

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-9813

(P2018-9813A)

(43) 公開日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(51) Int.Cl.

G 0 1 J 3/36 (2006.01)

F I

G 0 1 J 3/36

テーマコード (参考)

2 G 0 2 0

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-137012 (P2016-137012)
(22) 出願日 平成28年7月11日 (2016.7.11)

(71) 出願人 504176911
国立大学法人大阪大学
大阪府吹田市山田丘1番1号
(74) 代理人 100109210
弁理士 新居 広守
(72) 発明者 小西 毅
大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法
人大阪大学内
Fターム(参考) 2G020 CC02 CC43 CC46 CC63 CD06

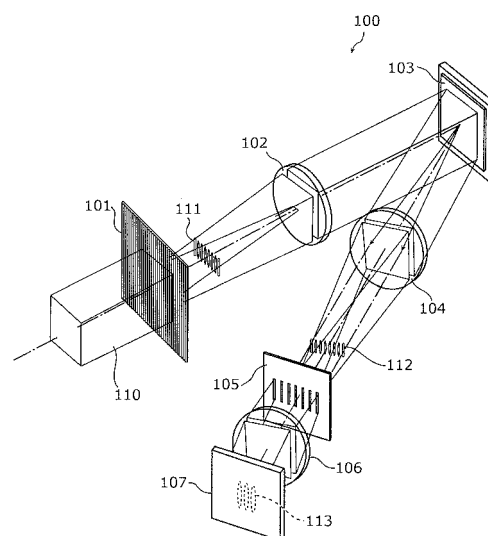
(54) 【発明の名称】 分光器、波長測定装置及びスペクトル測定方法

(57) 【要約】

【課題】モアレを利用してスペクトルを測定する際にスペクトルの分解能を向上させることができる分光器を提供する。

【解決手段】入力光のスペクトルを測定する分光器100、200であって、入力光を分離することにより、第1ピッチを有する第1縞を形成する縞形成器と、第1縞を分散する回折格子103と、分散された第1縞を、第1ピッチとは異なる第2ピッチの第2縞に重ね合わせることでモアレを形成するモアレ形成器と、モアレを検出することにより、入力光のスペクトルを測定する撮像素子107と、を備え、縞形成器及びモアレ形成器の少なくとも一方は、シリンドリカルレンズアレイ101、205を含む。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

入力光のスペクトルを測定する分光器であって、
前記入力光を分離することにより、第 1 ピッチを有する第 1 縞を形成する縞形成器と、
前記第 1 縞を分散する分散素子と、
分散された前記第 1 縞を、前記第 1 ピッチとは異なる第 2 ピッチの第 2 縞に重ね合わせることでモアレを形成するモアレ形成器と、
前記モアレを検出することにより、前記入力光のスペクトルを測定する測定器と、を備え、
前記縞形成器及び前記モアレ形成器の少なくとも一方は、シリンドリカルレンズアレイを含む、
分光器。

【請求項 2】

前記縞形成器は、前記第 1 縞を形成するシリンドリカルレンズアレイを含む、
請求項 1 に記載の分光器。

【請求項 3】

前記モアレ形成器は、前記モアレを形成するシリンドリカルレンズアレイを含み、
前記測定器は、前記モアレ形成器の前記シリンドリカルレンズアレイの焦点位置で前記モアレを検出する、
請求項 1 又は 2 に記載の分光器。

【請求項 4】

入力光の波長を測定する波長測定装置であって、
前記入力光を分離することにより、第 1 ピッチを有する第 1 縞を形成する縞形成器と、
前記第 1 縞を分散する分散素子と、
分散された前記第 1 縞を、前記第 1 ピッチとは異なる第 2 ピッチの第 2 縞に重ね合わせることでモアレを形成するモアレ形成器と、
前記モアレを検出することにより、前記入力光の波長を測定する測定器と、を備え、
前記縞形成器及び前記モアレ形成器の少なくとも一方は、シリンドリカルレンズアレイを含む、
波長測定装置。

【請求項 5】

入力光のスペクトルを測定するスペクトル測定方法であって、
前記入力光を分離することにより、第 1 ピッチを有する第 1 縞を形成し、
前記第 1 縞を分散し、
分散された前記第 1 縞を、前記第 1 ピッチとは異なる第 2 ピッチの第 2 縞に重ね合わせることでモアレを形成し、
前記モアレを検出することにより、前記入力光のスペクトルを測定し、
前記第 1 縞の形成及び前記モアレの形成の少なくとも一方では、シリンドリカルレンズアレイが用いられる、
スペクトル測定方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、入力光のスペクトルを測定する分光器及びスペクトル測定方法並びに入力光の波長を測定する波長測定装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、光の波長あるいはスペクトルの測定において、光の波長に対して角度分散特性を有する分散素子（例えば、回折格子、プリズムあるいはエタロンなど）又は干渉計などが用いられる（例えば、特許文献 1 を参照）。

【 0 0 0 3 】

このような測定において、測定可能な光の帯域（以下、測定帯域という）の広さと分解能の高さとはトレードオフの関係を有する。一般的な分解能は、測定帯域が広い場合には数ナノメートル程度となり、測定帯域が狭い場合には数ピコメートル程度となる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 6 - 0 5 7 2 2 4 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

