アレイ 5 2 b とを備える。第 1 プラズモニック副アレイ 5 2 a は、プラズモン共鳴によって生成された熱を磁気センサ 1 0 の磁気抵抗素子 1 の第 1 サブセットに伝達するように構成され、第 2 プラズモニック副アレイ 5 2 b は、プラズモン共鳴によって生成された熱を磁気抵抗素子 1 の第 2 サブセットに伝達するように構成される。図 8 では、第 1 サブセットは、磁気抵抗素子 1 を備える 2 つのセンサ支部 4 0 として表され、第 2 サブセットは、1 つのそのような支部 4 0 を備える。プラズモニック副アレイ及びサブセットの数と同様に、サブセットの他の構成も考慮されるべきである。

20

【 0 0 5 9 】

プラズモニック副アレイ 5 2 a、5 2 b は、磁気抵抗素子 1 の上部及び上部金属接続層 M C T の上部に配置できる。

【 0 0 6 0 】

少なくとも第 1 プラズモニック副アレイ 5 2 a は、電磁放射 7 0 の偏波又は波長 に関して、第 2 プラズモニック副アレイ 5 2 b とは異なる共鳴応答を持つ。

【 0 0 6 1 】

電磁放射放出装置 7 によって放出される電磁放射 7 0 の波長と偏波の少なくとも一方は、プラズモン共鳴が第 1 又は第 2 プラズモニック副アレイ 5 2 a、5 2 b のうちの一方に対してのみ生じるように、第 1 プラズモニック副アレイ 5 2 a 又は第 2 プラズモニック副アレイ 5 2 b のうちの一方の共鳴条件に対応するように調整できる。したがって、共鳴プラズモニック副アレイ 5 2 a 又は 5 2 b に対応するセンサ支部 4 0 のみが、高温しきい値で加熱される。

30

【 0 0 6 2 】

この後者の構成は、磁気センサ 1 0 全体が完全に照明される場合に、照射光線のウィンドウ化のためのマスクを必要とすることなく、センサ支部 4 0 の選択的プログラミングを可能にする。

照射領域 (7 1) によって囲まれた 1 つ又はいくつかの磁気抵抗素子 1 を選択的に加熱するように、(レーザのような) 電磁放射放出装置 7 が磁気センサ 1 0 の上面 2 8 の上で移動可能なので、位置決め制約も少なくなる。

40

本願は例えば次の観点を提供する。

[観 点 1]

複数の磁気抵抗素子 (1) を備える磁気センサ (1 0) であって、
各前記磁気抵抗素子 (1) が、プログラミング動作中に第 1 強磁性層 (2 1) が高温しきい値にあるときに第 1 磁化 (2 1 0) を切り替え可能に、しきい値温度未満で固定され、しきい値温度以上で自由である第 1 磁化 (2 1 0) を有する第 1 強磁性層 (2 1) を備える M T J (2) を備え、

前記磁気センサ (1 0) は、電磁放射 (7 0) によって照射されるようになっているプ

50

ラズモニック構造(5)をさらに備え、

前記ラズモニック構造(5)は、金属構造(51)の空間的に周期的なラズモニックアレイ(50)を備え、

前記ラズモニックアレイ(50)の周期及び前記金属構造(51)の横方向寸法(d)は、前記電磁放射(70)の所与の波()に対して前記ラズモニック構造(5)のラズモン共鳴を得るように調整され、ここにおいて、

前記ラズモニックアレイ(50)が、ラズモン共鳴による前記電磁放射(70)の増強された吸収から、前記第1強磁性層(21)を前記しきい値温度以上に加熱するように前記磁気センサ(10)内に配置されている、

複数の磁気抵抗素子(1)を備える磁気センサ(10)において、

前記磁気センサ(10)は、複数のセンサ支部(40)のアレイを備え、各センサ支部が複数の磁気抵抗素子(1)を備えていることと、

前記ラズモニック構造(5)は、複数のラズモニック副アレイ(52)を備え、各ラズモニック副アレイ(52)は、金属構造(51)の周期的アレイを備えて前記センサ支部(40)と交互に配置されていることと

を特徴とする、磁気センサ。

[観点2]

前記ラズモニックアレイ(50)の前記周期及び前記金属構造(51)の前記横方向寸法(d)は、前記電磁放射(70)の所与の波()に対して前記ラズモニック構造(5)のラズモン共鳴を得るように調整されている、観点1に記載の磁気センサ。

[観点3]

前記MTJ(2)は、前記磁気センサ(10)のフロントエンド回路(80)と上面(28)との間にあって、かつ

前記ラズモニック構造(5)は、前記上面(28)と前記フロントエンド回路(80)との間に設けられている

観点1又は2に記載の磁気センサ。

[観点4]

