

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6214323号
(P6214323)

(45) 発行日 平成29年10月18日 (2017.10.18)

(24) 登録日 平成29年9月29日 (2017.9.29)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 N 21/95 (2006.01)	GO 1 N 21/95 A
GO 1 B 11/30 (2006.01)	GO 1 B 11/30 A

請求項の数 17 外国語出願 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2013-215729 (P2013-215729)	(73) 特許権者	500373758
(22) 出願日	平成25年10月16日 (2013.10.16)		シーゲイト テクノロジー エルエルシー
(65) 公開番号	特開2014-81379 (P2014-81379A)		Seagate Technology
(43) 公開日	平成26年5月8日 (2014.5.8)		LLC
審査請求日	平成28年5月30日 (2016.5.30)		アメリカ合衆国、95014 カリフォル
(31) 優先権主張番号	61/714, 546		ニア州、クパチーノ、サウス・デ・アンザ
(32) 優先日	平成24年10月16日 (2012.10.16)		・ブールバード、10200
(33) 優先権主張国	米国 (US)		10200 South De Anza
(31) 優先権主張番号	14/032, 186		Blvd Cupertino CA
(32) 優先日	平成25年9月19日 (2013.9.19)		95014 United States
(33) 優先権主張国	米国 (US)		of America
		(74) 代理人	110001195
			特許業務法人深見特許事務所

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 異質な表面特徴と固有の表面特徴とを区別するための装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物品の表面上に光子の第1の組および光子の第2の組を順次放出するように構成された光子エミッタと、

光子検出器アレイと、

第1の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第1の組に対応する光子検出器アレイ信号、および、第2の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第2の組に対応する光子検出器アレイ信号を処理するように構成された処理手段とを備え、

散乱された前記光子の第1の組は、散乱された前記光子の第2の組とは異なり、

前記処理手段はさらに、前記物品の異質な表面特徴と前記物品の固有の表面特徴とを区別するように構成され、

前記第1の焦点面は前記物品の表面と一致しており、

前記第2の焦点面は前記第1の焦点面の上方の高さ z のところにあり、

前記高さ z は、前記物品の前記固有の表面特徴についての間隔の関数、前記光子の第2の組についての波長の関数、または、前記物品の前記固有の表面特徴についての間隔および前記光子の第2の組についての波長の両方の関数である、装置。

【請求項 2】

前記光子検出器アレイに結合されたテレセントリックレンズをさらに備え、

前記テレセントリックレンズは、前記物品の表面特徴から散乱される前記光子の第1の

10

20

組の焦点を前記第 1 の焦点面に合わせ、前記物品の表面特徴から散乱される前記光子の第 2 の組の焦点を前記第 2 の焦点面に合わせるように構成される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 1 の組に対応する前記光子検出器アレイ信号は、前記物品の前記異質な表面特徴および前記物品の前記固有の表面特徴の両方についての位置情報を提供し、

前記第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 2 の組に対応する前記光子検出器アレイ信号は、前記物品の前記固有の表面特徴についての位置情報を提供する、請求項 1 または 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記物品の前記異質な表面特徴と前記物品の前記固有の表面特徴とを区別することは、前記物品の前記異質な表面特徴についての位置情報を判断するために、前記第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 1 の組に対応する前記光子検出器アレイ信号を、前記第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 2 の組に対応する前記光子検出器アレイ信号と対比することを含む、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 5】

前記第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 1 の組に対応する前記光子検出器アレイ信号、および、前記第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 2 の組に対応する前記光子検出器アレイ信号を処理することは、第 1 の表面特徴マップおよび第 2 の表面特徴マップをそれぞれ生成することを含む、請求項 1 または 2 に記載の装置。

【請求項 6】

前記第 1 の表面特徴マップは、前記物品の前記異質な表面特徴および前記物品の前記固有の表面特徴の両方についての位置情報を提供し、

前記第 2 の表面特徴マップは、前記物品の前記固有の表面特徴についての位置情報を提供し、

前記物品の前記異質な表面特徴と前記物品の前記固有の表面特徴とを区別することは、前記物品の前記異質な表面特徴についての位置情報を判断するために前記第 1 の表面特徴マップを前記第 2 の表面特徴マップと対比することを含む、請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記処理手段は、前記物品の前記異質な表面特徴と前記物品の前記固有の表面特徴とを区別するように動作可能な 1 つ以上のコンピュータまたは等価の装置を備え、

前記物品の前記異質な表面特徴は汚染物質および / または欠陥を含み、

前記物品の前記固有の表面特徴はビットパターンメディアの磁気アイランドを含む、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 8】

物品の表面上に光子の第 1 の組および光子の第 2 の組を順次放出するように構成された光子エミッタと、

光子検出器アレイと、

v 第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 1 の組に対応する光子検出器アレイ信号、および、第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 2 の組に対応する光子検出器アレイ信号を処理するように構成された処理手段とを備え、

散乱された前記光子の第 1 の組は、散乱された前記光子の第 2 の組とは異なり、

前記処理手段はさらに、前記物品の異質な表面特徴と前記物品の固有の表面特徴とを区別するように構成され、

前記処理手段は、前記物品の前記異質な表面特徴と前記物品の前記固有の表面特徴とを区別するように動作可能な 1 つ以上のコンピュータまたは等価の装置を備え、

前記物品の前記異質な表面特徴は汚染物質および / または欠陥を含み、

10

20

30

40

50

前記物品の前記固有の表面特徴はビットパターンメディアの磁気アイランドを含む、装置。

【請求項 9】

物品の表面上に光子の第 1 の組および光子の第 2 の組を順次放出するように構成された光子エミッタと、

レンズと光子検出器アレイとの組合せと、

第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 1 の組に対応する光子検出器アレイ信号、および、第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 2 の組に対応する光子検出器アレイ信号を処理するように構成された処理手段とを備え、

前記第 1 の焦点面は、前記第 2 の焦点面とは異なり、

前記処理手段はさらに、前記物品の異質な表面特徴と前記物品の固有の表面特徴とを区別するように構成され、

前記第 1 の焦点面は前記物品の表面と一致しており、

前記第 2 の焦点面は前記第 1 の焦点面の上方の高さ z のところにあり、

前記高さ z は、前記物品の前記固有の表面特徴についての間隔の関数、前記光子の第 2 の組についての波長の関数、または、前記物品の前記固有の表面特徴についての間隔および前記光子の第 2 の組についての波長の両方の関数である、装置。

【請求項 10】

前記処理手段は、前記物品の前記異質な表面特徴と前記物品の前記固有の表面特徴とを区別するように動作可能な 1 つ以上のコンピュータまたは等価の装置を備え、

前記物品の前記異質な表面特徴は汚染物質および / または欠陥を含み、

前記物品の前記固有の表面特徴はビットパターンメディアの磁気アイランドを含む、請求項 9 に記載の装置。

【請求項 11】

物品の表面上に光子の第 1 の組および光子の第 2 の組を順次放出するように構成された光子エミッタと、

レンズと光子検出器アレイとの組合せと、

第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 1 の組に対応する光子検出器アレイ信号、および、第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 2 の組に対応する光子検出器アレイ信号を処理するように構成された処理手段とを備え、

前記第 1 の焦点面は、前記第 2 の焦点面とは異なり、

前記処理手段はさらに、前記物品の異質な表面特徴と前記物品の固有の表面特徴とを区別するように構成され、

前記処理手段は、前記物品の前記異質な表面特徴と前記物品の前記固有の表面特徴とを区別するように動作可能な 1 つ以上のコンピュータまたは等価の装置を備え、

前記物品の前記異質な表面特徴は汚染物質および / または欠陥を含み、

前記物品の前記固有の表面特徴はビットパターンメディアの磁気アイランドを含む、装置。

【請求項 12】

光子検出器アレイと、

第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、物品の表面特徴から散乱された光子の第 1 の組に対応する光子検出器アレイ信号、および、第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、物品の表面特徴から散乱された光子の第 2 の組に対応する光子検出器アレイ信号を処理するように構成された処理手段とを備え、

前記光子の第 1 の組は、前記光子の第 2 の組とは異なり、

前記第 1 の焦点面は、前記第 2 の焦点面とは異なり、

前記処理手段はさらに、前記物品の異質な表面特徴と前記物品の固有の表面特徴とを区別するように構成され、

前記第 1 の焦点面は前記物品の表面と一致しており、
前記第 2 の焦点面は前記第 1 の焦点面の上方の高さ z のところにあり、
前記高さ z は、前記物品の前記固有の表面特徴についての間隔の関数、前記光子の第 2
の組についての波長の関数、または、前記物品の前記固有の表面特徴についての間隔およ
び前記光子の第 2 の組についての波長の両方の関数である、装置。

【請求項 1 3】

前記光子検出器アレイに結合されたテレセントリックレンズをさらに備え、
前記テレセントリックレンズは、前記物品の表面特徴から散乱される前記光子の第 1 の組の焦点を前記第 1 の焦点面に合わせ、前記物品の表面特徴から散乱される前記光子の第 2 の組の焦点を前記第 2 の焦点面に合わせるように構成される、請求項 1 2 に記載の装置

10

【請求項 1 4】

前記第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 1 の組に対応する前記光子検出器アレイ信号、および、前記第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、前記物品の表面特徴から散乱された前記光子の第 2 の組に対応する前記光子検出器アレイ信号を処理することは、第 1 の表面特徴マップおよび第 2 の表面特徴マップをそれぞれ生成することを含む、請求項 1 2 または 1 3 に記載の装置。

【請求項 1 5】

前記第 1 の表面特徴マップは、前記物品の前記異質な表面特徴および前記物品の前記固有の表面特徴の両方についての位置情報を提供し、

20

前記第 2 の表面特徴マップは、前記物品の前記固有の表面特徴についての位置情報を提供し、

前記物品の前記異質な表面特徴と前記物品の前記固有の表面特徴とを区別することは、前記物品の前記異質な表面特徴についての位置情報を判断するために前記第 1 の表面特徴マップを前記第 2 の表面特徴マップと対比することを含む、請求項 1 4 に記載の装置。

【請求項 1 6】

前記処理手段は、前記物品の前記異質な表面特徴と前記物品の前記固有の表面特徴とを区別するように動作可能な 1 つ以上のコンピュータまたは等価の装置を備え、

前記物品の前記異質な表面特徴は汚染物質および / または欠陥を含み、

前記物品の前記固有の表面特徴はビットパターンメディアの磁気アイランドを含む、請求項 1 2 から 1 5 のいずれか 1 項に記載の装置。

30

【請求項 1 7】

光子検出器アレイと、

第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、物品の表面特徴から散乱された光子の第 1 の組に対応する光子検出器アレイ信号、および、第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、物品の表面特徴から散乱された光子の第 2 の組に対応する光子検出器アレイ信号を処理するように構成された処理手段とを備え、

前記光子の第 1 の組は、前記光子の第 2 の組とは異なり、

前記第 1 の焦点面は、前記第 2 の焦点面とは異なり、

前記処理手段はさらに、前記物品の異質な表面特徴と前記物品の固有の表面特徴とを区別するように構成され、

40

前記処理手段は、前記物品の前記異質な表面特徴と前記物品の前記固有の表面特徴とを区別するように動作可能な 1 つ以上のコンピュータまたは等価の装置を備え、

前記物品の前記異質な表面特徴は汚染物質および / または欠陥を含み、

前記物品の前記固有の表面特徴はビットパターンメディアの磁気アイランドを含む、装置。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

相互参照

50

本願は、2012年10月16日に出願された米国仮特許出願番号第61/714,546号の利益を主張する。

【0002】

背景

生産ライン上で作製された物品は、当該物品または当該物品を含むシステムの性能を劣化させる恐れがある欠陥を含む特定の特徴がないかどうか検査され得る。例えば、ハードディスクドライブのハードディスクは、生産ライン上で作製され、ディスクまたはハードディスクドライブの性能を劣化させる恐れがある表面欠陥および表面下欠陥を含む特定の表面特徴がないかどうか検査され得る。したがって、欠陥などの特徴がないかどうか物品を検査するために装置および方法が用いられてもよい。

