

(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2006-60204  
(P2006-60204A)

(43) 公開日 平成18年3月2日(2006.3.2)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)		
HO 1 S	5/026	(2006.01)	HO 1 S	5/026	6 1 2	5 F 1 7 3
HO 1 S	5/042	(2006.01)	HO 1 S	5/042	6 3 0	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 19 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2005-217071 (P2005-217071)</p> <p>(22) 出願日 平成17年7月27日 (2005.7.27)</p> <p>(31) 優先権主張番号 10/923074</p> <p>(32) 優先日 平成16年8月20日 (2004.8.20)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 399117121 アジレント・テクノロジーズ・インク AGILENT TECHNOLOGIES, INC. アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト ページ・ミル・ロード 395 395 Page Mill Road Palo Alto, California U. S. A.</p> <p>(74) 代理人 100087642 弁理士 古谷 聡</p> <p>(74) 代理人 100076680 弁理士 溝部 孝彦</p> <p>(74) 代理人 100121061 弁理士 西山 清春</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 自己監視式発光装置

(57) 【要約】

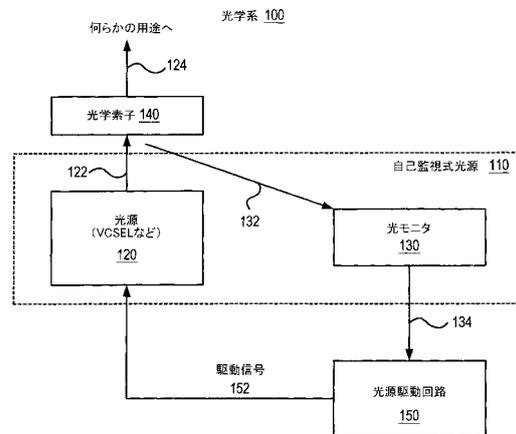
【課題】

発光デバイスをパワー・モニタと一体化するシステムおよび方法を提供すること。

【解決手段】

自己監視式光源 (110) を提供する。自己監視式光源 (110) は、光を生成する光源 (120) と、生成された光の一部を受け取る光モニタ (130) とを含む。光源 (120) と光モニタ (130) は、同じ半導体ダイ (310) 上に作成される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光を生成する光源（120）と、  
生成された前記光の一部（132）を受け取り、受け取った光に基づいてフィードバック信号（134）を生成する光モニタ（130）と

からなり、前記光源（120）と前記光モニタ（130）が同じ半導体ダイ（310）上に作成される、自己監視式光源（110）。

## 【請求項 2】

前記光源（120）は、アパーチャを有する VCSEL（350）であり、

前記光モニタは、前記アパーチャを完全に、または部分的に包囲する環状レイアウト（510）を有する、請求項 1 に記載の自己監視式光源。 10

## 【請求項 3】

前記光モニタ（130）は、単一の受光部を有するレイアウト、2つの受光部を有するレイアウト、4つの受光部を有するレイアウト、N個の受光部を有するレイアウト、および2以上の受光部を有するレイアウトのうちの1つを有し、

前記光モニタ（130）は、連続的幾何学構成、環状幾何学構成、少なくとも1つの切り欠きを有する環状幾何学構成、少なくとも第1の軸を中心として対称なレイアウト、第1の軸および第2の軸を中心として対称なレイアウト、および放射状に対称なレイアウトのうちの1つを有する、請求項 1 に記載の自己監視式光源。

## 【請求項 4】

前記半導体ダイに形成され、生成された前記光の一部を前記光モニタに導く光学素子（370）をさらに含む、請求項 1 に記載の自己監視式光源。 20

## 【請求項 5】

前記光学素子（370）は、交互ストリップパターンのグレーティング、碁盤目状パターンのグレーティング、光を前記光モニタ上の単一の受光部に導くグレーティング、光を前記光モニタ上の2以上の受光部に導くグレーティング、および光を前記光モニタ上の4つの受光部に導くグレーティングのうちの1つを含む、請求項 4 に記載の自己監視式光源。

## 【請求項 6】

前記光源（120）は、面発光型発光ダイオード、面発光型半導体レーザ、底面発光型 VCSEL、上面発光型 VCSEL、および他の面発光型光源のうちの1つである、請求項 1 に記載の自己監視式光源。 30