10

【 0 0 0 5 】

従来技術の課題を説明するために、まず、特許文献 1 に開示された分光器について説明する。図 1 は、特許文献 1 に開示された分光器 1 0 の構成を示す図である。分光器 1 0 は、第 1 スリットアレイ 1 2 と、回折格子 1 4 と、第 2 スリットアレイ 1 7 とを備える。

【 0 0 0 6 】

第 1 スリットアレイ 1 2 は、第 1 ピッチ p_1 で並ぶ複数のスリットを有する。回折格子 1 4 は、光の波長に対して回折角度が変化する特性（角度分散特性）を有する反射型回折格子である。第 2 スリットアレイ 1 7 は、第 1 ピッチ p_1 とは異なる第 2 ピッチ p_2 で並ぶ複数のスリットを有する。ここでは、第 1 スリットアレイ 1 2 の像（分散された第 1 縞）と第 2 スリットアレイ 1 7（第 2 縞）との重ね合わせによって生じるモアレを検出することにより、入力光のスペクトルが測定される。

20

【 0 0 0 7 】

モアレ（Moire pattern）とは、複数の周期的な模様を重ね合わせた場合に、その複数の周期的な模様の周期のずれによってうなりとして発生するパターンである。モアレの位置（つまり、モアレにおける高輝度領域の位置）は、複数の周期的な模様の位置関係に応じて大きく変化する。つまり、モアレの位置は、入力光の波長に応じて、第 1 スリットアレイ 1 2 の像の位置の変化よりも大きく変化する。

【 0 0 0 8 】

したがって、モアレを測定することにより、入力光のスペクトルを測定することができる。このとき、入力光のスペクトルの分解能を向上するためには、第 1 ピッチ p_1 と第 2 ピッチ p_2 との差を小さくすることに加えて、モアレの高輝度領域の幅を小さくする必要があり、第 1 スリットアレイ 1 2 及び第 2 スリットアレイ 1 7 の各々のスリット幅を狭窄化することが求められる。つまり、第 1 縞及び第 2 縞の各々において、高輝度領域の幅に対する低輝度領域の幅の比であるアスペクト比を高くすることが求められる。

30

【 0 0 0 9 】

しかしながら、スリット幅には、製造上の限界がある。また、スリット幅の狭窄化は、光量損失の増加を生じさせるため、微弱光のスペクトル測定を難しくする。そのため、スペクトルの測定において、スリットアレイのアスペクト比の向上（つまり、開口率の低減）は制限され、スペクトルの分解能の向上も制限されてしまう。

【 0 0 1 0 】

40

そこで、本発明は、モアレを利用してスペクトルを測定する際にスペクトルの分解能を向上させることができる分光器を提供する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 1 】

本発明の一態様に係る分光器は、入力光のスペクトルを測定する分光器であって、前記入力光を分離することにより、第 1 ピッチを有する第 1 縞を形成する縞形成器と、前記第 1 縞を分散する分散素子と、分散された前記第 1 縞を、前記第 1 ピッチとは異なる第 2 ピッチの第 2 縞に重ね合わせることでモアレを形成するモアレ形成器と、前記モアレを検出することにより、前記入力光のスペクトルを測定する測定器と、を備え、前記縞形成器及び前記モアレ形成器の少なくとも一方は、シリンドリカルレンズアレイを含む。

50

【 0 0 1 2 】

この構成によれば、縞形成器及びモアレ形成器の少なくとも一方がシリンドリカルレンズアレイを含むことができる。シリンドリカルレンズアレイでは、各シリンドリカルレンズに入射した光が対応するライン上に集光される。つまり、シリンドリカルレンズアレイは、シリンドリカルレンズの幅の狭窄化の効果に加えて集光の効果により、スリットアレイよりも縞の高輝度領域の幅を狭窄化することができる。さらに、シリンドリカルレンズアレイは、スリットアレイのように入力光を遮らないので、光量損失を抑制することもできる。つまり、分光器は、スリットアレイの代わりにシリンドリカルレンズを用いることで、光量損失を抑制することができ、スペクトルの分解能も向上させることができる。

【 0 0 1 3 】

例えば、前記縞形成器は、前記第 1 縞を形成するシリンドリカルレンズアレイを含んでもよい。

【 0 0 1 4 】

この構成によれば、縞形成器がシリンドリカルレンズアレイを含むことができる。したがって、狭い幅の高輝度領域、つまり、高いアスペクト比を有する第 1 縞を形成することができる。さらに、第 1 縞の形成による光量の損失を抑制することもできる。例えば、第 1 縞のアスペクト比が 1 0 であれば、スリットアレイを用いる場合よりも光量損失を 1 0 分の 1 以下に減少させることができる。

【 0 0 1 5 】

例えば、前記モアレ形成器は、前記モアレを形成するシリンドリカルレンズアレイを含み、前記測定器は、前記モアレ形成器の前記シリンドリカルレンズアレイの焦点位置で前記モアレを検出してもよい。

【 0 0 1 6 】

この構成によれば、モアレ形成器がシリンドリカルレンズアレイを含むことができる。したがって、スリットアレイを用いる場合よりも光量損失を軽減することができる。また、モアレ形成器にスリットアレイが用いられる場合には、スリットアレイの位置にモアレが形成される。そのため、モアレの検出において焦点ずれによるボケの影響を排除するためには、スリットアレイから離れた位置にモアレを結像するためのリレーレンズ等が必要となる。一方、モアレ形成器にシリンドリカルレンズアレイが用いられる場合には、シリンドリカルレンズアレイから離れた位置（焦点位置）にモアレが形成される。したがって、測定器は、シリンドリカルレンズアレイの焦点位置でモアレを検出することができる。つまり、モアレが形成される位置に測定器を配置することができ、リレーレンズを除去することができる。その結果、部品点数を削減することができ、分光器を小型化することができる。