10

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

概要

本明細書においては、光子検出器アレイと、第1の焦点面に焦点が合わせられ、物品の表面特徴から散乱された光子の第1の組に対応する光子検出器アレイ信号、および、第2の焦点面に焦点が合わせられ、物品の表面特徴から散乱された光子の第2の組に対応する光子検出器アレイ信号を処理するように構成された処理手段とを含む装置が提供され、当該処理手段はさらに、当該物品の異質な表面特徴と当該物品の固有の表面特徴とを区別するように構成される。

20

【0004】

本明細書に提示されているこれらのおよび他の特徴および概念の局面は、以下の図面、説明および添付の特許請求の範囲を参照することによりよりよく理解できる。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1A】実施例に係る物品の表面特徴の検出を示す概略図である。

【図1B】実施例に係る物品の表面特徴の検出を示す概略図である。

【図2】実施例に係る物品の表面特徴から散乱する光子を示す概略図である。

【図3】実施例に係る異質な表面特徴と固有の表面特徴とを区別するための概略図である。

30

【図4】実施例に係る物品の表面特徴から光学部品を通して光子検出器アレイ上に散乱する光子を示す概略図である。

【図5】実施例に係る物品の表面特徴マップの画像を示す図である。

【図6】図4に示された表面特徴マップのクローズアップ画像を示す図である。

【図7A】上の図は、図6に示された表面特徴マップからの表面特徴のクローズアップ画像を示し、下の図は、表面特徴の光子散乱強度分布を示す。

【図7B】上の図は、図7Aからの表面特徴の画素補間画像を示し、下の図は、表面特徴の画素補間光子散乱強度分布を示す。

【図8A】異質な表面特徴と固有の表面特徴とを有する物品についての表面特徴マップのクローズアップ画像を示す図であって、当該表面特徴マップは、実施例に係る異質な表面特徴および固有の表面特徴を両方とも示す。

40

【図8B】異質な表面特徴と固有の表面特徴とを有する物品についての表面特徴マップのクローズアップ画像を示す図であって、当該表面特徴マップは、実施例に係る異質な表面特徴を示す。

【発明を実施するための形態】

【0006】

説明

いくつかの特定の実施例についてより詳細に説明する前に、本明細書に記載および/または示されている特定の実施例は、このような特定の実施例における要素がさまざまであってもよいので、本明細書に提示されている概念を限定するものではない、ということ

50

当業者は理解すべきである。同様に、本明細書に記載および／または示されている特定の実施例は、当該特定の実施例から容易に切離すことができ、かつ、任意にいくつかの他の実施例のいずれかと組合せるか、または、本明細書に記載されているいくつかの他の実施例のいずれかの中の要素の代用となることができる要素を有することも理解すべきである。

【 0 0 0 7 】

また、本明細書で使用されている用語はいくつかの特定の実施例を説明することを目的としており、当該用語は本明細書に提示されている概念を限定するものではない、ということも当業者は理解すべきである。別段の指示がない限り、要素またはステップの群の中で異なる要素またはステップを区別または識別するために序数（例えば、第 1 の、第 2 の、第 3 の、など）が使用されるが、当該序数は連続的または数値的な限定を行なうものではない。例えば、実施例の「第 1 の」、「第 2 の」および「第 3 の」要素またはステップは必ずしもその順序で現れる必要はなく、実施例は必ずしも 3 つの要素またはステップに限定される必要はない。また、別段の指示がない限り、「左」、「右」、「前」、「後ろ」、「頂部」、「底部」、「順方向」、「逆方向」、「時計回り」、「反時計回り」、「上に」、「下に」などのいかなる表示も、または、「上部」、「下部」、「後部」、「前部」、「垂直」、「水平」、「近位」、「遠位」などの他の類似の用語も、便宜上使用されており、例えばいかなる特定の固定された場所、向きまたは方向も暗示するよう意図したものではない、ということも理解すべきである。それよりむしろ、このような表示は、例えば相対的な場所、向きまたは方向を反映するために使用されている。また、単数形「a」、「an」および「the」は、文脈上そうでないとする明確な指示がない限り、複数形の指示対象を含む、ということも理解すべきである。

【 0 0 0 8 】

別段の規定がない限り、本明細書で使用されている全ての技術用語および科学用語は、当業者によって一般に理解される意味と同じ意味を有する。

【 0 0 0 9 】

生産ライン上で作製された物品は、当該物品または当該物品を含むシステムの性能を劣化させる恐れがある欠陥を含む特定の特征がないかどうか検査され得る。例えば、ハードディスクドライブのハードディスクは、生産ライン上で作製され、ディスクまたはハードディスクドライブの性能を劣化させる恐れがある表面欠陥および表面下欠陥を含む特定の表面特征がないかどうか検査され得る。本明細書においては、表面欠陥および／または表面下欠陥と物品の固有の表面特徴（例えば、ビットパターンメディア（bit-patterned media: 「BPM」）の磁気アイランド）とを区別することを含む、このような表面欠陥および／または表面下欠陥（物品の「異質な表面特徴」）などの特定の表面特徴を検出および／またはマッピングする目的で物品を検査するための装置および方法が提供される。ここで、本発明の実施例についてより詳細に説明する。

【 0 0 1 0 】

本明細書における装置および方法を用いて検査できる物品に関して、このような物品は、1 つ以上の表面を有する任意の製造段階の任意の製造品またはその被加工物を含み、これらの例としては、半導体ウェハ、磁気記録媒体（例えば、BPM などのハードディスクドライブのハードディスク）および任意の製造段階におけるそれらの被加工物があるが、それらに限定されるものではない。このような物品は、微粒子および染み汚れならびに傷および空隙を含む、物品の性能を劣化される恐れがある表面欠陥および／または表面下欠陥を含む特定の表面特征がないかどうか検査され得る。失敗の根本的原因の分析の際の重要なステップである上記の特徴の特徴付けのために、通常はさまざまな分析装置上で多数の分析を行なう必要があり、当該分析としては、例えば原子間力顕微鏡法（atomic force microscopy: 「AFM」）、走査電子顕微鏡法（scanning electron microscopy: 「SEM」）／エネルギー分散 X 線（Energy Dispersive X-Ray: 「EDX」）およびラマン分光法のうちの 1 つ以上を用いた光学的分析およびその後の分析がある。さまざまな分析装置上での多数の分析および各分析に必要な時間は、非常に時間のかかるものである可能

性があり、失敗の根本的原因の分析の際のスループットを制限する。物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴とを区別することを含む、特定の表面特徴を検出および／またはマッピングする目的で物品を検査するための、本明細書において提供される装置および方法は、さまざまな分析装置の数および各分析に必要な時間を減少させ、失敗の根本的原因の分析のスループットを増加させる。

【0011】

図1Aおよび図1Bは、ともに、物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴（例えば、BPMの磁気アイランド）とを区別することを含む、物品の表面特徴を検出および／またはマッピングするための概略図である。したがって、図1Aおよび図1Bは、光子エミッタ110と、任意の光学的特徴付け装置115と、光学機構120と、光子検出器アレイ130と、コンピュータまたは等価の装置140とを備える装置100と、物品150と、例えば物品150の表面の一对の微分表面特徴マップ160Aおよび160B / 160B'とを示す。光子検出器アレイ130は、（元々は光子エミッタ110から放出され）物品の表面特徴から散乱された光子の第1の組（例えば、表面特徴マップ160A）を受けするように構成されてもよく、同一の光子検出器アレイ130または異なる光子検出器アレイが、（元々は光子エミッタ110から放出され）物品の表面特徴から散乱された光子の第2の組（例えば、表面特徴マップ160B / 160B'）をその後受けするように構成されてもよい。物品の表面特徴から散乱された光子の第1の組を受けするように構成された光子検出器アレイ130に関して、光子検出器アレイ130は、レンズ（例えば、テレセントリックレンズ）を備える光学機構120と組合わさって、第1の焦点面に焦点が合わせられ、物品の異質な表面特徴および物品の固有の表面特徴の両方の情報を提供し、当該情報は、物品の異質な表面特徴および物品の固有の表面特徴を両方とも含む表面特徴マップ160Aを生成するために使用され得る。物品の表面特徴から散乱された光子の第2の組を受けように構成された光子検出器アレイに関して、当該光子検出器アレイは、レンズを備える光学機構120と組合わさって、第2の焦点面に焦点が合わせられ、物品の固有の表面特徴についての情報を提供し、当該情報は、物品の固有の表面特徴を含む表面特徴マップ160Bを生成するために使用され得る。代替的には、物品の表面特徴から散乱された光子の第2の組を受けように構成された光子検出器アレイに関して、当該光子検出器アレイは、フィルタ（例えば、コヒーレンスフィルタまたは周期アレイ同調フィルタ）を備える光学機構120と組合わさって、第1の焦点面に焦点を合わせたままの状態、物品の異質な表面特徴についての情報を提供し、当該情報は、物品の異質な表面特徴を含む表面特徴マップ160B'を生成するために使用され得る。

【0012】

微分表面特徴マップ160Aおよび160B / 160B'ならびに任意のさらなる表面特徴マップ（例えば、160C / 160C'、160D / 160D'...160n / 160n'（添え字nはn番目の表面特徴マップを示す））またはこのような表面特徴マップを生成するのに十分な情報は、物品の表面特徴を検出するため、および／または、物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴とを区別するために使用されてもよい。例えば、物品の異質な表面特徴および物品の固有の表面特徴を両方とも含む表面特徴マップ160A（または表面特徴マップ160Aを生成するのに十分な情報）は、表面特徴マップ160A内の物品の異質な表面特徴と表面特徴マップ160Aおよび表面特徴マップ160Bの両方のマップに存在する物品の固有の表面特徴とを区別するために、物品の固有の表面特徴を含む表面特徴マップ160B（または表面特徴マップ160Bを生成するのに十分な情報）と対比されてもよい。別の例においては、物品の異質な表面特徴および物品の固有の表面特徴を両方とも含む表面特徴マップ160A（または表面特徴マップ160Aを生成するのに十分な情報）は、表面特徴マップ160A内の物品の固有の表面特徴と表面特徴マップ160Aおよび表面特徴マップ160B'の両方のマップに存在する物品の異質な表面特徴とを区別するために、物品の異質な表面特徴を含む表面特徴マップ160B'（または表面特徴マップ160B'を生成するのに十分な情報）と対比されてもよい。本発明のさらなる実施例はより詳細に本明細書に記載されている特徴によって実現されて

10

20

30

40

50

もよいので、装置および方法は図 1 A および図 1 B における実施例に限定されるものではない。

【 0 0 1 3 】

装置は、単一の光子エミッタ（例えば、図 1 A および図 1 B の光子エミッタ 1 1 0 を参照）または複数の光子エミッタを備えていてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、少なくとも 1 個、2 個、3 個、4 個、5 個、6 個、7 個、8 個、9 個または 1 0 個の光子エミッタを備えていてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、わずか 1 0 個、9 個、8 個、7 個、6 個、5 個、4 個、3 個、2 個または 1 個の光子エミッタを備えていてもよい。装置の光子エミッタの数について記載するために上記の組合せも使用してもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、少なくとも 2 個の光子エミッタであってわずか 1 0 個の光子エミッタ（例えば、2 個 ~ 1 0 個の光子エミッタ）を備えていてもよく、少なくとも 2 個の光子エミッタであってわずか 6 個の光子エミッタ（例えば、2 個 ~ 6 個の光子エミッタ）、少なくとも 2 個の光子エミッタであってわずか 4 個の光子エミッタ（例えば、2 個 ~ 4 個の光子エミッタ）などである。（例えば、必要に応じて区分的な検査のための物品の漸次的な回転のために）物品の表面全体または物品の表面の予め定められた部分などの物品の表面上に光子を放出するために、単一の光子エミッタが使用されてもよい。物品の表面全体または物品の表面の予め定められた部分などの物品の表面上に、さまざまな時におよび / または同時に、集合的に光子を放出するために、複数の光子エミッタの各光子エミッタが使用されてもよい。さらに、複数の光子エミッタに関して、複数の光子エミッタの各光子エミッタは、同一のものであってもよく、異なってもよく、またはそれらのいくつかの組合せであっててもよい（例えば、少なくとも 2 個の光子エミッタが同一のものであり、残りの光子エミッタが異なっている；少なくとも 4 個の光子エミッタが同一のものであり、残りの光子エミッタが異なっている、など）。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は少なくとも 2 個の異なる光子エミッタを備えていてもよく、当該 2 個の異なる光子エミッタは各々、物品の表面全体または物品の表面の予め定められた部分などの物品の表面上に光子を放出するように別々に構成される。