## 【請求項 7】

前記半導体ダイに形成された透明な層（420）と、

前記透明な層（420）に形成され、生成された前記光の一部を前記光モニタ（460）に導く光学素子（470）と

をさらに含む、請求項 1 に記載の自己監視式光源。

## 【請求項 8】

前記半導体ダイ（310）に形成され、生成された前記光の一部を前記光モニタに導く光学素子（370）をさらに含み、 40

前記光源（350）が底面発光型 VCSEL である、請求項 1 に記載の自己監視式光源。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は発光装置に関し、詳しくは、安定した一定の出力パワーを確保するためのフィードバック回路を備えた自己監視式発光装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

半導体レーザは、多くの光システムで構成部品として使用されている。面発光型半導体レーザ（VCSEL）は半導体レーザの一種である。VCSELは、他の半導体レーザに比べて低コストで製造および試験することが出来るため、多数の用途において好ましい光源となっている。しかしながら、VCSELの出力パワーは、他の半導体レーザと同様に、温度やVCSELのエージング時間に応じて変化、すなわち変動する。

【0003】

VCSELの出力パワーを定常、すなわち一定に維持する1つの方法は、VCSELの光出力を監視することである。VCSELの光出力の一部は通常、フィードバック・ループによって進路変更され、フォトダイオードのような監視素子に送られる。VCSELの出力パワーが変動すると、フィードバック回路はVCSELに供給される駆動電流を調節し、VCSELで生成される出力パワーを補正する。一般的には、ウィンドウ・ミラーと呼ばれる部分透過ミラーを使用してVCSEL光出力の一部を進路変更し、フォトダイオードに送っている。

10

【0004】

面発光型レーザ（VCSEL）から放出されるパワーを監視する1つの従来技術として、外部光学面を使用して放出レーザ・パワーの一部を分割して転向させ、それを独立した光検出装置に送る方法がある。特許文献1は、そのような方法の一例について記載している。この方法は、当時の既存の方法に比べて大幅に改善されているものの、パワーの監視を実現するために、独立した光学部品や検出コンポーネントが必要となる。

【0005】

大半の従来技術のシステムは、少なくとも次のような独立したコンポーネントを備えている。すなわち、VCSELコンポーネント、光検出コンポーネント、および光学素子である。当然ながら、有効に機能するシステムを製造するためには、光学コンポーネント、レーザ・コンポーネント、および検出コンポーネントを慎重に組み合わせ、一体化しなければならない。また、当該技術分野では、光コンポーネントを他のコンポーネントと一体化するために、複雑なシステム統合が必要であると考えられている。このシステム統合には、アライメント、複雑な組み立て工程、およびパッケージング方法などが含まれる。望ましくないことに、独立した部品またはコンポーネントの数が増加すると、パッケージ全体のサイズも増大する。さらに、製品のプラットフォームが異なれば、独立した光コンポーネント、レーザ・コンポーネント、および検出コンポーネントを統合するために、各プラットフォームごとに特別な設計が必要になる。

20

30

【0006】

【特許文献1】米国特許第6,636,540号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の課題の1つは、発光デバイスをパワー・モニタと一体化したシステムおよび方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、制限のためではなく、例示の目的で図面に描かれている。図面中、同じ参照符号は類似の要素を意味している。

40

【0009】

本発明の一実施形態による、単一の半導体ダイとして作成される自己監視式発光装置（例えば、光源）について説明する。自己監視式光源は、光を生成する光源と、生成された光の一部を受け取る光モニタとを含む。光源（例えば、面発光型光源）と光モニタは、同じ半導体ダイに形成される。この実施形態の場合、光学素子は半導体ダイに組み込んでよいし、半導体ダイとは別の素子として形成してもよい。

【0010】

本発明の一実施形態による、光源ダイおよびモニタ・ダイからなる単一のサブアセンブ

50

りとして作成される自己監視式発光装置（例えば、光源）について説明する。自己監視式光源は、光源ダイに形成された光源（例えば、面発光型光源）と、モニタ・ダイに形成されたモニタまたは検出器とを含む。光源ダイとモニタ・ダイは、単一のサブアセンブリとして結合またはパッケージングされる。この実施形態の場合、光学素子は光源ダイに形成してもよいし、モニタ・ダイに形成してもよい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