【 0 0 1 7 】

本発明の一態様に係る波長測定装置は、入力光の波長を測定する波長測定装置であって、前記入力光を分離することにより、第 1 ピッチを有する第 1 縞を形成する縞形成器と、前記第 1 縞を分散する分散素子と、分散された前記第 1 縞を、前記第 1 ピッチとは異なる第 2 ピッチの第 2 縞に重ね合わせることでモアレを形成するモアレ形成器と、前記モアレを検出することにより、前記入力光の波長を測定する測定器と、を備え、前記縞形成器及び前記モアレ形成器の少なくとも一方は、シリンドリカルレンズアレイを含む。

【 0 0 1 8 】

この構成によれば、上記分光器と同様の効果により、光量損失を抑制することができ、波長の分解能も向上させることができる。

【 0 0 1 9 】

なお、これらの包括的又は具体的な態様は、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラム又はコンピュータ読み取り可能な C D - R O M などの記録媒体で実現されてもよく、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラム及び記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 0 】

本発明の一態様に係る分光器は、モアレを利用してスペクトルを測定する際にスペクトルの分解能を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1】図 1 は、特許文献 1 に開示された分光器の構成を示す図である。

【図 2】図 2 は、実施の形態 1 に係る分光器の構成を示す図である。

【図 3】図 3 は、実施の形態 1 に係るシリンドリカルレンズアレイの斜視図である。

【図 4】図 4 は、実施の形態 1 における分散された第 1 縞と第 2 縞との重ね合わせを示す図である。

10

【図 5】図 5 は、入力光が第 1 波長の単色光である場合におけるモアレの検出結果を示す図である。

【図 6】図 6 は、入力光が第 2 波長の単色光である場合におけるモアレの検出結果を示す図である。

【図 7】図 7 は、スペクトルの測定原理を説明するための図である。

【図 8】図 8 は、実施の形態 1 に係るスペクトル測定方法を示すフローチャートである。

【図 9】図 9 は、実施の形態 2 に係る分光器の構成を示す図である。

【図 10】図 10 は、実施の形態 2 に係るシリンドリカルレンズアレイの斜視図である。

【図 11】図 11 は、実施の形態 3 に係る分光器の構成を示す図である。

【図 12 A】図 12 A は、一般的な分光器における分散光の検出結果を示すグラフである。

20

【図 12 B】図 12 B は、実施の形態 3 に係る分光器におけるモアレの検出結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

以下、実施の形態について、図面を参照しながら具体的に説明する。

【 0 0 2 3 】

なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的または具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、請求の範囲を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

30

【 0 0 2 4 】

また、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。また、各図において、同じ構成部材については同じ符号を付している。また、以下の実施の形態において、略同一などの表現を用いている場合がある。例えば、略同一は、完全に同一であることを意味するだけでなく、実質的に同一、すなわち、数%程度の誤差を含むことも意味する。

【 0 0 2 5 】

(実施の形態 1)

以下、実施の形態 1 について図面を参照しながら説明する。

40

【 0 0 2 6 】

[分光器の構成]

図 2 は、実施の形態 1 に係る分光器 100 の構成を示す図である。図 3 は、実施の形態 1 に係るシリンドリカルレンズアレイ 101 の斜視図である。

【 0 0 2 7 】

図 2 に示すように、分光器 100 は、シリンドリカルレンズアレイ 101 と、第 1 レンズ 102 と、回折格子 103 と、第 2 レンズ 104 と、スリットアレイ 105 と、第 3 レンズ 106 と、撮像素子 107 と、を備える。

【 0 0 2 8 】

50

シリンドリカルレンズアレイ 101 は、入力光 110 を分離することにより、第 1 ピッチ p_1 を有する第 1 縞 111 を形成する縞形成器の一例である。つまり、シリンドリカルレンズアレイ 101 は、入力光 110 から複数の線状光を複製する。図 3 に示すように、シリンドリカルレンズアレイ 101 は、第 1 ピッチ p_1 (例えば、約 0.5 mm) で水平方向に並ぶ複数のシリンドリカルレンズを有する。

【0029】

各シリンドリカルレンズに入射した光が対応するラインに集光されることで、狭小な幅を有する複数のラインからなる第 1 縞 111 が形成される。このラインは、スリットアレイのスリットに相当し、高輝度領域を形成する。このとき、シリンドリカルレンズアレイ 101 は、10 以上のアスペクト比を有する第 1 縞 111 を形成することができる。

10

【0030】

第 1 レンズ 102 は、第 1 縞 111 の光を平行光にするためのコリメートレンズである。

【0031】

回折格子 103 は、第 1 縞を分散する分散素子の一例である。本実施の形態では、回折格子 103 は、光の波長に対して回折角度が変化する特性 (角度分散特性) を有する反射型回折格子である。なお、分散素子は、回折格子に限定されない。

【0032】

第 2 レンズ 104 は、回折格子 103 によって分散された光をスリットアレイ 105 上に集光するためのレンズである。つまり、第 2 レンズ 104 は、スリットアレイ 105 上に分散された第 1 縞 112 を形成する。