前記磁気抵抗素子(1)は、前記MTJ(2)と前記上面(28)との間に上部金属接続層(MCT)を備えて、かつ

前記ラズモニック構造(5)は、前記上部金属接続層(MCT)の平面内に設けられている、観点3に記載の磁気センサ。

[観点5]

前記磁気抵抗素子(1)は、前記MTJ(2)と前記フロントエンド回路(80)との間に下部金属接続層(MCB)を備え、

前記ラズモニック構造(5)は、前記下部金属接続層(MCB)の平面内に設けられている、観点3に記載の磁気センサ。

[観点6]

前記ラズモニック構造(5)は、誘電体層(27)に埋め込まれていて、

前記ラズモニックアレイ(50)の周期と前記金属構造(51)の横方向寸法(d)とは、前記電磁放射(70)の波長()と前記誘電体層(27)の屈折率との所与の比に対して、前記ラズモニック構造(5)のラズモン共鳴が得られるように調整されている、観点1から5のいずれか一つに記載の磁気センサ。

[観点7]

前記ラズモニック構造(5)は、少なくとも、第1ラズモニック副アレイ(52a)と、前記電磁放射(70)の偏波又は波長()に関して前記第1ラズモニック副アレイ(52a)とは異なる共鳴応答を有する第2ラズモニック副アレイ(52b)とを備える、観点1から6のいずれか一つに記載の磁気センサ。

[観点8]

前記ラズモニック構造(5)は、前記電磁放射(70)の吸収を調整するように構成された補助ラズモニック構造(53)をさらに備える、観点1から7のいずれか一つに

10

20

30

40

50

記載の磁気センサ。

[観点 9]

前記補助プラズモニック構造 (5 3) は、金属構造の空間的に周期的な配置又は連続的な金属層を備える、観点 8 に記載の磁気センサ。

[観点 1 0]

前記補助プラズモニック構造 (5 3) 及び前記プラズモニックアレイ (5 0) は、前記磁気抵抗素子 (1) と前記上面 (2 8) との間にある観点 3、8、9 のいずれか一つに記載の磁気センサ。

[観点 1 1]

観点 1 から 1 0 のいずれか一つに記載の磁気センサと、

前記磁気センサ (1 0) の照射領域 (7 1) を照射し、前記プラズモニック構造 (5) のプラズモン共鳴を生成するように適合された波長 () を有する電磁放射 (7 0) を放出するように構成された電磁放射放出装置 (7) とを備える、システム。

[観点 1 2]

照射領域 (7 1) は、少なくとも 1 つの磁気抵抗素子 (1) を取り囲んでいる、観点 1 1 に記載のシステム。

[観点 1 3]

前記電磁放射放出装置 (7) は、集束された電磁放射 (7 0) を前記磁気センサ (1 0) の前記照射領域 (7 1) に向けるレーザ放出装置を備える、観点 1 1 又は 1 2 に記載のシステム。

[観点 1 4]

前記電磁放射放出装置 (7) は、前記照射領域 (7 1) によって取り囲まれた前記 1 つ又は複数の磁気抵抗素子 (1) を選択的に加熱するように、前記磁気センサ (1 0) の前記表面 (2 8) 上で移動可能である、観点 1 1 から 1 3 のいずれか一つに記載のシステム。

[観点 1 5]

前記プラズモニック構造 (5) は、少なくとも、第 1 プラズモニック副アレイ (5 2 a) と、前記電磁放射 (7 0) の偏波又は波長 () に関して前記第 1 プラズモニック副アレイ (5 2 a) とは異なる共鳴応答を有する第 2 プラズモニック副アレイ (5 2 b) とを備え、かつ

前記電磁放射 (7 0) の、前記波長と前記偏波との少なくとも一方は、前記第 1 プラズモニック副アレイ又は第 2 プラズモニック副アレイ (5 2 a、5 2 b) のうちの 1 つの共鳴条件に対応するように調整可能である、観点 1 1 から 1 4 のいずれか一つに記載のシステム。

[観点 1 6]

前記プラズモニックアレイ (5 0) は、2 つの隣り合う金属構造 (5 1) 間の距離 (L) が実質的に等しい二次元格子を備え、前記プラズモニックアレイ (5 0) は、正方格子、矩形格子、六方格子、又は菱形格子のうちのいずれか 1 つを備える、観点 1 から 1 5 のいずれか一つに記載のシステム。