【 0 0 1 4 】

当該装置が単一の光子エミッタを備えていようと、複数の光子エミッタを備えていようと、各光子エミッタは、本明細書により詳細に記載されている 1 つ以上のタイプの特徴に合わせて最適化された距離および / または角度で物品の表面上に光子を放出してもよい。1 つ以上のタイプの特徴に合わせて最適化された角度は視射角と等しくてもよく、当該視射角は入射角の余角であり、当該入射角は、物品の表面に入射する、放出された光子を含む光線と、当該光線が入射する地点における法線（すなわち、物品の表面に垂直な線）との間の角度である。視射角は、物品の表面に入射する、放出された光子を含む光線と、当該光線が入射する地点における表面との間の最小角と呼ぶこともできる。

【 0 0 1 5 】

図 2 は、表面 1 5 2 と視射角を成す、物品 1 5 0 の表面 1 5 2 に入射する、放出された光子を含むいくつかの光線を示す。図 2 はさらに、入射角と等しい反射角を表面の法線と成す、反射された光子を含むいくつかの光線を示す。また、図 2 はさらに、物品 1 5 0 の表面 1 5 2 上の特徴 1 5 4 からの散乱光子であって、さまざまな散乱角を成す散乱光子を含むいくつかの光線を示す。光子エミッタは、 0° ~ 90° の視射角で光子を放出してもよく、 0° の視射角は、光子エミッタが物品の側面から物品の表面上に光子を放出することを表わし、 90° の視射角は、光子エミッタが物品の真上から物品の表面上に光子を放出することを表わす。いくつかの実施例においては、例えば、光子エミッタは、視射角が少なくとも 0° 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 、 35° 、 40° 、 45° 、 50° 、 55° 、 60° 、 65° 、 70° 、 75° 、 80° 、 85° または 90° であるように物品の表面上に光子を放出してもよい。いくつかの実施例においては、例えば、光子エミッタは、視射角がわずか 90° 、 85° 、 80° 、 75° 、 70° 、 65° 、 60° 、 55° 、 50° 、 45° 、 40° 、 35° 、 30° 、 25° 、 20° 、 15°

、 10° 、 5° または 0° であるように物品の表面上に光子を放出してもよい。光子エミッタが物品の表面上に光子を放出し得る視射角について記載するために上記の組合せも使用してもよい。いくつかの実施例においては、例えば、光子エミッタは、視射角が少なくとも 0° であってわずか 90° （すなわち、 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ）であるように物品の表面上に光子を放出してもよく、少なくとも 0° であってわずか 45° （すなわち、 $0^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ）、少なくとも 45° であってわずか 90° （すなわち、 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ）などである。

【0016】

光子エミッタは、（必要に応じて区分的な検査のための物品の漸次的な回転のために）表面全体または表面の予め定められた部分などの物品の表面上に光子を放出してもよい。さらに、光子エミッタは、表面全体または表面の予め定められた部分が均一または均質に照らされるように物品の表面全体または表面の予め定められた部分上に光子を放出してもよい。物品の表面全体または表面の予め定められた部分を均一に照らすこととしては、物品の表面全体または物品の表面の予め定められた部分に単位時間当たり同一のもしくはほぼ同一の光子エネルギー（例えば、光子パワーもしくは光子束）および／または単位面積当たり同一のもしくはほぼ同一の光子パワー（例えば、光子束密度）をかけることがあるが、それに限定されない。放射測定の見点から、均一に照らすこととしては、物品の表面全体または物品の表面の予め定められた部分に単位時間当たり同一のもしくはほぼ同一の放射エネルギー（例えば、放射パワーもしくは放射束）および／または単位面積当たり同一のもしくはほぼ同一の放射パワー（例えば、放射照度または放射束密度）をかけることがあるが、それに限定されない。

【0017】

光子が電磁放射線または光の素粒子であることから、光子エミッタまたは光源は、比較的幅広い範囲の波長（例えば、全スペクトル、広域スペクトル、紫外可視光、可視光、赤外線など）、比較的狭い範囲の波長（例えば、UVA、UVB、UVCなどの紫外線の下位分類；赤色、緑色、青色などの可視光の下位分類；近赤外線、中赤外線などの赤外線の下位分類）、または特定の波長（例えば、単色）を含む光、比較的幅広い範囲の周波数（例えば、全スペクトル、広域スペクトル、紫外可視光、可視光、赤外線など）、比較的狭い範囲の周波数（例えば、UVA、UVB、UVCなどの紫外線の下位分類；赤色、緑色、青色などの可視光の下位分類；近赤外線、中赤外線などの赤外線の下位分類）、または特定の周波数（例えば、単色）を含む光、偏光（例えば、直線偏光、円偏光など）光、部分偏光光もしくは非偏光光、および／または、コヒーレント光（例えば、レーザー）から非コヒーレント光までのさまざまな程度の時間的および／または空間的コヒーレンスを有する光を提供してもよい。上記の品質のうちのいずれかを有する光を提供するために、光子エミッタまたは光源は光学機構の1つ以上の光学部品とともに使用されてもよい。比較的幅広い範囲の波長もしくは周波数、比較的狭い範囲の波長もしくは周波数、または特定の波長もしくは周波数を含む光を提供するために、光子エミッタまたは光源とともに例えば波長フィルタが使用されてもよい。偏光光、部分偏光光または非偏光光を含む所望の偏光光を提供するために、光子エミッタまたは光源とともに例えば偏光フィルタも使用されてもよい。

【0018】

上記に鑑みて、光子エミッタまたは光源は、光子検出器アレイを用いて物品の表面特徴から散乱された光子を検出しながら振動を最小限に抑えるように構成された、高速フラッシュランプを含むフラッシュランプなどのランプを備えていてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、光子エミッタまたは光源は、光子検出器アレイを用いて物品の表面特徴から散乱された光子を検出しながら振動を最小限に抑えるために、500Wキセノンフラッシュランプなどの高速キセノンフラッシュランプを備えていてもよい。

【0019】

また、上記に鑑みて、光子エミッタまたは光源は、1つ以上の角度で物品の表面上に光子を放出するように構成された、レーザーの組合せを含むレーザーなどのコリメート光源を備えていてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、レーザーの組合せが、1つの角度

で物品の表面上に光子を放出するようにレーザビームシェーパに設けられてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、レーザの組合せが、複数の角度で物品の表面上に光子を放出するようにレーザビームシェーパに設けられてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、レーザの組合せが1つ以上の角度で物品の表面上に光子を放出するように、少なくとも2個、4個、6個、8個、10個、12個、14個、16個、18個、20個、22個、24個、26個、28個もしくは30個のレーザ、またはさらには30個を超えるレーザがレーザビームシェーパに設けられてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、レーザの組合せが1つ以上の角度で物品の表面上に光子を放出するように、わずか30個、28個、26個、24個、22個、20個、18個、16個、14個、12個、10個、8個、6個、4個または2個のレーザがレーザビームシェーパに設けられてもよい。レーザビームシェーパに設けられるレーザの組合せについて記載するために上記の組合せも使用してもよい。いくつかの実施例においては、例えば、レーザの組合せが1つ以上の角度で物品の表面上に光子を放出するように、少なくとも2個のレーザであってわずか30個のレーザ（例えば、2個～30個のレーザ）がレーザビームシェーパに設けられてもよく、少なくとも10個のレーザであってわずか30個のレーザ（例えば、10個～30個のレーザ）、少なくとも20個のレーザであってわずか30個のレーザ（例えば、20個～30個のレーザ）、さらに少なくとも24個のレーザであってわずか28個のレーザ（例えば、24個～28個のレーザ）などである。

10

【0020】

さらに、上記に鑑みて、光子エミッタまたは光源は、物品の表面上に光子を放出するように構成された点光源の線形の組合せまたはアレイ、弓形の組合せまたはアレイなどを含む点光源の組合せなどの二次元光源を備えていてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、二次元光源は、少なくとも10個、20個、40個、60個、80個、100個、110個、120個、140個、160個、180個もしくは200個の点光源、またはさらには200個を超える点光源の組合せを備えていてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、二次元光源は、わずか200個、180個、160個、140個、120個、100個、80個、60個、40個、20個または10個の点光源の組合せを備えていてもよい。点光源の組合せを備える二次元光源について記載するために上記の組合せも使用してもよい。いくつかの実施例においては、例えば、二次元光源は、少なくとも10個であってわずか200個（例えば、10個～200個）の点光源の組合せを備えていてもよく、少なくとも40個であってわずか160個（例えば、40個～160個）の点光源、少なくとも60個であってわずか140個（例えば、60個～140個）の点光源、さらに少なくとも80個であってわずか120個（例えば、80個～120個）の点光源などである。このような点光源は、ストリップライトなどの二次元光源を形成するように、線形に組合わせられることを含む、二次元アレイの行および列の形で組合わせられてもよい。このような点光源は、リングライトなどの二次元光源を形成するように弓形に組合わせられてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、光子エミッタまたは光源は、少なくとも60個の点光源を備えるリングライト、少なくとも60個の発光ダイオード（「LED」）を備えるリングライト、さらに少なくとも100個のLEDを備えるリングライトなど、少なくとも60個の点光源を備える二次元光源を備えていてもよい。LEDを備える二次元光源は白色LEDを備えていてもよく、各LEDは少なくとも10mWのパワーを有する。LEDベースのリングライトは、特に当該LEDベースのリングライトが低い角度（例えば、45°以下の視射角）で物品の表面上に光子を放出するように構成される場合に、物品の表面における傷（例えば、周方向の傷）および/または空隙などの特徴を強調することができる。

20

30

40

【0021】

当該装置はさらに光学機構（例えば、図1Aおよび図1Bの光学機構120を参照）を備えていてもよく、当該光学機構は、1つ以上の光子エミッタから放出された光子および/または物品の表面特徴から散乱された光子を操作してもよい。光子が電磁放射線または光の素粒子であることから、光学機構は、1つ以上の光子エミッタから放出された光およ

50

び／または物品の表面特徴から散乱された光を操作してもよい。光学機構は、物品の表面全体または物品の表面の予め定められた部分を均一または均質に照らす前に1つ以上の光子エミッタから放出された光子を光学部品を使用して操作できるように物品の手前の光路に配されたいくつかの光学部品のうちのいずれかを備えていてもよい。代替的にまたは加えて、光学機構は、物品の表面特徴から散乱された光子を光学部品を使用して操作できるように物品の後ろの光路に配されたいくつかの光学部品のうちのいずれかを備えていてもよい。物品の表面特徴から散乱された光子を操作するようにいくつかの光学部品のうちのいずれかが物品の後ろの光路に配される場合、当該光学部品はさらに、物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴とを区別するために使用されてもよい。物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴とを区別するために使用される光学部品はさらに、本明細書においては光学的区別装置と呼ぶことができる。光学的区別装置を含む上記の光学部品としては、レンズ、フィルタ、格子および鏡などの光学部品があり得るが、それらに限定されない。