自己監視式発光装置について説明する。下記の説明では、本発明を完全に理解してもらうために、説明の目的で多数の具体的な詳細について説明する。しかしながら、それらの具体的な詳細がなくても本発明を実施できることは、当業者にとって明らかであろう。その他、周知の構造および装置については、本発明を不必要に曖昧にすることがないようにブロック図で示している。

10

【0012】

光学系100

図1は、本発明の一実施形態による自己監視式光源110を含む光学系100を示している。光学系100は、例えば、データ信号を受信し、該データ信号に基づいて光源を調節し、調節された光を光ファイバ・ケーブルのような光媒体に送り込む光送信器である場合がある。

【0013】

光学系100は、自己監視式光源110と、光学素子140と、光源110（例えば、レーザ）に駆動信号152（例えば、駆動電流）を供給する光源駆動装置150とを含む。自己監視式光源110は光モニタ130を含み、光モニタ130はレーザで生成された光の一部を受け取り、受け取った光に基づいてフィードバック信号を生成し、該フィードバック信号をレーザ駆動装置に供給する。光モニタ130は、光源で生成された光の量、またはそれによって生成されるパワーの大きさを測定する。光モニタ130には、例えば光検出器が使用される。本明細書では、光モニタ130のことを、「パワー・モニタ」、「パワー検出器」、「モニタ」、または「検出器」と呼ぶ場合がある。

20

【0014】

自己監視式光源110

光学系100は、本発明の一実施形態による自己監視式光源110（以下、自己監視式発光装置またはデバイス110とも呼ばれる）を含む。自己監視式光源110は、光源120と、光源120と共に一体に形成された光モニタ130（例えば、光検出器またはフォトランジスタ）とを含む。一実施形態において、光源120は半導体レーザ（例えば、VCSEL）である。

30

【0015】

光源120は、光学素子140に送られる光122を生成する。光122の第1の部分124はある用途のために送られ、光122の第2の部分132は光学素子140で反射され、光モニタ130に戻される。この実施形態の場合、自己監視式光源110は外部光学素子140を利用している。例えば、自己監視式光源110は、外部光学素子と一緒に組み立て、またはパッケージングしてもよい。外部光学素子140は、レーザ120で生成された光の一部を透過し、一部をモニタ130へ反射させるために使用される。光学素子140は、VCSEL光出力122の一部132を光モニタ130へ進路変更させるために、ウィンドウ・ミラーと呼ばれる部分透過ミラーを含む場合がある。

40

【0016】

光モニタ130は光の第2の部分132を測定し、フィードバック信号134を光源駆動装置150（例えば、レーザ駆動回路）に供給する。フィードバック信号134は、光源120の出力パワーの測定値を表している。光源駆動回路150は、フィードバック信号134および他の信号（例えば、データ信号）を受信し、それらに基づいて1以上の駆動信号152（例えば、駆動電流信号）を光源120に供給する。

【0017】

50

前述のように、光源 120 の出力パワー（例えば、VCSEL の出力）は、温度や時間（例えば、VCSEL のエージング）に応じて変化、すなわち変動する。光モニタ 130 は、光源 120 の光出力（例えば、VCSEL の光出力）を監視する。VCSEL の光出力の一部 132 は通常、フィードバック・ループにより光モニタ 130 へと進路変更される。VCSEL の光出力パワー 122 が変動すると、光源駆動回路 150 は VCSEL 120 に供給される駆動電流 152 を調節し、VCSEL 120 で生成される出力パワー 122 を補正する。このように、光源 120 の出力パワーは、光モニタ 130、光源駆動装置 150、および光源 120 からなるフィードバック・ループを利用して制御される。一実施形態では、このフィードバックを利用して、光源 120 の出力パワーが定常、すなわち一定に維持される。

10

## 【0018】

一実施形態では、光源（例えば、面発光型光源または VCSEL）と光モニタ（例えば、レーザで生成されるパワーを測定または監視する光検出器）が、単一の半導体ダイに一体に形成される（例えば、モノリシック集積化）場合がある。他の実施形態では、光源、光モニタ、および光学素子（例えば、グレーティング）が、単一のダイに一体に形成される場合がある。例えば、グレーティングは半導体ダイの表面上に形成される場合がある。