20

【0033】

スリットアレイ 105 は、分散された第 1 縞 112 を、第 1 ピッチ p_1 とは異なる第 2 ピッチ p_2 (例えば、約 0.42 mm) の第 2 縞に重ね合わせることににより、モアレ 113 を形成するモアレ形成器の一例である。スリットアレイ 105 は、分散された第 1 縞 112 と同一方向に第 2 ピッチ p_2 で並ぶ複数のスリットにより第 2 縞を形成する。

【0034】

モアレとは、複数の周期的な模様を重ね合わせた場合に、その複数の周期的な模様の周期のずれによりうなりとして発生するパターンである。モアレの位置 (つまり、モアレにおける輝度のピーク位置) は、複数の周期的な模様の位置関係によって変化する。

30

【0035】

モアレ 113 を用いた入力光 110 のスペクトルの測定原理については図面を用いて後述する。

【0036】

第 3 レンズ 106 は、スリットアレイ 105 の直後に形成されたモアレ 113 を撮像素子 107 の撮像面上に結像するためのレンズである。

【0037】

撮像素子 107 は、モアレ 113 を検出することにより、入力光 110 のスペクトルを測定する測定器の一例である。撮像素子 107 は、例えば CCD (Charge Coupled Device) イメージセンサ又は CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサなどの固体撮像素子である。

40

【0038】

[スペクトルの測定原理]

次に、モアレを用いたスペクトルの測定原理について図面を参照しながら説明する。図 4 は、実施の形態 1 における分散された第 1 縞と第 2 縞との重ね合わせを示す図である。図 5 は、入力光 110 が第 1 波長の単色光である場合におけるモアレの検出結果を示す図である。図 6 は、入力光 110 が第 2 波長の単色光である場合におけるモアレの検出結果を示す図である。図 7 は、スペクトルの測定原理を説明するための図である。

【0039】

例えば、入力光 110 が単色光である場合、回折格子 103 によって分散された第 1 縞

50

1 1 2 は、第 1 縞 1 1 1 と同様の縞模様を有する。つまり、分散された第 1 縞 1 1 2 は、第 1 縞 1 1 1 と同様に単色の縞模様となる。このような分散された第 1 縞 1 1 2 と、第 2 縞として機能するスリットアレイ 1 0 5 とを重ね合わせるにより、図 4 に示すように、モアレ 1 1 3 が形成される。このとき、分散された第 1 縞 1 1 2 の位置は入力光 1 1 0 の波長に依存するため、モアレ 1 1 3 も入力光の波長に依存する。

【 0 0 4 0 】

ここで、分散された第 1 縞 1 1 2 とスリットアレイ 1 0 5 とによる入力光 1 1 0 のスペクトルの測定原理について図 5 及び図 6 を参照しながらより詳しく説明する。ここでは、入力光 1 1 0 が単色光である場合について説明する。

【 0 0 4 1 】

図 5 及び図 6 において、(a) は、分散された第 1 縞 1 1 2 と撮像素子 1 0 7 の画素 1 0 7 p との位置関係を示す。また、(b) は、分散された第 1 縞 1 1 2 及び撮像素子 1 0 7 の画素 1 0 7 p と、スリットアレイ 1 0 5 との位置関係を示す。(c) は、撮像素子 1 0 7 の画素 1 0 7 p の各々において検出される輝度を示す。

【 0 0 4 2 】

入力光が第 1 波長を有する場合には、図 5 の (a) に示すように分散された第 1 縞 1 1 2 a が形成される。そして、図 5 の (b) に示すように、分散された第 1 縞 1 1 2 a とスリットアレイ 1 0 5 との重ね合わせによってモアレが生じる。

【 0 0 4 3 】

その結果、図 5 の (c) に示すように、各画素においてモアレの輝度が検出される。ここでは、画素 P 5 において輝度のピークが検出される。

【 0 0 4 4 】

一方、入力光が第 2 波長を有する場合には、図 6 の (a) に示すように分散された第 1 縞 1 1 2 b が形成される。分散された第 1 縞 1 1 2 b は、分散された第 1 縞 1 1 2 a に比べて一画素より小さい距離だけ右にシフトしている。これは、第 1 波長の入力光と第 2 波長の入力光とでは回折格子 1 0 3 における回折角度が異なるためである。

【 0 0 4 5 】

図 6 の (b) に示すように、分散された第 1 縞 1 1 2 b とスリットアレイ 1 0 5 との重ね合わせによってモアレが生じる。その結果、図 6 の (c) に示すように、各画素においてモアレの輝度が検出される。ここでは、画素 P 4 で輝度のピークが検出される。つまり、図 6 におけるモアレは、図 5 におけるモアレに対して、一画素左にシフトしている。

【 0 0 4 6 】

このように分散された第 1 縞 1 1 2 (副尺) とスリットアレイ 1 0 5 (主尺) との重ね合わせによって生じるモアレの位置の変化は、分散された第 1 縞 1 1 2 の位置の変化よりも大きい。したがって、分光器 1 0 0 は、分散された第 1 縞 1 1 2 の微小な位置の変化を検出することができ、入力光の微小な波長の違いを判別することができる。

【 0 0 4 7 】

このようなピッチが異なる 2 つの目盛り (主尺及び副尺) の重なりによって副尺の微小な変化を拡大して測定することができることを、副尺 (パーニア) 効果という。つまり、分光器 1 0 0 は、副尺効果を利用して、主尺の分解能によって定まる帯域内におけるスペクトルの分解能を向上させることができる。