【符号の説明】

【 0 0 6 3 】

- 1 磁気抵抗効果素子
- 1 0 M R A M ベースのセンサ
- 2 磁気トンネル接合
- 2 1 参照層
- 2 1 0 参照磁化
- 2 2 トンネル障壁層
- 2 3 センス層
- 2 3 0 センス磁化
- 2 4 ピン止め層
- 2 7 誘電体層

10

20

30

40

50

- 2 8 上面
- 3 第 1 電流線
- 4 第 2 電流線
- 4 0 センサ支部
- 5 プラズモニック構造
- 5 0 プラズモニックアレイ
- 5 1 金属構造
- 5 2 プラズモニック副アレイ
- 5 3 補助プラズモニック構造
- 7 電磁放射線放出装置
- 7 0 電磁放射
- 7 1 照射領域
- 8 0 フロントエンド回路
- 波長
- d 横寸法
- L 距離
- M C B 底部金属接続層、フィールド線
- M C T 上部金属接続層
- V M 金属ビア
- W_p プラズモン下部構造の幅
- W_s センサ支部の幅

10

20

【 図 面 】

【 図 1 】

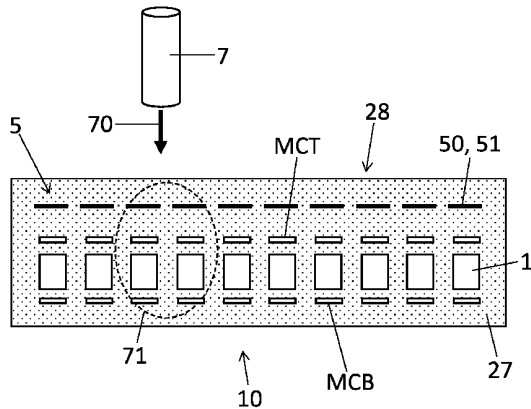


Fig. 1

【 図 2 】

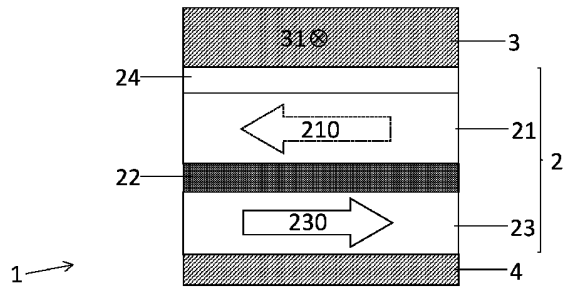


Fig. 2

30

40

50

【 図 3 】

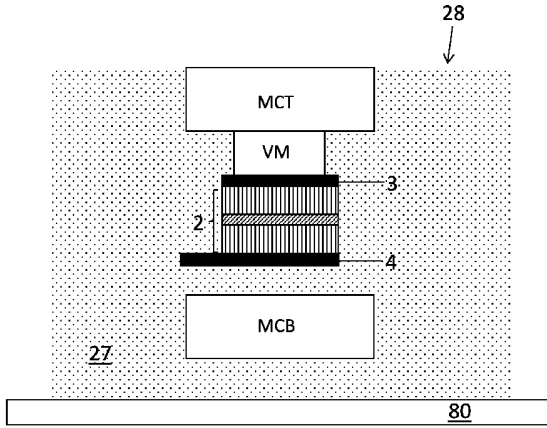
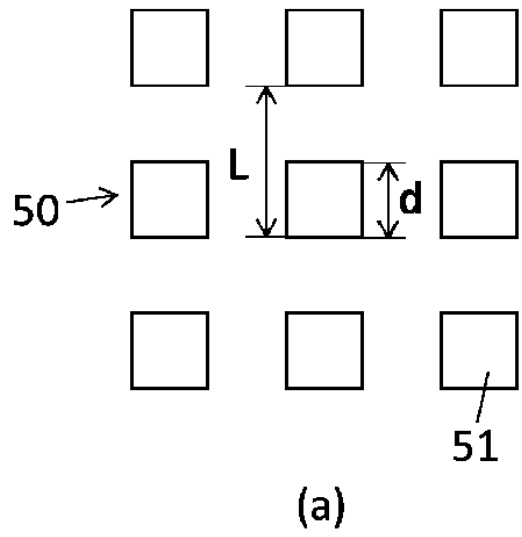