## 【0019】

さらに他の実施形態では、光源（例えば、VCSEL のような面発光型光源）が光源ダイに形成され、光モニタ（例えば、レーザで生成されるパワーを測定または監視する光検出器）がモニタ・ダイまたは薄膜に形成され、光源ダイとモニタ・ダイが、単一のサブアセンブリとして結合される場合がある。例えば、光源ダイとモニタ・ダイは、単一のサブアセンブリとして一体に組み立て、またはパッケージングされる場合がある。そして、自己監視式光源 110 のサブアセンブリの外部に、独立した光学素子を使用する場合がある。

20

## 【0020】

さらに他の実施形態では、光源、光モニタ、および光学素子が、単一のサブアセンブリとして結合される場合がある。この実施形態の場合、光学素子（例えば、グレーティング）は光源ダイに形成してもよいし、モニタ・ダイに形成してもよい。

## 【0021】

さらに他の実施形態では、光源が、光学素子と共に単一のダイに一体に形成される場合がある。この実施形態の場合、光学素子（例えば、グレーティング）は光源ダイの表面上に形成することができる。次いで、光学素子が組み込まれた光源ダイは、光モニタ・ダイまたは光モニタ薄膜に形成された光モニタに結合させることができる。

30

## 【0022】

さらに他の実施形態では、光モニタが、光学素子と共に単一のダイに一体に形成される場合がある。この実施形態の場合、光学素子（例えば、グレーティング）は光モニタ・ダイの表面上に形成することができる。

## 【0023】

## 光学系 200

図 2 は、本発明の一実施形態による光学素子が組み込まれた自己監視式光源 210 を含む光学系 200 を示している。光学系 200 は、例えば、データ信号を受信し、該データ信号に基づいて光源を調節し、調節された光を光ファイバ・ケーブルのような光媒体に送り込む光送信器である場合がある。

40

## 【0024】

## 光学素子が組み込まれた自己監視式光源 210

光学系 200 は、本発明の一実施形態による光学素子が組み込まれた自己監視式光源 210（以下、光学素子が組み込まれた自己監視式発光デバイス 210 と呼ぶ場合もある）を含む。自己監視式光源 210 は、光源 220 と、光源 220 と共に一体に形成された光モニタ 230 と、光源 220 および光モニタ 230 と共に一体に形成された光学素子 240 とを含む。一実施形態において、光源 220 は半導体レーザ（例えば、VCSEL）で

50

ある。この実施形態の場合、自己監視式光源 210 は内部に光学素子 240 (例えば、回折格子) を備え、自己監視式光源 210 により光の送出、反射、転向等が実施されるので、外部光学素子は不要である。

【0025】

自己監視式底面発光型 VCSEL

図 3 は、本発明の一実施形態による自己監視式光源 300 (以下、自己監視式発光装置とも呼ばれる) の側面図である。この実施形態の場合、自己監視式発光装置 300 は光源 350、光モニタ 360、および光学素子 370 を含み、それらがすべて単一の半導体ダイ (本明細書では、単一のチップまたは単一のダイとも呼ばれる) に一体に形成されている。

10

【0026】

この実施形態の場合、自己監視式光源 300 は、面発光型光源 350 (例えば、面発光型半導体レーザまたは底面発光型 VCSEL) を含む。光源 350 は、光モニタ 360 および光学素子 370 と共に一体に形成される。すなわち、光源 350、光モニタ 360、および光学素子 370 は、単一の半導体ダイ 310 (本明細書では、光源ダイまたはレーザ・ダイとも呼ばれる) に形成または作成される。光源ダイ 310 は、能動素子を処理する場所である能動層 320 を含む。能動層 320 は、レーザ・アパーチャ 350、および光モニタ 360 (例えば、光検出器) を含む。