10

【0022】

レンズなどの光学部品に関して、光学機構は単一のレンズまたは複数のレンズを備えていてもよく、当該単一のレンズまたは複数のレンズは、物品の表面特徴から散乱された光子を収集して検出するように構成された、光子検出器アレイに結合されたレンズの組合せ（例えば、レンズと光子検出器アレイとの組合せ）を含むが、それに限定されない。光子検出器アレイに結合されたレンズは入射瞳および射出瞳を有していてもよく、レンズ（例えば、光子検出器アレイに結合されたレンズに加えたレンズ）、フィルタ、格子および鏡などのさらなる光学部品は、物品の表面特徴から散乱された光子を操作するために、1つ以上の光学部品の任意の組合せの形で、光子検出器アレイに結合されたレンズの入射瞳にもしくは入射瞳付近に、光子検出器アレイに結合されたレンズの射出瞳にもしくは射出瞳付近に（すなわち、レンズの射出瞳と光子検出器アレイとの間に）、またはそれらのいくつかの組合せに配されてもよい。光子検出器アレイに結合されたレンズは、物体空間テレセントリックレンズ（すなわち、無限遠入射瞳）、画像空間テレセントリックレンズ（すなわち、無限遠射出瞳）または二重テレセントリックレンズ（すなわち、無限遠両瞳）を含むテレセントリックレンズなどの対物レンズであってもよい。テレセントリックレンズを光子検出器アレイに結合することにより、物品の表面特徴の位置に関するエラーが減少し、物品の表面特徴の歪みが減少し、物品の表面特徴から散乱された光子の定量分析が可能になり、当該定量分析は、物品の表面特徴のサイズを判定するための光子散乱強度分布の積分を含む。レンズと光子検出器アレイとの組合せが1つ以上の焦点面に微分的に焦点を合わせるように構成される場合、レンズと光子検出器アレイとの組合せは、図1Aおよび図1Bを参照して記載されるように物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴（例えば、BPMの磁気アイランド）とを区別するために使用されてもよい。

20

30

【0023】

図1Aおよび図1Bを参照して、物品の表面特徴から放出されて後に散乱され、その後、第1の焦点面に焦点を合わせたレンズと光子検出器アレイとの組合せによって収集されて検出され得る非コヒーレント光子の第1の組から表面特徴マップ160Aが生成されてもよく、物品の表面特徴から放出されて後に散乱され、その後、第2の焦点面に焦点を合わせたレンズと光子検出器アレイとの組合せによって収集されて検出され得るコヒーレント光子の第2の組から表面特徴マップ160Bが生成されてもよい。このような微分表面特徴マップ160Aおよび160B、またはこのような微分表面特徴マップ160Aおよび160Bを生成するのに十分な情報は、物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴（例えば、BPMの磁気アイランド）とを区別するために使用（例えば、対比）されてもよい。任意的に、微分表面特徴マップ160A（例えば、物品の異質な表面特徴および物品の固有の表面特徴）および160B（例えば、物品の固有の表面特徴）、または表面特徴マップ160Aおよび160Bを生成するのに十分な情報から、物品の異質な表面特徴の合成表面特徴マップが後に生成されてもよい。実際には、上記を行なうために、いくつかの微分表面特徴マップ（例えば、160A、160B、160C...160n（添え字

40

50

n は n 番目の焦点面における n 番目の表面特徴マップを示す)) またはこのような表面特徴マップを生成するのに十分な情報のうちのいずれかが使用されてもよい。

【 0 0 2 4 】

上記に鑑みて、レンズと光子検出器アレイとの組合せは、物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴 (例えば、BPM の磁気アイランド) とを区別するために 1 つ以上の焦点面に微分的に焦点を合わせるように構成されてもよい。レンズと光子検出器アレイとの組合せが図 3 の第 1 の焦点面などの第 1 の焦点面に焦点を合わせる場合には、異質な表面特徴 1 5 4 A および固有の表面特徴 1 5 4 B の両方の特徴から散乱された光子を収集して検出するためにレンズと光子検出器アレイとの組合せが使用されてもよい。異質な表面特徴 1 5 4 A および固有の表面特徴 1 5 4 B 上に放出された光子は、本明細書に記載されているように非コヒーレントであってもよく、第 1 の焦点面は、図 3 に示される物品の表面と一致していてもよい。レンズと光子検出器アレイとの組合せが図 3 の第 2 の焦点面などの第 2 の焦点面に焦点を合わせる場合には、固有の表面特徴 1 5 4 B から散乱された光子を収集して検出するためにレンズと光子検出器アレイとの組合せが使用されてもよい。異質な表面特徴 1 5 4 A および固有の表面特徴 1 5 4 B 上に放出された光子は、本明細書に記載されているようにコヒーレントであってもよく、第 2 の焦点面は、図 3 に示されるように、第 1 の焦点面の上方の高さ z のところまたは物品の表面の上方の高さ z のところであってもよい。高さ z は、物品の固有の表面特徴についての間隔の関数、物品の固有の表面特徴から放出されて後に弾性的に散乱された光子についての波長の関数、または、物品の固有の表面特徴についての間隔および物品の固有の表面特徴から放出されて後に弾性的に散乱された光子についての波長の両方の関数であってもよい。理論に束縛されるものではないが、BPM の周期磁気アイランドなどの固有の表面特徴から弾性的に散乱された光子は、入射光子 (例えば、1 つ以上の光子エミッタから放出された光子) のコヒーレンスを維持し、高さ z で建設的に干渉し、第 2 の焦点面において仮定の固有の特徴 1 5 4 C を検出できるようになる。異質な表面特徴 (例えば、異質な有機表面特徴または異質な無機表面特徴) は、このような光子が非弾性的に散乱された時には入射光子のコヒーレンスを維持することができない。

【 0 0 2 5 】

フィルタなどの光学部品に関して、光学機構は、波長フィルタ、バンドパスフィルタ、偏光フィルタ、コヒーレンスフィルタ、周期アレイ同調フィルタおよび位相フィルタを含むがそれらに限定されないフィルタまたは複数のフィルタを備えていてもよい。物品の表面特徴から散乱された光子を操作するためにこのようなフィルタのうちの 1 つ以上が物品の後ろの光路に配される場合、当該 1 つ以上のフィルタは物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴 (例えば、BPM の磁気アイランド) とを区別するために使用されてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、光学的区別フィルタなどの光学的区別装置が、光子検出器アレイに結合されたレンズ (例えば、テレセントリックレンズ) の入射瞳にまたは入射瞳付近に配されてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、光学的区別フィルタなどの光学的区別装置が、光子検出器アレイに結合されたレンズ (例えば、テレセントリックレンズ) の射出瞳にまたは射出瞳付近に配されてもよい。

【 0 0 2 6 】

図 1 A および図 1 B を参照して、物品の表面特徴から散乱された光子の第 1 の組から表面特徴マップ 1 6 0 A が生成されてもよく、物品の表面特徴から散乱されて、コヒーレンスフィルタまたは周期アレイ同調フィルタ (すなわち、BPM の磁気アイランドの周期性などの物品の固有の表面特徴の周期性に同調されるフィルタ) などの光学的区別フィルタによって後にフィルタリングされるなど、光学的区別装置 1 1 5 によって後に処理された光子の第 2 の組から表面特徴マップ 1 6 0 B ' が生成されてもよい。このような微分表面特徴マップ 1 6 0 A および 1 6 0 B '、またはこのような微分表面特徴マップ 1 6 0 A および 1 6 0 B ' を生成するのに十分な情報は、物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴 (例えば、BPM の磁気アイランド) とを区別するために使用 (例えば、対比) されてもよい。任意的に、微分表面特徴マップ 1 6 0 A (例えば、物品の異質な表面特徴お

び物品の固有の表面特徴)および160B'(例えば、コヒーレンスフィルタまたは周期アレイ同調フィルタなどの光学的区別フィルタを介した物品の異質な表面特徴)、または表面特徴マップ160Aおよび160B'を生成するのに十分な情報から、物品の異質な表面特徴の合成表面特徴マップが後に生成されてもよく、当該合成表面特徴マップはいかなるフィルタリング関連のアーチファクトも含んでいなくてもよい。実際には、上記を行なうために、いくつかの微分表面特徴マップ(例えば、160A、160B、160C...160n(添え字nはn番目の表面特徴マップを示す))またはこのような表面特徴マップを生成するのに十分な情報のうちのいずれかが使用されてもよい。

【0027】

上記に鑑みて、光子を非コヒーレントに散乱させることが知られている表面特徴(例えば、有機表面特徴などの異質な表面特徴)と、光子をコヒーレントに散乱させることが知られている表面特徴(例えば、BPMの磁気アイランドなどの固有の表面特徴)とを区別する目的で、コヒーレンスによって物品の表面特徴から散乱された光子をフィルタリングするために、1つ以上のコヒーレンスまたは周期アレイ同調フィルタが使用されてもよい。コヒーレンスフィルタまたは周期アレイ同調フィルタは、物品の光学的分析の第1の工程(例えば、非コヒーレント光子/光により図8Aの表面特徴マップ160Aを生成するのに使用)の間は光学機構になくてもよく、コヒーレンスフィルタまたは周期アレイ同調フィルタは、物品の光学的分析の第2の工程(例えば、非コヒーレントまたはコヒーレント光子/光により図8Bの表面特徴マップ160B'を生成するのに使用)の間は、コヒーレンスによって能動的にフィルタリングを行なうために、(例えば、光子検出器アレイに結合されたテレセントリックレンズの入射瞳もしくは射出瞳にまたは入射瞳もしくは射出瞳付近に配された)光学機構の一部であってもよい。物品の光学的分析のいかなるその後の工程(例えば、表面特徴マップ160C...160n(添え字nはn番目の表面特徴マップを示す))を生成するのに使用)の間にも、以前の工程からのコヒーレンスフィルタまたは周期アレイ同調フィルタは光学機構から取外されてもよく、異なるコヒーレンスフィルタまたは異なる周期アレイ同調フィルタが、(例えば、コヒーレンスによって能動的にフィルタリングを行なうために、光子検出器アレイに結合されたテレセントリックレンズの入射瞳もしくは射出瞳にまたは入射瞳もしくは射出瞳付近に配された)光学機構に後に挿入されてもよい。コヒーレンスによる能動的なフィルタリングによって物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴とを区別することに加えて、コヒーレンスによる能動的なフィルタリングはさらに、異質な有機表面特徴と異質な無機表面特徴とを含む異質な表面特徴同士を区別するために使用されてもよい。なぜなら、このような有機表面特徴は光子の非コヒーレントな散乱を示す一方、このような無機表面特徴は光子の非コヒーレントなまたはコヒーレントな散乱を示し得るためである。また、コヒーレンスによる能動的なフィルタリングはさらに、さまざまな異質な無機表面特徴同士を判断するために使用されてもよい。なぜなら、さまざまな異質な無機表面特徴はコヒーレンスに関して光子を微分散乱させ得るためである。

【0028】

物品の表面特徴から散乱された光子を検出するために、装置はさらに、複数の光子検出器を備える単一の光子検出器アレイ(例えば、図1Aおよび図1Bの光子検出器アレイ130を参照)または各々が複数の光子検出器を備える複数の光子検出器アレイを備えていてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該複数の光子検出器アレイは、少なくとも2個、3個、4個、5個、6個、7個、8個、9個または10個の光子検出器アレイを備えていてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該複数の光子検出器アレイは、わずか10個、9個、8個、7個、6個、5個、4個、3個または2個の光子検出器アレイを備えていてもよい。複数の光子検出器アレイについて記載するために上記の組合せも使用してもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該複数の光子検出器アレイは、少なくとも2個の光子検出器アレイであってわずか5個の光子検出器アレイ(例えば、2個~5個の光子検出器アレイ)など、少なくとも2個の光子検出器アレイであってわずか10個の光子検出器アレイ(例えば、2個~10個の光子検出器アレイ)を備

10

20

30

40

50

えていてもよい。さらに、複数の光子検出器アレイに関して、複数の光子検出器アレイの各光子検出器アレイは、同一のものであってもよく、または異なってもよく、またはそれらのいくつかの組合せであってもよい（例えば、少なくとも2個の光子検出器アレイが同一のものであり、残りの光子検出器アレイが異なっている；少なくとも3個の光子検出器アレイが同一のものであり、残りの光子検出器アレイが異なっている、など）。