【 0 0 4 8 】

なお、入力光が単色光である場合について説明したが、入力光に複数の波長の光が含まれる場合であっても、上記と同様に、各波長の光の強さを測定することができる。図 7 に示すように、入力光 1 1 0 は、シリンドリカルレンズアレイ 1 0 1 によって分離され、第 1 縞 1 1 1 が形成される。さらに、第 1 縞 1 1 1 は、回折格子 1 0 3 によって分散され、分散された第 1 縞 1 1 2 が形成される。このとき、分散された第 1 縞 1 1 2 の各高輝度領域は、入力光 1 1 0 のスペクトル分布を有する。分散された第 1 縞 1 1 2 とスリットアレイ 1 0 5 とが重ね合わされることにより、モアレ 1 1 3 が形成される。このモアレ 1 1 3 では、各高輝度領域のスペクトル分布が引き伸ばされており、スペクトル測定の解像度を

10

20

30

40

50

向上させることができる。

【0049】

[スペクトルの測定方法]

次に、以上のように構成された分光器100によるスペクトルの測定方法について説明する。図8は、実施の形態1に係るスペクトル測定方法を示すフローチャートである。

【0050】

まず、シリンドリカルレンズアレイ101は、入力光110を分離することにより、第1縞111を形成する(S101)。回折格子103は、第1縞111を分散して、分散された第1縞112を形成する(S102)。分散された第1縞112がスリットアレイ105に形成された第2縞に重ね合わせられ、モアレ113が形成される(S103)。撮像素子107は、モアレ113を検出することにより、入力光110のスペクトルを測定する(S104)。

10

【0051】

[効果]

以上のように、本実施の形態に係る分光器100によれば、縞形成器がシリンドリカルレンズアレイ101を含むことができる。シリンドリカルレンズアレイ101では、各シリンドリカルレンズに入射した光が対応するライン上に集光される。つまり、シリンドリカルレンズアレイ101は、シリンドリカルレンズの幅の狭窄化の効果に加えて集光の効果により、スリットアレイよりも縞の高輝度領域の幅を狭窄化することができる。さらに、シリンドリカルレンズアレイ101は、スリットアレイのように入力光110を遮らないので、光量損失を抑制することもできる。つまり、分光器100は、スリットアレイの代わりにシリンドリカルレンズを用いることで、光量損失を抑制することができ、スペクトルの分解能も向上させることができる。

20

【0052】

特に、縞形成器がシリンドリカルレンズアレイ101を含むことで、狭い幅の高輝度領域、つまり、高いアスペクト比を有する第1縞を形成することができる。さらに、第1縞の形成による光量の損失を抑制することもできる。例えば、第1縞のアスペクト比が10であれば、スリットアレイを用いる場合よりも光量損失を10分の1以下に減少させることができる。

30

【0053】

(実施の形態2)

次に、実施の形態2について図面を参照しながら説明する。実施の形態2に係る分光器は、出力側のスリットアレイの代わりにシリンドリカルレンズアレイが用いられる点が、上記実施の形態1と異なる。以下に、上記実施の形態1と異なる点を中心に、実施の形態2について説明する。

40

【0054】

[分光器の構成]

図9は、実施の形態2に係る分光器200の構成を示す図である。図10は、実施の形態2に係るシリンドリカルレンズアレイ205の斜視図である。図9において、図2と略同一の構成要素については同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

40

【0055】

図9に示すように、分光器200は、スリットアレイ201と、第1レンズ102と、回折格子103と、第2レンズ104と、シリンドリカルレンズアレイ205と、撮像素子207とを備える。

【0056】

スリットアレイ201は、入力光110を分離することにより、第1ピッチ p_1 を有する第1縞211を形成する縞形成器の一例である。スリットアレイ201は、第1ピッチ p_1 で水平方向に並ぶ複数のスリットを有する。つまり、第1縞211は、第1ピッチ p_1 で水平方向に並ぶ複数のラインを有する。

50

【0057】

シリンドリカルレンズアレイ 2 0 5 は、分散された第 1 縞 2 1 2 を、第 1 ピッチ p_1 とは異なる第 2 ピッチ p_2 の第 2 縞に重ね合わせるることにより、モアレ 2 1 3 を形成するモアレ形成器の一例である。シリンドリカルレンズアレイ 2 0 5 は、分散された第 1 縞 2 1 2 と同一方向に第 2 ピッチ p_2 で並ぶ複数のシリンドリカルレンズを有する。モアレは、第 1 縞とシリンドリカルレンズアレイ（第 2 縞）とを重ね合わせることによって形成される（非特許文献 1：A Livnat、O.Kafri、“Moiré pattern of a linear grid with a lenticular grating”、OPTICS LETTERS、Optical Society of America、June 1982、Vol.7、No.6、p.253-255）。

【0058】

撮像素子 2 0 7 は、シリンドリカルレンズアレイ 2 0 5 の焦点位置でモアレ 2 1 3 を検出する測定器の一例である。撮像素子 2 0 7 は、例えば CCD イメージセンサ又は CMOS イメージセンサなどの固体撮像素子である。撮像素子 2 0 7 は、シリンドリカルレンズアレイ 2 0 5 から焦点距離だけ離れて配置される。撮像素子 2 0 7 とシリンドリカルレンズアレイ 2 0 5 との間にレンズはなくてもよい。