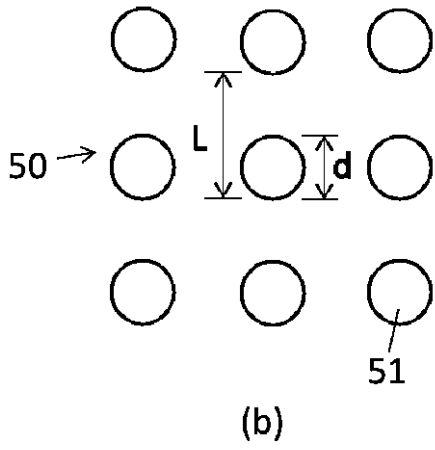
Fig. 3

【 図 4 (a) 】



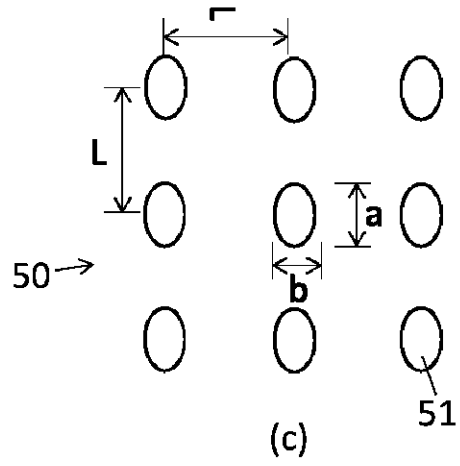
10

【 図 4 (b) 】



(b)

【 図 4 (c) 】



(c)

20

30

40

50

【 図 5 】

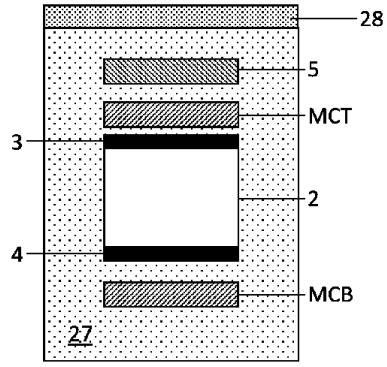


Fig. 5

【 図 6 】

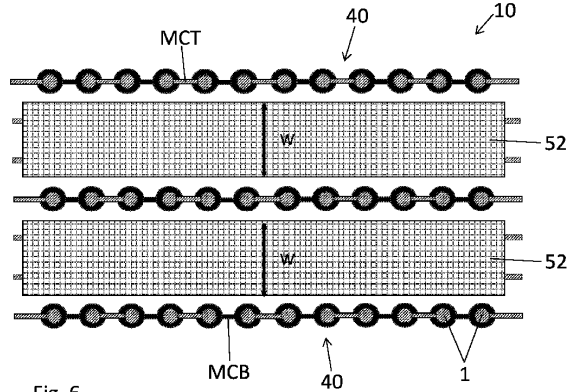


Fig. 6

【 図 7 】

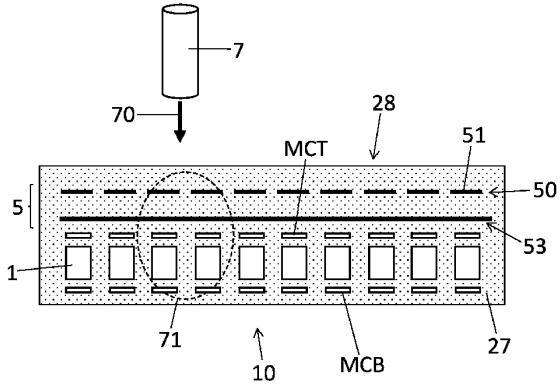


Fig. 7

【 図 8 】

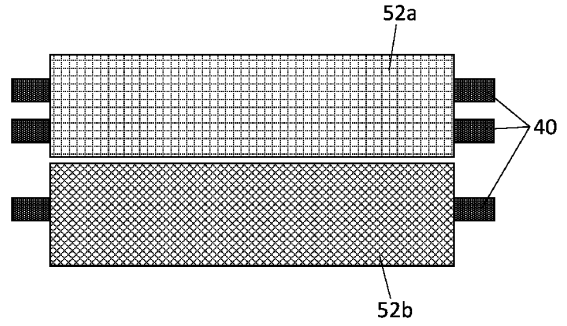


Fig. 8

10

20

30

40

50

フロントページの続き

弁理士 鈴木 友子

(72)発明者 ティモフィーエフ・アンドレイ

フランス共和国、38450 ヴィフ、アヴニユ・ジェネラル・ド・ゴール、19

(72)発明者 ストレルコフ・ニキータ

フランス共和国、38240 メラン、リュ・デ・エギユイナル、82

(72)発明者 チルドレス・ジェフリー

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 95123、サンノゼ、ヴィレッジ・オークス・ドライブ、
5700

審査官 小山 満

(56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0111133(US, A1)

米国特許出願公開第2015/0132503(US, A1)

米国特許出願公開第2019/0066719(US, A1)

特表2013-525746(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H10N 50/10

H10N 50/01

H10N 50/80

G01R 33/09