【0029】

当該装置が単一の光子検出器アレイを備えていようと、複数の光子検出器アレイを備えていようと、各光子検出器アレイは、本明細書により詳細に記載されている1つ以上のタイプの特徴から散乱された光子を最適に受取る（例えば、最小限の背景雑音で光子を最大限に受取る）ために、物品の表面特徴から散乱された光子をある距離でおよび／またはある角度で検出するように向けられてもよい。同様に、レンズと光子検出器アレイとの組合せが、1つ以上のタイプの特徴から散乱された光子を最適に受取るために、物品の表面特徴から散乱された光子をある距離でおよび／またはある角度で収集して検出するように向けられてもよい。このような角度は、物品の表面まで延ばされたレンズおよび／または光子検出器アレイの中心線軸を備える光線と、当該光線を延ばした地点における法線（すなわち、物品の表面に垂直な線）との間の角度であってもよい。任意的に（例えば、微分表面特徴マップの）散乱光子のより大きな角度またはより小さな角度を受取るように可变的にサイズ決めされ得るアパーチャと組み合わせることにより、または任意的に最小限の背景雑音で散乱光子を最大限に受取るように任意にサイズ決めされ得るアパーチャと組み合わせることにより、当該角度は、それぞれ1つ以上のタイプの特徴から散乱され得る、それぞれが複数の散乱角を有する散乱光子を受取ることができるようになり得る。散乱角は、反射角とは異なってもよく、本明細書においては記載されているように反射角は入射角と等しい。図2は、物品150の表面152上の特徴154から散乱された光子を備えるいくつかの光線を示し、当該光線はさまざまな散乱角を示している。

【0030】

上記に鑑みて、光子検出器アレイまたはレンズと光子検出器アレイとの組合せは、 0° ～ 90° （ 0° と 90° とを含む）の角度で向けられてもよく、 0° の角度は、光子検出器アレイまたはレンズと光子検出器アレイとの組合せを物品の側に向けることを表わし、 90° の角度は、光子検出器アレイまたはレンズと光子検出器アレイとの組合せを物品の真上に向けることを表わす。いくつかの実施例においては、例えば、光子検出器アレイまたはレンズと光子検出器アレイとの組合せは、少なくとも 0° 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 、 35° 、 40° 、 45° 、 50° 、 55° 、 60° 、 65° 、 70° 、 75° 、 80° 、 85° または 90° の角度で向けられてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、光子検出器アレイまたはレンズと光子検出器アレイとの組合せは、わずか 90° 、 85° 、 80° 、 75° 、 70° 、 65° 、 60° 、 55° 、 50° 、 45° 、 40° 、 35° 、 30° 、 25° 、 20° 、 15° 、 10° または 5° または 0° の角度で向けられてもよい。光子検出器アレイまたはレンズと光子検出器アレイとの組合せが向けられ得る角度について記載するために上記の組合せも使用してもよい。いくつかの実施例においては、例えば、光子検出器アレイまたはレンズと光子検出器アレイとの組合せは、少なくとも 0° であってわずか 45° （すなわち、 0° ～ 45° ）または少なくとも 45° であってわずか 90° （すなわち、 45° ～ 90° ）など、少なくとも 0° であってわずか 90° （すなわち、 0° ～ 90° ）の角度で向けられてもよい。

【0031】

光子検出器アレイは、任意的にレンズ（例えば、テレセントリックレンズ）と組合わさって、物品の表面全体または物品の表面の予め定められた部分などの物品の表面特徴から散乱された光子を検出してもよい。光子検出器アレイは、任意的にレンズ（例えば、テレセントリックレンズ）と組合わさって、1つ以上のタイプの特徴から散乱された光子を最適に受取る（例えば、最小限の背景雑音で光子を最大限に受取る）ように、ある距離でおよび／またはある角度で向けられながら、物品の表面全体または物品の表面の予め定められた部分などの物品の表面特徴から散乱された光子を検出してもよい。本明細書に記載さ

れているように、1つ以上のタイプの特徴から散乱された光子を最適に受取るための当該角度により、それぞれ1つ以上のタイプの特徴から散乱され得る、それぞれが複数の散乱角を有する散乱光子を受取ることができるようになり得る。

【0032】

光子が電磁放射線または光の素粒子であることから、光子検出器アレイまたは光検出器は、比較的幅広い範囲の波長（例えば、全スペクトル、広域スペクトル、紫外可視光、可視光、赤外線など）、比較的狭い範囲の波長（例えば、UVA、UVB、UVCなどの紫外線の下位分類；赤色、緑色、青色などの可視光の下位分類；近赤外線、中赤外線などの赤外線の下位分類）、または特定の波長（例えば、単色）を含む光、比較的幅広い範囲の周波数（例えば、全スペクトル、広域スペクトル、紫外可視光、可視光、赤外線など）、比較的狭い範囲の周波数（例えば、UVA、UVB、UVCなどの紫外線の下位分類；赤色、緑色、青色などの可視光の下位分類；近赤外線、中赤外線などの赤外線の下位分類）、または特定の周波数（例えば、単色）を含む光、偏光（例えば、直線偏光、円偏光など）光、部分偏光光もしくは非偏光光、および/または、コヒーレント光（例えば、レーザー）から非コヒーレント光までのさまざまな程度の時間的および/または空間的コヒーレンスを有する光を検出してもよい。本明細書に記載されているように、上記の品質のうちのいずれかを有する光を検出するために、光子検出器アレイまたは光検出器は光学機構の1つ以上の光学部品とともに使用されてもよい。

【0033】

光子検出器アレイは複数の画素センサを備えていてもよく、当該画素センサの各々はさらに、増幅するように構成されたトランジスタを備える回路に結合された光子検出器（例えば、フォトダイオード）を備えていてもよい。このような画素センサを備える光子検出器アレイの特徴は、低温動作（例えば、 -40 まで）、低電子雑音（例えば、 $2 \sim 10 \text{ e}^- \text{ RMS}$ 、 $1 \text{ e}^- \text{ RMS}$ 、 $< 1 \text{ e}^- \text{ RMS}$ など）、広いダイナミックレンジ（例えば、 $30,000:1$ 、 $8,500:1$ 、 $3,000:1$ など）、および/または光子/光収集時間の減少を含むが、それらに限定されない。光子検出器アレイは、二次元アレイの行および列の形で配置された多数の画素センサ（例えば、 $1,000,000$ 個または 1 M 個の画素センサ）を備えていてもよく、各画素センサは、増幅器に結合された光子検出器を備える。いくつかの実施例においては、例えば、光子検出器アレイは、二次元アレイの行および列の形で配置された少なくとも 1 M 個、 2 M 個、 3 M 個、 4 M 個、 5 M 個、 6 M 個、 7 M 個、 8 M 個、 9 M 個、 10 M 個またはそれ以上の画素センサを備えていてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、光子検出器アレイは、二次元アレイの行および列の形で配置されたわずか 10 M 個、 9 M 個、 8 M 個、 7 M 個、 6 M 個、 5 M 個、 4 M 個、 3 M 個、 2 M 個または 1 M 個の画素センサを備えていてもよい。光子検出器アレイ内の画素センサの数について記載するために上記の組合せも使用してもよい。いくつかの実施例においては、例えば、光子検出器アレイは、少なくとも 1 M 個であってわずか 8 M 個（例えば、 1 M 個 $\sim 8 \text{ M}$ 個）の画素センサ、少なくとも 1 M 個であってわずか 6 M 個（例えば、 1 M 個 $\sim 8 \text{ M}$ 個）の画素センサ、さらに少なくとも 2 M 個であってわずか 6 M 個（例えば、 1 M 個 $\sim 8 \text{ M}$ 個）の画素センサ、またさらに少なくとも 2 M 個であってわずか 5 M 個（例えば、 2 M 個 $\sim 5 \text{ M}$ 個）の画素センサなどのように、二次元アレイの行および列の形で配置された少なくとも 1 M 個であってわずか 10 M 個（例えば、 1 M 個 $\sim 10 \text{ M}$ 個）の画素センサを備えていてもよい。

【0034】

物品の表面特徴の表面反射および/または小さな角度での散乱（例えば、 4° 散乱）のために、表面特徴は大きさがはるかに大きい状態で現れる可能性があり、表面特徴よりも大きな画素センサを使用できる。いくつかの実施例においては、例えば、光子検出器アレイは、最小寸法が少なくとも $1 \mu\text{m}$ 、 $2 \mu\text{m}$ 、 $3 \mu\text{m}$ 、 $4 \mu\text{m}$ 、 $5 \mu\text{m}$ 、 $6 \mu\text{m}$ 、 $7 \mu\text{m}$ 、 $8 \mu\text{m}$ 、 $9 \mu\text{m}$ または $10 \mu\text{m}$ のマイクロメートルサイズの（すなわち、測定した時に μm 単位で認識される）画素センサを備えていてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、光子検出器アレイは、最小寸法がわずか $10 \mu\text{m}$ 、 $9 \mu\text{m}$ 、 $8 \mu\text{m}$ 、 $7 \mu\text{m}$ 、 6

μm 、 $5\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ 、 $3\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ または $1\mu\text{m}$ のマイクロメートルサイズの画素センサを備えていてもよい。光子検出器アレイ内のマイクロメートルサイズの画素センサの寸法について記載するために上記の組合せも使用してもよい。いくつかの実施例においては、例えば、光子検出器アレイは、少なくとも $1\mu\text{m}$ であってわずか $7\mu\text{m}$ （例えば、 $1\mu\text{m} \sim 7\mu\text{m}$ ）、少なくとも $4\mu\text{m}$ であってわずか $10\mu\text{m}$ （例えば、 $4\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ ）、さらに少なくとも $4\mu\text{m}$ であってわずか $7\mu\text{m}$ （例えば、 $4\mu\text{m} \sim 7\mu\text{m}$ ）などのように、最小寸法が少なくとも $1\mu\text{m}$ であってわずか $10\mu\text{m}$ （例えば、 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ ）のマイクロメートルサイズの画素センサを備えていてもよい。このようなマイクロメートルサイズの画素センサは、マイクロメートルサイズの画素センサよりも100倍以上小さな物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴とを区別することを含む、物品の表面特徴を検出および/またはマッピングするための装置において使用されてもよい。

10

【0035】

上記に鑑みて、単一の光子検出器アレイまたは複数の光子検出器アレイは各々、相補型金属酸化膜半導体（complementary metal-oxide semiconductor：「CMOS」）または科学的な相補型金属酸化膜半導体（scientific complementary metal-oxide semiconductor：「sCMOS」）を備えていてもよく、それらの各々は、それぞれ、任意的にCMOSカメラまたはsCMOSカメラの一部であってもよい。代替的に、単一の光子検出器アレイまたは複数の光子検出器アレイは各々、電荷結合素子（charge-coupled device：「CCD」）を備えていてもよく、任意的にCCDカメラの一部であってもよい。CCDベースの光子検出器アレイはCMOSベースまたはsCMOSベースの光子検出器アレイよりも記録速度が遅い可能性があるが、電子雑音および/または画像ノイズを少なくしなければならぬ用途では、CCDベースの光子検出器アレイが望ましいであろう。低光条件を有する特定の用途では、電子増倍CCD（electron-multiplying CCD：「EMCCD」）を含むCCDベースの光子検出器アレイも望ましいであろう。さらに、各タイプの技術を利用することから恩恵を受ける用途では複数の光子検出器アレイがいくつかのCMOS/sCMOSベースの光子検出器アレイおよびCCDベースの光子検出器アレイのうちのいずれかの組合せを備えていてもよいので、複数の光子検出器アレイはCMOS/sCMOSベースの光子検出器アレイまたはCCDベースの光子検出器アレイの組合せに限定されない。いくつかの実施例においては、例えば、CMOS/sCMOSベースの光子検出器アレイにとって十分な光を有する特定の用途で物品の表面特徴から散乱された光子を検出するためにCMOS/sCMOSベースの光子検出器アレイが使用されてもよいのに対して、CMOS/sCMOSベースの光子検出器アレイにとっては小さすぎる光を有する特定の用途で物品の表面特徴から散乱された光子を検出するためにCCD/EMCCDベースの光子検出器アレイが使用されてもよい。

20

30

【0036】

図4は、物品の表面特徴の検出のための概略図であり、光学機構と光子検出器アレイとを備える装置のクローズアップ断面図を示す。示されているように、物品150は、表面152と、少なくとも表面特徴154とを備える。光子は、表面特徴154によって散乱させられて、光子検出器アレイ130に結合された光学機構120を備える組合せによって収集されて検出されてもよく、当該組合せは、1つ以上のタイプの特徴から散乱された光子を最適に受取る（例えば、最小限の背景雑音で光子を最大限に受取る）ように、ある距離でおよび/またはある角度で配されてもよい。光学機構120は、テレセントリックレンズを備えていてもよいが、表面特徴154から散乱された光子を光子検出器アレイ130の1つ以上の画素センサ132上に集めて当該光子の焦点を合わせてもよく、当該1つ以上の画素センサは各々、増幅器に結合された光子検出器（例えば、CMOS/sCMOSベースの光子検出器アレイ、EMCCDベースの光子検出器アレイなど）を備えていてもよい。各々が物品の表面の特定の固定された領域および物品の表面特徴のマッピング内の画素に対応する1つ以上の画素センサ132は、例えば図7Aに示されるように表面特徴154の位置をマッピングまたは判断するためにコンピュータまたは等価の装置に1つ以上の信号を与えてもよい。図7Aは、図6に示される表面特徴のマッピングのクローズアップ