【0027】

光源ダイ 310 は、光電子機器を製造しようとする当業者にとって既知の、砒化インジウム・ガリウム (InGaAs) または他の半導体材料 (例えば、III-V 族および III-V 族の半導体) のような半導体材料から作成することができる。モニタ 360 (例えば、光検出器) をレーザ・ダイ 310 (例えば、VCSEL ダイ) に組み込む 1 つの方法は、選択的エッチングおよびエピタキシャル再成長を利用することである。まず、モニタ領域全体からレーザ共振器を完全に除去する。次に、効率を高めるために、除去部分を比較的厚い吸収層として再成長させる。

20

【0028】

半導体ダイ 310 は底面 330 および上面 340 を有する。光学素子 370 (例えば、グレーティング) は、上面 340 に形成することができる。一実施形態において、このグレーティング 370 (例えば、回折格子) は、半導体ダイ 310 の上面にエッチングされる。グレーティング 370 は、例えば光源ダイ 310 または基板材料に表面レリーフ・パターンをエッチングすることにより、形成または作成することができる。なお、光学素子 370 は、図示のようにダイ 310 の表面全体に形成してもよいし、ダイ 310 の表面の一部 (例えば、光源 350 の直上) だけに形成してもよい。また、本発明の一実施形態によれば、このグレーティングは、後で詳しく説明するようにモニタ・ダイにエッチングされる場合もある。グレーティング 370 の上には、反射防止 (AR) 層 380 またはコーティングを形成することができる。AR 層 380 には、例えば窒化珪素層や二酸化チタン層が使用される。

30

【0029】

一実施形態において、能動層 320 は、半導体レーザ (例えば、VCSEL) 350 と、モニタ 360 とを含む。レーザ 350 には、例えば底面発光型 VCSEL が使用される。光は底面 330 のレーザ・アパーチャで生成され、基板 310 を通過して、上面の光学素子 370 (例えば、回折格子) に照射される。レーザ 350 で生成された光は、図示の光線のように、円錐状に進行することができる。

40

【0030】

光の大部分は何らかの用途 (例えば、送信器の用途) のために光源 300 から送出され、光の一部は反射されてモニタ 360 に戻され、光の一部 (図示せず) は反射されて能動層 320 (例えば、レーザ 350) 以外の領域に戻される。前述のように、反射によりモニタ 360 に戻される光の一部は測定され、駆動回路に供給され、駆動回路はレーザに供給される駆動信号を調節し、例えば温度やレーザのエイジングに起因するレーザ出力の変

50

動を補正する。

【0031】

一実施形態において光源350はVCSELであるものとして記載されているが、本発明による教示はいかなる面発光型光源にも適用することができ、限定はしないが、面発光型発光ダイオード(LED)、面発光型半導体レーザ、またはその他の面発光型光源にも適用することができる。

【0032】

自己監視式上面発光型VCSEL

図4は、本発明の他の実施形態による自己監視式光源400を示す側面図である。この実施形態の場合、自己監視式光源400は自己監視式上面発光型VCSELである。この実施形態の場合、レーザ450は上面発光型VCSELである。ダイ410(以下、光源ダイとも呼ばれる)の上には、透明材料の層420が形成される。ダイ410の上面430には、例えばエポキシのような透明材料420を堆積させることができる。

10

【0033】

透明な層420の表面440上には、または透明な層420の一部として、光学素子が形成される。一実施形態では、次に、透明な層420にグレーティング470をパターンニングする。グレーティング470のパターンニングについては、図9~図14を参照して後で詳しく説明する。任意選択で、ARコーティング480をグレーティング470に施してもよい。

【0034】

モニタ構成の例：形状および幾何学構成の例

図5は、モニタ510が本発明の一実施形態による環状幾何学構成を有する場合の、自己監視式光源の平面図である。この実施形態の場合、モニタ510は、環状幾何学構成(例えば、リング形状)を特徴とするレイアウトを有する。一実施形態では、少なくとも1つの平面または高さにおいて、レーザ・アパーチャの一部が光モニタまたは光検出器によって部分的に包囲されるようにする。他の実施形態では、少なくとも1つの平面または高さにおいて、レーザ・アパーチャが光モニタまたは光検出器によって完全に包囲されるようにする場合がある。さらに他の実施形態では、光モニタを第1の平面に配置し、光源を第2の平面に配置し、レーザ・アパーチャの光モニタの平面上への投影が、光モニタまたは光検出器によって部分的または完全に包囲されるようにする場合がある。