【0059】

〔効果〕

本実施の形態に係る分光器 2 0 0 によれば、モアレ形成器がシリンドリカルレンズアレイ 2 0 5 を含むことができる。したがって、スリットアレイを用いる場合よりも光量損失を軽減することができる。また、モアレ形成器にスリットアレイが用いられる場合には、スリットアレイの位置にモアレが形成される。そのため、モアレの検出において焦点ずれによるボケの影響を排除するためには、スリットアレイから離れた位置にモアレを結像するためのリレーレンズ（例えば図 2 の第 3 レンズ 1 0 6）等が必要となる。一方、モアレ形成器にシリンドリカルレンズアレイ 2 0 5 が用いられる場合には、シリンドリカルレンズアレイ 2 0 5 から焦点距離だけ離れた位置（焦点位置）にモアレが形成される。したがって、撮像素子 2 0 7 は、シリンドリカルレンズアレイ 2 0 5 の焦点位置でモアレを検出することができる。つまり、モアレが形成される位置に撮像素子 2 0 7 を直接配置することができ、リレーレンズを排除することができる。その結果、分光器 2 0 0 の部品点数を削減することができ、分光器 2 0 0 を小型化することができる。

【0060】

（実施の形態 3）

次に、実施の形態 3 について図面を参照しながら説明する。実施の形態 3 に係る分光器は、入力側及び出力側の両方でスリットアレイの代わりにシリンドリカルレンズアレイが用いられる点が、上記実施の形態 1 及び 2 と異なる。以下に、上記実施の形態 1 及び 2 と異なる点を中心に、実施の形態 3 について説明する。

【0061】

〔分光器の構成〕

図 1 1 は、実施の形態 3 に係る分光器 3 0 0 の構成を示す図である。図 1 1 において、図 2 及び図 9 と略同一の構成要素については同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

【0062】

図 1 1 に示すように、分光器 3 0 0 は、シリンドリカルレンズアレイ 1 0 1 と、第 1 レンズ 1 0 2 と、回折格子 1 0 3 と、第 2 レンズ 1 0 4 と、シリンドリカルレンズアレイ 2 0 5 と、撮像素子 2 0 7 とを備える。

【0063】

分光器 3 0 0 は、2 つのシリンドリカルレンズアレイ 1 0 1、2 0 5 を含む。入力側のシリンドリカルレンズアレイ 1 0 1 は、実施の形態 1 と同様に、入力光 1 1 0 を分離することにより第 1 縞 1 1 1 を形成する。出力側のシリンドリカルレンズアレイ 2 0 5 は、実施の形態 2 と同様に、分散された第 1 縞 1 1 2 からモアレ 3 1 3 を形成する。

【0064】

〔効果〕

以上のように、本実施の形態に係る分光器 3 0 0 によれば、実施の形態 1 及び実施の形

10

20

30

40

50

態 2 の両方の効果を実現することができる。特に、分光器 300 では、スリットアレイによって光が遮られないので、光量損失をさらに低減することができる。光量損失の低減について図 12A 及び図 12B を用いて説明する。

【0065】

図 12A は、一般的な分光器における分散光の検出結果を示すグラフである。図 12B は、実施の形態 3 に係る分光器におけるモアレの検出結果を示すグラフである。一般的な分光器とは、回折格子の角度分散特性のみを利用してモアレを用いずにスペクトルを測定する分光器である。

【0066】

図 12A 及び図 12B において、画素番号は撮像素子の水平位置を示し、走査番号は撮像素子の垂直位置を示す。また、光の強度は、撮像素子の各画素において測定された光の強さを示す。ここでは、入力光が単色光である場合の検出結果を示している。一般的な分光器と実施の形態 3 に係る分光器とでは、光の強度のピーク値の変化はほぼ無く、モアレを形成するための光量損失が抑制されていることがわかる。

【0067】

(他の実施の形態)

以上、本発明の 1 つまたは複数の態様に係る分光器について、実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではない。本発明の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したものや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、本発明の 1 つまたは複数の態様の範囲内に含まれてもよい。

【0068】

例えば、上記各実施の形態では、シリンドリカルレンズアレイには、複数の凸形状のレンズが片面に形成されていたが、レンズの形状はこれに限定されない。例えば、シリンドリカルレンズアレイは、レンズ内の屈折率を変化させることにより実現されてもよい。この場合、シリンドリカルレンズアレイは、凸形状のレンズを有しなくてもよい。また、複数の凸形状のレンズは両面に形成されてもよい。つまり、シリンドリカルレンズアレイは、上記各実施の形態に示したシリンドリカルレンズアレイと同一又は類似の光学的機能を有していればよく、どのような形状であってもよい。

【0069】

また例えば、分光器は、測定帯域外の波長の光をカットする光学フィルタを備えてもよい。この波長フィルタを通過した光を入力光として用いることで、測定帯域内において、入力光のスペクトルを高精度に測定することができる。このとき、波長フィルタの通過帯域を時間とともに変化させてもよい。これにより、複数の測定帯域において入力光のスペクトルを測定することができる。

【0070】

なお、上記各実施の形態では、分散素子として回折格子が用いられていたが、これに限定されない。例えば、分散素子として、プリズム又はエタロンが用いられてもよい。

【0071】

また、上記各実施の形態では、測定器として撮像素子が用いられていたが、これに限定されない。例えば、測定器としてフォトディテクタ又は感光フィルムが用いられてもよい。

【0072】

また、上記各実施の形態では、分光器は、第 1 レンズ及び第 2 レンズを備えていたが、これらのレンズを必ずしも備えなくてもよい。例えば、第 1 レンズ又は第 2 レンズは、シリンドリカルレンズアレイと一体に設けられてもよい。