40

50

画像であり、さらに図 6 は、図 5 に示される表面特徴のマップのクローズアップ画像である。当該コンピュータまたは等価の装置は、図 7 B に示されるように表面特徴 154 をさらにマッピングするために画素補間を後に使用してもよい。

【0037】

物品のタイプ、表面特徴のタイプ（例えば、粒子、染み、傷、空隙など）などを含み得る要因によっては、物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴（例えば、BPM の磁気アイランド）とを区別することを含む物品の表面特徴を検出および／またはマッピングすることを目的としてより多くの光子を検出するために、単一の光子検出器アレイまたは複数の光子検出器アレイの検出時間を増やすことが時には望ましいであろう。いくつかの実施例においては、例えば、より多くの光子を検出するために、単一の光子検出器アレイまたは複数の光子検出器アレイの検出時間を増やしてもよい。このような実施例においては、より多くの光子をさらに検出するために、電子増倍 EMCCD を含む CCD ベースの光子検出器アレイが使用されてもよい。代替的にまたは加えて、物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴とを区別することを含む物品の表面特徴を検出および／またはマッピングすることを目的として、単一の光子エミッタまたは複数の光子エミッタから放出される光子の数（例えば、光子エネルギー）を増加させて散乱光子を増加させることが望ましいであろう。このような光子エネルギーの増加は、光子パワーまたは光子束の増大では単位時間に対してのものであってもよく、または光子束密度の増大では単位面積に対してのものであってもよい。光子エネルギーまたは検出時間を増加させることのうちの 1 つもしくは両方の代わりに、または、光子エネルギーおよび検出時間を増加させるに加えて、1 つ以上の光子エミッタからの迷光、背景光および／または背景蛍光放射線を含む背景雑音を最小限に抑えることが時には望ましいであろう。

【0038】

当該装置はさらに、サーバ、ワークステーション、デスクトップコンピュータ、ネットトップ、ラップトップ、ネットブック、ならびにタブレットおよびスマートフォンなどのモバイル装置を含むがそれらに限定されない 1 つ以上のコンピュータまたは等価の装置（例えば、一次および／または二次メモリと、算術演算および論理演算を行なうように動作可能な 1 つ以上の処理要素とを含む装置）を備えていてもよく、当該コンピュータまたは等価の装置は、特定用途向け集積回路（application-specific integrated circuit: 「ASIC」）、フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ（field-programmable gate array: 「FPGA」）などを含んでいてもよい。当該コンピュータまたは等価の装置は、命令のためのコンピュータ読取可能記憶媒体を含んでいてもよく、限定されないが、当該命令は、検査のために装置に各物品を搬送する動作；区分的な検査のための物品の漸次的な回転を任意的に含む、検査のために各物品を位置決めする動作；検査のために各物品の位置を保持または維持する動作；例えば機械式アクチュエータを用いて光学機構に光学部品を挿入する動作；検査のために光学部品を位置決めする動作；検査のために光学部品（例えば、焦点レンズ）を調整するおよび／または光学部品（例えば、圧電ベースの波長フィルタ、圧電ベースの偏光フィルタなど）を同調させる動作；光学機構から光学部品を取外す動作；各々の光子エミッタを検査位置（当該検査位置は、1 つ以上のタイプの特徴に合わせて最適化された光子エミッタと物品との距離および／または角度（例えば、視射角）を含んでいてもよい）に移動させる動作；各々の光子エミッタをオンとオフとの間で切替える、または光子を放出するモードと光子を放出しないモードとの間で切替える動作；各々の光子検出器アレイを検査位置（当該検査位置は、1 つ以上のタイプの特徴に合わせて最適化された光子検出器アレイと物品との距離および／または角度（例えば、散乱角）を含んでいてもよい）に移動させる動作；各々の光子検出器アレイをオンとオフとの間で切替える、または光子を検出するモードと光子を検出しないモードとの間で切替える動作；光子放出 光子検出スキームに従って各々の光子エミッタを各々の光子検出器と同期させる動作；表面特徴の位置に対する優れた精度（例えば、画素サイズよりも 10 倍優れている）での画素補間を任意的に含む、散乱光子からの光子検出器アレイ信号を処理する動作；光子検出器アレイ信号または処理された光子検出器アレイ信号（例えば、光子散

乱強度分布)から物品の表面特徴の位置をマッピングまたは判断する動作;物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴とを区別することを含む、物品の表面特徴を定量的および/または定性的に特徴付ける動作;物品の表面特徴を分類する動作;物品の表面特徴に関する傾向を判断する動作を装置が行なえるようにする。

【0039】

当該装置は、物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴(例えば、BPMの磁気アイランド)とを区別することを含む、物品の表面特徴を検出および/またはマッピングするように構成されてもよく、当該表面特徴は最小寸法(例えば、表面特徴によって、長さ、幅、高さまたは深さ)がナノメートルサイズ(すなわち、測定した時にnm単位で認識される)以下であり、当該表面特徴は装置の光子エミッタから放出された光子の波長よりも小さくてもよい。しかし、当該装置は、ナノメートルサイズ以下の物品の表面特徴に限定されるものではない。なぜなら、当該装置は、マイクロメートルサイズ(すなわち、測定した時にμm単位で認識される)以上の物品の異質な表面特徴と物品の固有の表面特徴とを区別することを含む、物品の表面特徴を検出および/またはマッピングするように構成されてもよいためである。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、最小寸法が500nm、250nm、200nm、150nm、125nm、110nm、100nm、90nm、80nm、70nm、60nm、50nm、40nm、30nm、20nm、10nmもしくは1nm(10)よりも小さいか、または、最小寸法が9、8、7、6、5、4、3、2または1よりも小さな物品の表面特徴のようさら

10

20

【0040】

当該装置は、最小寸法(例えば、長さ、幅または高さ)がナノメートルサイズ(すなわち、測定した時にnm単位で認識される)以下の粒子汚染物質を備える表面欠陥および/または表面下欠陥を含む物品の異質な表面特徴を検出および/またはマッピングするように構成されてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、最小寸法が100nmよりも小さい、80nmよりも小さい、さらに10nmよりも小さいなどのような、125nmよりも小さな表面粒子および/または表面下粒子を検出および/またはマッピングするように構成されてもよい。高さが10nmのレベルまでの表面粒子および/または表面下粒子を検出および/またはマッピングすることは、ハードディスクドライブのハードディスクにとっては重要である。なぜなら、(例えば、表面からの)高さが10nmよりも大きな粒子は、ハードディスクドライブのハードディスクと読取書込ヘッドとの間の間隔を損なう恐れがあるためである。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、高さが4nmほどのまたは4nmよりも小さな表面粒子および/または表面下粒子を検出および/またはマッピングするように構成されてもよい。

30

40

【0041】

当該装置は、最小寸法(例えば、長さ、幅または深さ)がナノメートルサイズ(すなわち、測定した時にnm単位で認識される)以下、オングストロームサイズ(すなわち、測定した時にÅ単位で認識される)以下など、マイクロメートルサイズ(すなわち、測定した時にμm単位で認識される)以下の傷(例えば、周方向の傷)を備える表面欠陥および/または表面下欠陥を含む物品の異質な表面特徴を検出および/またはマッピングするように構成されてもよい。マイクロメートルサイズの傷に関して、当該装置は、装置の光子エミッタから放出された光子の波長よりも大幅に長い可能性がある、長さが例えば1μm~1000μmの傷を検出および/またはマッピングするように構成されてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、傷の長さが500μmよりも小さい、2

50

50 μm よりも小さい、さらに100 μm よりも小さい、またさらに50 μm よりも小さいなどのように、1000 μm よりも小さな傷を検出および／またはマッピングするように構成されてもよい。ナノメートルサイズの傷に関して、当該装置は、傷の幅が例えば1 nm～500 nmの傷を検出および／またはマッピングするように構成されてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、傷の幅が250 nmよりも小さい、100 nmよりも小さい、さらに50 nmよりも小さい、またさらに15 nmよりも小さいなどのように、500 nmよりも小さな傷を検出および／またはマッピングするように構成されてもよい。驚くべきことに、高いレベルの空間的コヒーレンスのために、当該装置は、傷の深さに関してオングストロームサイズの傷を検出および／またはマッピングするように構成されてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、傷の深さが25 μm よりも小さい、10 μm よりも小さい、さらに5 μm よりも小さい、またさらに1 μm よりも小さい（例えば、0.5 μm ）などのように、50 μm よりも小さな傷を検出および／またはマッピングするように構成されてもよい。例えば、当該装置は、長さが500 μm よりも小さく、幅が100 nmよりも小さく、深さが50 μm よりも小さな傷を検出および／またはマッピングするように構成されてもよい。

10

【0042】

当該装置は、物品の表面上の特徴（例えば、図7A（上）および図7B（上））の位置を正確におよび／または精密にマッピングまたは判断するように動作可能であってもよい。精度に関して、当該装置は、マイクロメートルサイズ（測定した時に μm 単位で認識される）以上の半径内の物品の表面上の特徴の位置をマッピングまたは判断するように動作可能であってもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、100 μm 、90 μm 、80 μm 、70 μm 、60 μm 、50 μm 、40 μm 、30 μm 、20 μm 、10 μm 、9 μm 、8 μm 、7 μm 、6 μm 、5 μm 、4 μm 、3 μm 、2 μm または1 μm 以上の半径内の物品の表面上の特徴の位置を正確にマッピングまたは判断するように動作可能であってもよい。当該装置が物品の表面上の特徴の位置をマッピングまたは判断し得る精度について記載するために上記の組合せも使用してもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、1 μm ～50 μm 、1 μm ～30 μm 、さらに5 μm ～10 μm などのように、1 μm ～100 μm の半径内の物品の表面上の特徴の位置を正確にマッピングまたは判断するように動作可能であってもよい。

20

【0043】

物品の表面上の特徴の位置を正確におよび／または精密にマッピングまたは判断することに加えて、当該装置は、物品の表面上の特徴の光子散乱強度分布（例えば、図7A（下）および図7B（下））を正確におよび／または精密に判断するように動作可能であってもよい。このような光子散乱強度分布は、物品の表面特徴を定量的および定性的に特徴付けるために使用されてもよい。

30

【0044】

物品の表面特徴の定量的な特徴付けに関して、光子散乱強度分布の数学的積分により、物品の表面特徴の大きさ（例えば、体積）が得られる。物品の表面特徴の定量的な特徴付けはさらに、本明細書に記載されているような物品上での表面特徴位置の判定を含んでもよい。また、定量的な特徴付けはさらに、物品当たりの表面特徴の総数、または物品当たりの単位面積当たりの表面特徴の数、および物品上の各タイプの表面特徴の数を含んでもよい。このような特徴が物品の性能を劣化させる恐れがある表面欠陥および／または表面下欠陥を含む場合、このような特徴付け情報は、複数の物品にわたって分類されて、製造上の傾向を修正するために使用されてもよい。

40

【0045】

物品の表面特徴の定性的な特徴付けに関して、定性的な特徴付けは、物品の表面特徴のタイプ（例えば、粒子、染み、傷、空隙など）の判定を含んでもよく、当該判定は、光子散乱強度分布の分析であるがそれに限定されない方法によって行われてもよい。定性的な特徴付けはさらに、例えばさまざまな程度の時間的および／または空間的コヒーレンスで非コヒーレントにまたはコヒーレントに光子を散乱させることに基づいて異質な表面

50

特徴と固有の表面特徴とを区別することを含んでいてもよい。1つ以上の焦点面に微分的に焦点を合わせることもまたは1つ以上の光学的区別装置を使用することは、情報、情報の一部をもたらしてもよく、または図1Aおよび図1Bの微分表面特徴マップ160Aおよび160B/160B'などの本明細書に記載されている微分マップを生成するように組み入れられてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、物品の1つ以上の表面特徴の定性的な特徴付けは、第1の焦点面からの光子散乱情報を第2の焦点面からの光子散乱情報と対比すること、または、第1の焦点面からの光子散乱情報から生成された表面特徴マップを第2の焦点面からの光子散乱情報から生成された表面特徴マップと対比することを備えていてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、物品の1つ以上の表面特徴の定性的な特徴付けは、光学的区別装置（例えば、光学的区別フィルタ）が事実上無い状態での光子散乱情報を1つ以上の光学的区別装置を使用した光子散乱情報と対比すること、または、光学的区別装置が事実上無い状態で生成された第1の表面特徴マップを1つ以上の光学的区別装置を用いて生成された第2の表面特徴マップ（または、複数の表面特徴マップ）と対比することを備えていてもよい。このような特徴が物品の性能を劣化させる恐れがある表面欠陥および/または表面下欠陥を含む場合、このような定性的特徴付け情報は、定量的特徴付け情報とともに、複数の物品にわたって分類されて、製造上の傾向を修正するために使用されてもよい。

【0046】

本明細書に記載されている装置は、物品またはその被加工物を生成する速度よりも速い速度または対応した速度で物品を処理または検査するように構成されてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、物品またはその被加工物を生成する速度に対応し得る毎秒少なくとも1個、2個、3個、4個、5個、6個、7個、8個、9個、10個、12個、14個、16個、18個または20個の物品の速度で物品を処理または検査するように構成されてもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、物品またはその被加工物を生成する速度に対応し得る毎秒わずか20個、18個、16個、14個、12個、10個、9個、8個、7個、6個、5個、4個、3個、2個または1個の物品の速度で物品を処理または検査するように構成されてもよい。当該装置によって物品またはその被加工物を処理または検査する速度について記載するために上記の組合せも使用してもよい。いくつかの実施例においては、例えば、当該装置は、毎秒少なくとも1個であってわずか10個の物品（例えば、毎秒1個～10個の物品）、毎秒少なくとも1個であってわずか5個の物品（例えば、毎秒1個～5個の物品）などのような、毎秒少なくとも1個であってわずか20個の物品（例えば、毎秒1個～20個の物品）を処理または検査するように構成されてもよい。物品またはその被加工物を生成する速度よりも速い速度または対応した速度での物品の処理または検査は、本明細書に記載されている装置の多くの特徴の機能であり、限定されないが、光子エミッタおよび/または処理もしくは検査中に（例えば、走査のために）移動させる必要がない物品を含む。例えば、ハードディスクドライブのハードディスクなどの物品は、処理または検査中に回転させる必要がない。したがって、当該装置は、物品の表面上に光子を放出しながら物品を静止状態に保持するように構成されてもよい。

【0047】

本明細書に記載されている装置は、完全に自動化されて、超高速モード、超高感度モードおよび超高感度プラスモードを含むがそれらに限定されないさまざまなモードで機能してもよい。超高速モードに関して、当該装置は、他の光学表面分析器（例えば、KLA Tencor Candel a CS10またはCS20）よりも少なくとも200倍速く動作し、少なくとも100nmまでの粒子を含む欠陥などの表面特徴を検出し、傷（例えば、ナノメートルサイズの傷）を含む欠陥などの表面特徴を部分的に検出し、粗さの測定値を提供し得る。超高感度モードに関して、当該装置は、他の光学表面分析器よりも少なくとも50倍速く動作し、少なくとも30nmまでの粒子を含む欠陥などの表面特徴を検出し、粗さの測定値を提供し得る。超高感度プラスモードに関して、当該装置は、他の光学表面分析器よりも少なくとも20倍速く動作し、少なくとも30nmまでの粒子を含

む欠陥などの表面特徴を検出し、傷（例えば、ナノスクラッチ）を含む欠陥などの表面特徴を完全に検出し、粗さの測定値を提供し得る。

【 0 0 4 8 】

したがって、本明細書においては、物品の表面上に光子の第 1 の組および光子の第 2 の組を順次放出するように構成された光子エミッタと、光子検出器アレイと、第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、当該物品の表面特徴から散乱された当該光子の第 1 の組に対応する光子検出器アレイ信号、および、第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、当該物品の表面特徴から散乱された当該光子の第 2 の組に対応する光子検出器アレイ信号を処理するように構成された処理手段とを備える装置が提供され、当該処理手段はさらに、当該物品の異質な表面特徴と当該物品の固有の表面特徴とを区別するように構成される。いくつかの実施例においては、当該装置は、当該光子検出器アレイに結合されたテレセントリックレンズをさらに備え、当該テレセントリックレンズは、当該物品の表面特徴から散乱される当該光子の第 1 の組の焦点を当該第 1 の焦点面に合わせ、当該物品の表面特徴から散乱される当該光子の第 2 の組の焦点を当該第 2 の焦点面に合わせるように構成される。いくつかの実施例においては、当該第 1 の焦点面は当該物品の表面と一致しており、当該第 2 の焦点面は当該第 1 の焦点面の上方の高さ z のところにある。いくつかの実施例においては、当該高さ z は、当該物品の固有の表面特徴についての間隔の関数、当該光子の第 2 の組についての波長の関数、または、当該物品の固有の表面特徴についての間隔および当該光子の第 2 の組についての波長の両方の関数である。いくつかの実施例においては、当該第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、当該物品の表面特徴から散乱された当該光子の第 1 の組に対応する当該光子検出器アレイ信号は、当該物品の異質な表面特徴および当該物品の固有の表面特徴の両方についての位置情報を提供し、当該第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、当該物品の表面特徴から散乱された当該光子の第 2 の組に対応する当該光子検出器アレイ信号は、当該物品の固有の表面特徴についての位置情報を提供する。いくつかの実施例においては、当該物品の異質な表面特徴と当該物品の固有の表面特徴とを区別することは、当該物品の異質な表面特徴についての位置情報を判断するために、当該第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、当該物品の表面特徴から散乱された当該光子の第 1 の組に対応する当該光子検出器アレイ信号を、当該第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、当該物品の表面特徴から散乱された当該光子の第 2 の組に対応する当該光子検出器アレイ信号と対比することを含む。いくつかの実施例においては、当該第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、当該物品の表面特徴から散乱された当該光子の第 1 の組に対応する当該光子検出器アレイ信号、および、当該第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、当該物品の表面特徴から散乱された当該光子の第 2 の組に対応する当該光子検出器アレイ信号を処理することは、第 1 の表面特徴マップおよび第 2 の表面特徴マップをそれぞれ生成することを含む。いくつかの実施例においては、当該第 1 の表面特徴マップは、当該物品の異質な表面特徴および当該物品の固有の表面特徴の両方についての位置情報を提供し、当該第 2 の表面特徴マップは、当該物品の固有の表面特徴についての位置情報を提供し、当該物品の異質な表面特徴と当該物品の固有の表面特徴とを区別することは、当該物品の異質な表面特徴についての位置情報を判断するために当該第 1 の表面特徴マップを当該第 2 の表面特徴マップと対比することを含む。いくつかの実施例においては、当該処理手段は、当該物品の異質な表面特徴と当該物品の固有の表面特徴とを区別するように動作可能な 1 つ以上のコンピュータまたは等価の装置を備え、当該物品の異質な表面特徴は汚染物質および/または欠陥を含み、当該物品の固有の表面特徴はビットパターンメディアの磁気アイランドを含む。

【 0 0 4 9 】

また、本明細書においては、物品の表面上に光子の第 1 の組および光子の第 2 の組を順次放出するように構成された光子エミッタと、レンズと光子検出器アレイとの組合せと、第 1 の焦点面に焦点が合わせられ、当該物品の表面特徴から散乱された当該光子の第 1 の組に対応する光子検出器アレイ信号、および、第 2 の焦点面に焦点が合わせられ、当該物品の表面特徴から散乱された当該光子の第 2 の組に対応する光子検出器アレイ信号を処理するように構成された処理手段とを備える装置が提供され、当該処理手段はさらに、当該

物品の異質な表面特徴と当該物品の固有の表面特徴とを区別するように構成される。いくつかの実施例においては、当該第1の焦点面は当該物品の表面と一致しており、当該第2の焦点面は当該第1の焦点面の上方の高さ z のところにある。いくつかの実施例においては、当該高さ z は、当該物品の固有の表面特徴についての間隔の関数、当該光子の第2の組についての波長の関数、または、当該物品の固有の表面特徴についての間隔および当該光子の第2の組についての波長の両方の関数である。いくつかの実施例においては、当該処理手段は、当該物品の異質な表面特徴と当該物品の固有の表面特徴とを区別するように動作可能な1つ以上のコンピュータまたは等価の装置を備え、当該物品の異質な表面特徴は汚染物質および/または欠陥を含み、当該物品の固有の表面特徴はビットパターンメディアの磁気アイランドを含む。

10

【0050】

また、本明細書においては、光子検出器アレイと、第1の焦点面に焦点が合わせられ、物品の表面特徴から散乱された光子の第1の組に対応する光子検出器アレイ信号、および、第2の焦点面に焦点が合わせられ、物品の表面特徴から散乱された光子の第2の組に対応する光子検出器アレイ信号を処理するように構成された処理手段とを備える装置が提供され、当該処理手段はさらに、当該物品の異質な表面特徴と当該物品の固有の表面特徴とを区別するように構成される。いくつかの実施例においては、当該装置は、当該光子検出器アレイに結合されたテレセントリックレンズをさらに備え、当該テレセントリックレンズ、当該物品の表面特徴から散乱される当該光子の第1の組の焦点を当該第1の焦点面に合わせ、当該物品の表面特徴から散乱される当該光子の第2の組の焦点を当該第2の焦点面に合わせるように構成される。いくつかの実施例においては、当該第1の焦点面は当該物品の表面と一致しており、当該第2の焦点面は当該第1の焦点面の上方の高さ z のところにある。いくつかの実施例においては、当該高さ z は、当該物品の固有の表面特徴についての間隔の関数、当該光子の第2の組についての波長の関数、または、当該物品の固有の表面特徴についての間隔および当該光子の第2の組についての波長の両方の関数である。いくつかの実施例においては、当該第1の焦点面に焦点が合わせられ、当該物品の表面特徴から散乱された当該光子の第1の組に対応する当該光子検出器アレイ信号、および、当該第2の焦点面に焦点が合わせられ、当該物品の表面特徴から散乱された当該光子の第2の組に対応する当該光子検出器アレイ信号を処理することは、第1の表面特徴マップおよび第2の表面特徴マップをそれぞれ生成することを含む。いくつかの実施例においては、当該第1の表面特徴マップは、当該物品の異質な表面特徴および当該物品の固有の表面特徴の両方についての位置情報を提供し、当該第2の表面特徴マップは、当該物品の固有の表面特徴についての位置情報を提供し、当該物品の異質な表面特徴と当該物品の固有の表面特徴とを区別することは、当該物品の異質な表面特徴についての位置情報を判断するために当該第1の表面特徴マップを当該第2の表面特徴マップと対比することを含む。いくつかの実施例においては、当該処理手段は、当該物品の異質な表面特徴と当該物品の固有の表面特徴とを区別するように動作可能な1つ以上のコンピュータまたは等価の装置を備え、当該物品の異質な表面特徴は汚染物質および/または欠陥を含み、当該物品の固有の表面特徴はビットパターンメディアの磁気アイランドを含む。

20

30

【0051】

本明細書ではいくつかの特定の実施例について説明および/または示し、これらの特定の実施例について相当詳細に説明および/または示してきたが、本明細書に提示されている概念をこれらの特定の実施例が限定することは出願人の意図するところではない。さらなる適応例および/または変形例が当業者に容易に明らかになり得て、より広い局面では、これらの適応例および/または変形例を包含することもできる。したがって、本明細書に提示されている概念の範囲から逸脱することなく、上記の実施例から逸脱することができ、当該範囲は、適切に解釈した時の以下の特許請求の範囲によってのみ限定される。