【0073】

なお、上記各実施の形態において、入力光のスペクトルを測定する分光器は、入力光の波長を測定する波長測定装置として実現されてもよい。この場合、測定器は、図 5 及び図 6 に示すように、モアレを検出することにより、入力光の波長を測定すればよい。これに

より、光量損失を抑制することができ、波長の分解能も向上させることができる。

【産業上の利用可能性】

【0074】

本発明の一態様に係る分光器は、入力光のスペクトルの測定において分解能を向上させることができ、例えばラマン分光器などに適用できる。

【符号の説明】

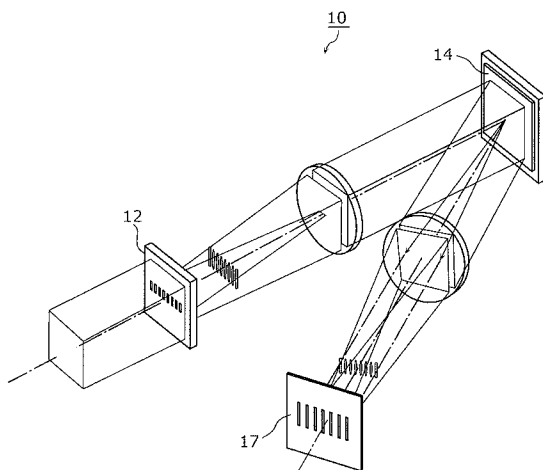
【0075】

- 100、200、300 分光器
- 101、205 シリンドリカルレンズアレイ
- 102 第1レンズ
- 103 回折格子
- 104 第2レンズ
- 105、201 スリットアレイ
- 106 第3レンズ
- 107、207 撮像素子
- 107p 画素
- 110 入力光
- 111、211 第1縞
- 112、112a、112b、212 分散された第1縞
- 113、213、313 モアレ