40

【符号の説明】

【0052】

100 装置、110 光子エミッタ、120 光学機構、130 光子検出器アレイ

50

、 1 4 0 コンピュータまたは等価の装置、 1 5 0 物品。

【図 1 A】

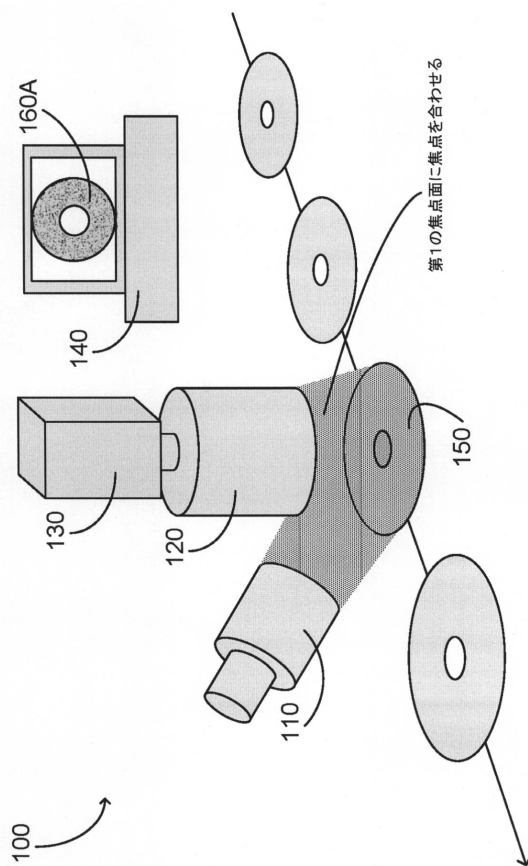


FIG. 1A

【図 1 B】

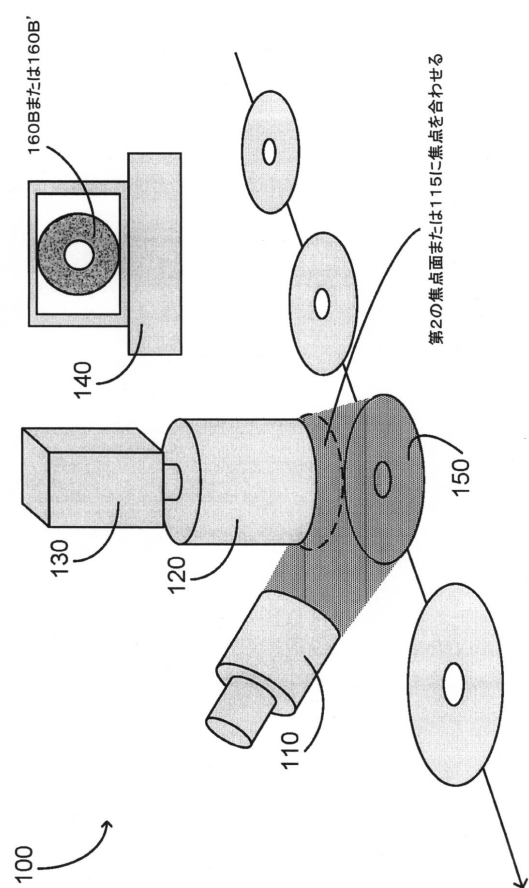


FIG. 1B

【図 2】

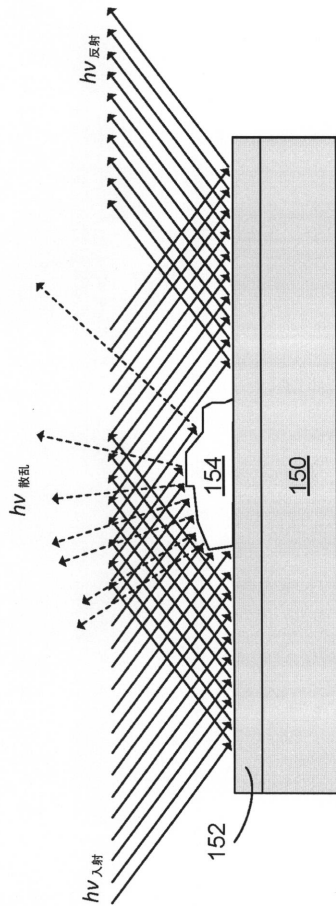


FIG. 2

【図 4】

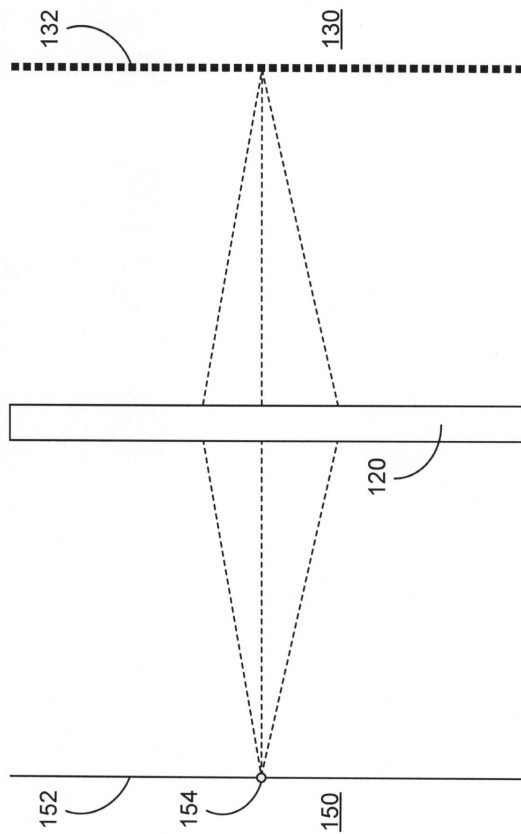


FIG. 4

【図 3】

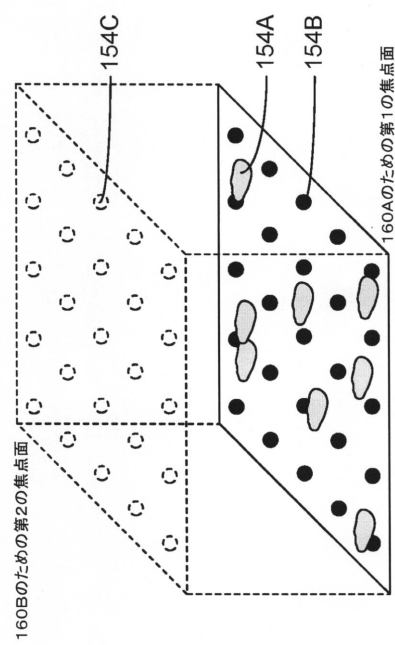


FIG. 3

【図 5】

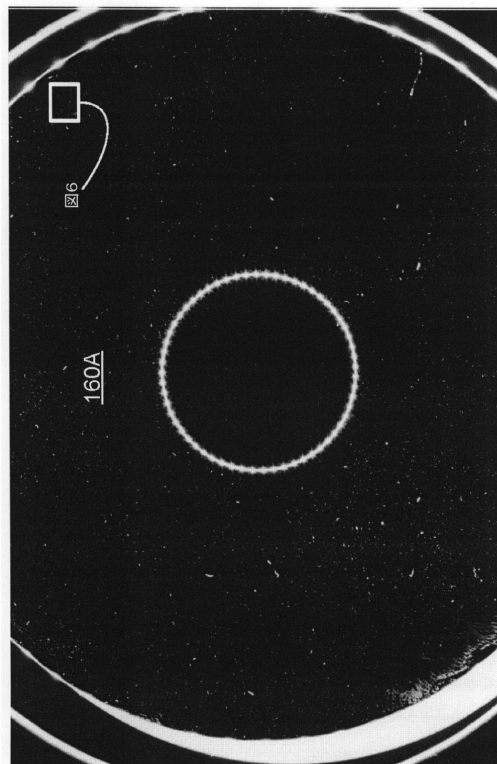


FIG. 5

【図 6】

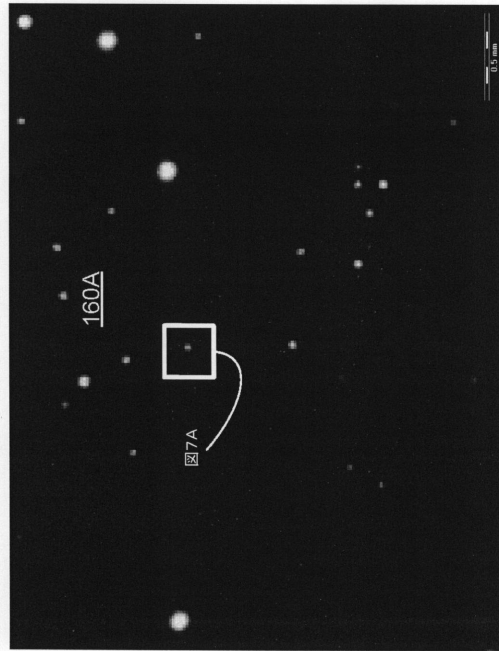


FIG. 6

【図 7 A】

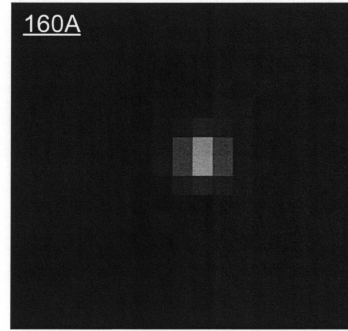


FIG. 7A

【図 7 B】

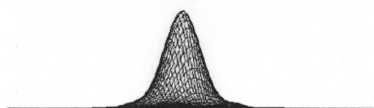
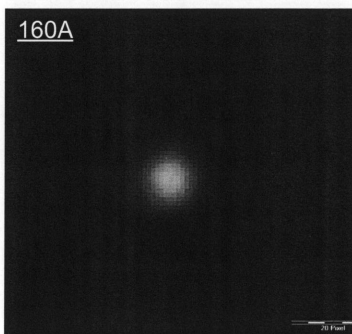


FIG. 7B

【図 8 A】

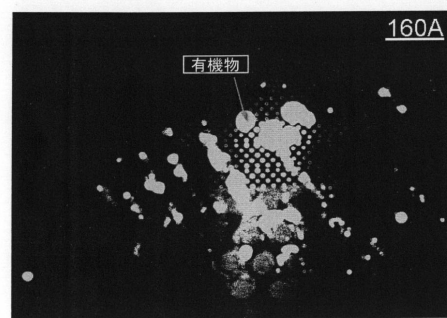


FIG. 8A

【図 8 B】



(コヒーレンスフィルタを使用)

FIG. 8B

フロントページの続き

- (72)発明者 ジョアキム・ワルター・アーナー
アメリカ合衆国、94559 カリフォルニア州、リバモア、ハンセン・ロード、3090
- (72)発明者 デイビッド・エム・タン
アメリカ合衆国、94551 カリフォルニア州、リバモア、ロックローズ・ストリート、16
- (72)発明者 サミュエル・カー・ヘアン・ウォン
マレーシア、81110 ジョホールバル、タマン・プライ・ペルダナ、ジャラン・プライ・ペル
ダナ・8/3、104
- (72)発明者 ヘンリー・ルイス・ロット
アメリカ合衆国、94538 カリフォルニア州、フリーモント、バルピー・パーク・アベニュー、
47714
- (72)発明者 スティーブン・キース・マクラウリン
アメリカ合衆国、94087 カリフォルニア州、サニーバール、フィールドフェア・コート、1
343
- (72)発明者 マイサラス・ナシロウ
アメリカ合衆国、94536 カリフォルニア州、フリーモント、コイ・テラス、1265
- (72)発明者 フロリン・ザバリチェ
アメリカ合衆国、94583 カリフォルニア州、サン・ラモン、ローズマリー・レーン、4

審査官 佐々木 龍

- (56)参考文献 特開2007-219130(JP,A)
特開2006-003364(JP,A)
特開2010-256185(JP,A)
特開平03-073831(JP,A)
米国特許出願公開第2002/0088952(US,A1)
米国特許第07920254(US,B2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 21/84-21/958
G01B 11/00-11/30