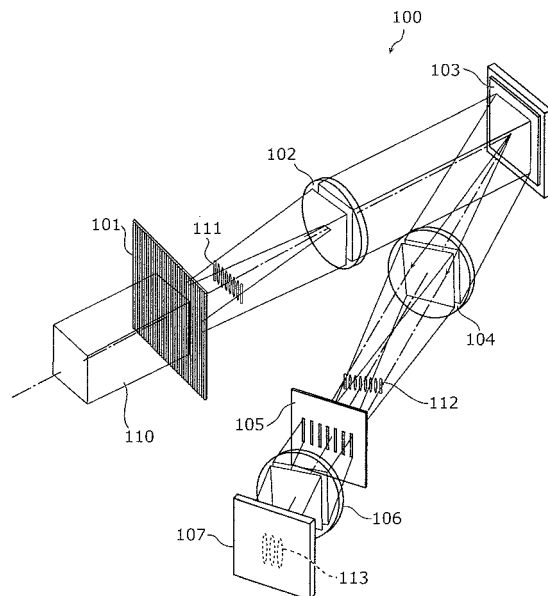
10

20

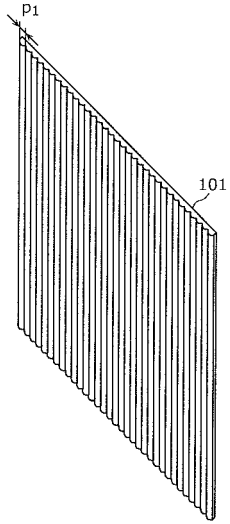
【図1】



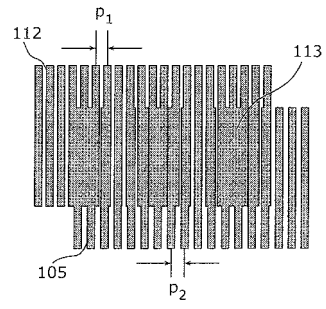
【図2】



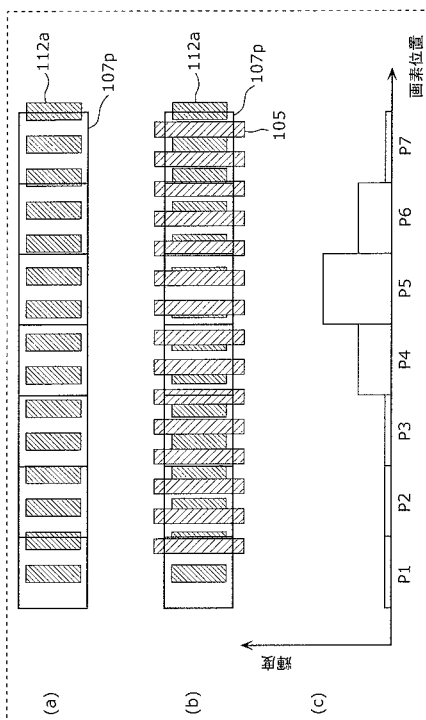
【 図 3 】



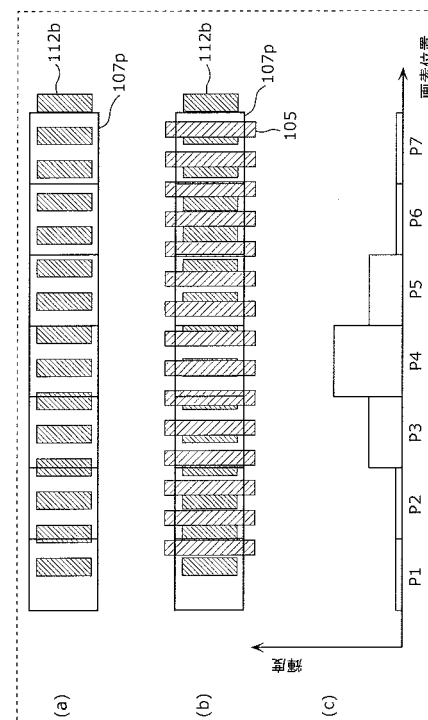
【 図 4 】



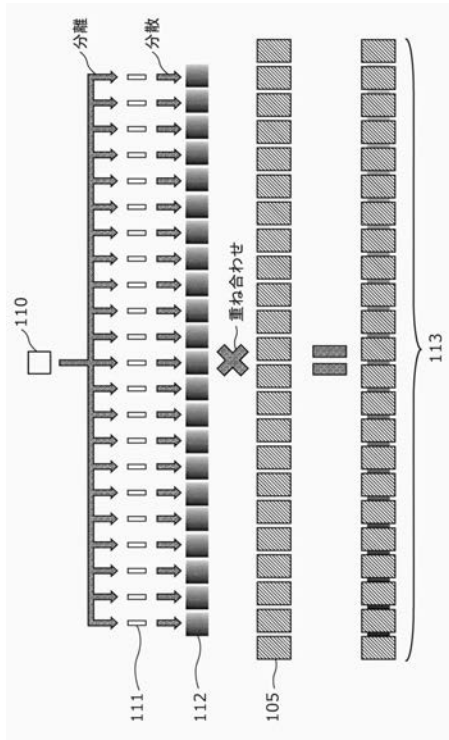
【 図 5 】



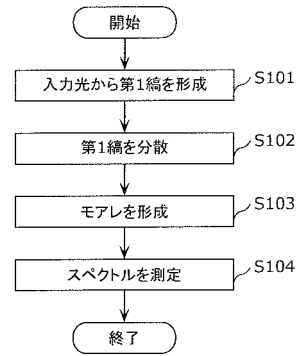
【 図 6 】



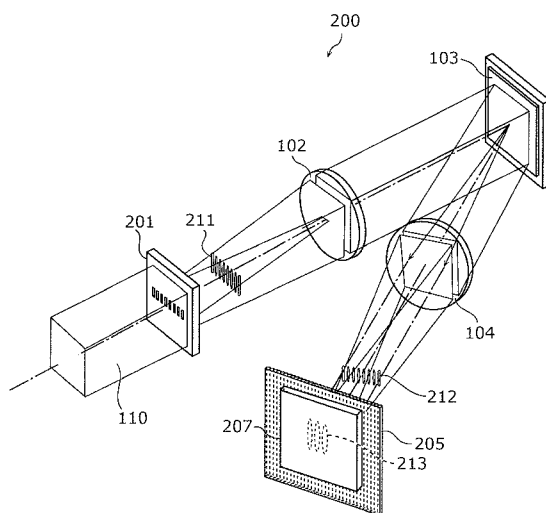
【図 7】



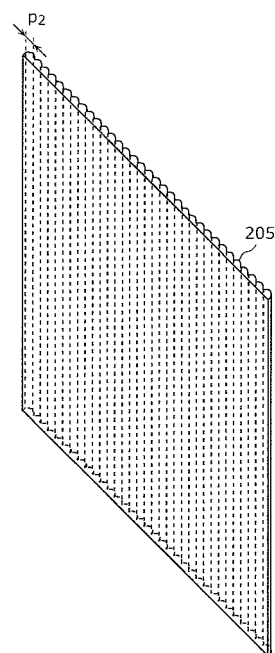
【図 8】



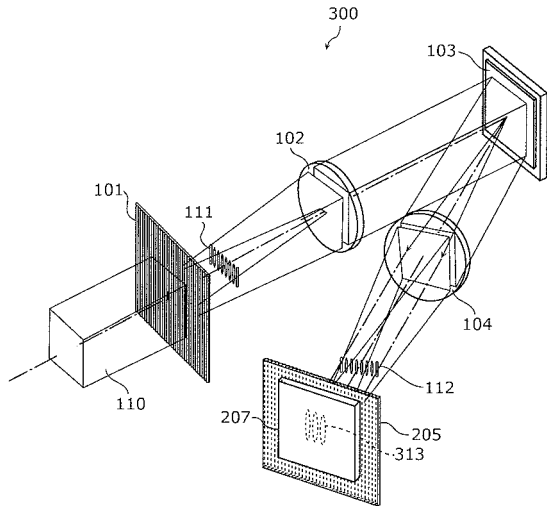
【図 9】



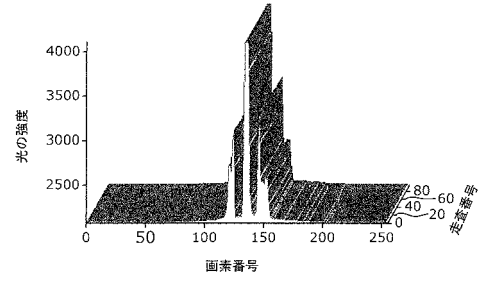
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2 B】



【図 1 2 A】