20

30

【0035】

この環状幾何学構成は、リング形状の対称性により、グレーティング用マスクと能動層のコンポーネントとの間の位置合わせ要件が緩和される点で有利である。例えば、グレーティングとレーザとの間の位置合わせが完全でなくても、モニタ幾何学構成が対称性であるため、反射光をモニタで捕捉することができる。

【0036】

図6は、モニタ610が本発明の他の実施形態による切欠き付き環状幾何学構成を有する場合の、自己監視式光源の平面図である。図5および図6については、後で詳しく説明する。

【0037】

図7は、自己監視式光源700の平面図である。自己監視式光源700は、光源710と、光源710と共に一体に形成されたモニタ720とを含む。この実施形態の場合、光源710は半導体レーザ(例えば、VCSEL)であり、モニタ720は本発明の一実施形態による単一の受光部724を使用する。

40

【0038】

受光部724は、任意の適当な幾何学形状(例えば、円、正方形、多角形、または他の形状)で実施することができる。また、モニタ720は複数の受光部を有してもよい。受光部は、独立した島状部(例えば、2以上の独立した不連続領域または形状)として実施してもよいし、単一の連続的形狀として実施してもよい。

【0039】

50

光モニタ（例えば、光検出器）のレイアウトとしては、限定はしないが、1以上の分離された（すなわち不連続な）島状部、1以上の連続的幾何学形状、環状幾何学形状、少なくとも1つの切欠き付きの環状幾何学形状などを有するレイアウト、少なくとも第1の軸を中心にして対称なレイアウト、第1の軸および第2の軸を中心にして対称なレイアウト、放射状に対称なレイアウトなどが可能である。さらに、この光モニタ（例えば、光検出器）のレイアウトは、例えば、単一の受光部、少なくとも2つの独立した受光部、または4つの受光部などを有するレイアウトが可能である。これらの幾何学形状および構成の例については、後で詳しく説明する。

#### 【0040】

図8は、自己監視式光源（例えば、802、804、806）のアレイ800を示す平面図である。各自己監視式光源には、光源とモニタが組み込まれている。この実施形態の場合、光源（例えば、810、820、830）は半導体レーザ（例えば、VCSEL）である。

10

#### 【0041】

この実施形態の場合、組み込まれた各モニタ（例えば、モニタ812）は、2つの受光部を使用する。例えば、モニタ812は、第1の受光部814および第2の受光部818を含む。受光部814、818は、任意の適当な幾何学形状（例えば、円、正方形、または、他の形状）で実施することができる。また、受光部814、818は、独立した島状部（例えば、2以上の独立した不連続領域または形状）として実施してもよいし、単一の連続的形狀として実施してもよい。受光部814、818を単一の連続的形狀（例えば、環状幾何学構成）として配置する例については、図5および図6に関連して上述したようなものがある。

20

#### 【0042】

この実施形態は、第1の方向（X方向または水平方向）に沿って配置された複数のレーザ（例えば、Nのレーザ）を含むアレイのような、レーザ・アレイ（例えば、VCSELアレイ）を必要とする用途に特に有用である。これらのレーザは、本発明の一実施形態による自己監視式光源を用いて実現することができる。

#### 【0043】

モニタのレイアウトとしては、少なくとも第1の軸（例えば、x軸）を中心にして対称なレイアウト、第1の軸（例えば、x軸）および第2の軸（例えば、y軸）を中心にして対称なレイアウト、および特定のポイントを中心にして半径方向（放射状）に対称なレイアウトなどが可能である。このモニタのレイアウトは、レーザ・アパーチャを部分的に包囲するものであってもよいし、完全に包囲するものであってもよい。

30

#### 【0044】

##### 光学素子の構成例

本発明の一実施形態による光学素子は、次のうちの1以上を実施する。すなわち、受け取った各光ビームを平行化し、平行光ビームを作成すること。平行光ビームを反射光ビームとしてある角度に反射させること。入射光ビームの一部を透過光ビームとして部分的に透過させること。反射光ビームをある角度に転向させ、監視光ビームとして光監視装置に向けて直接送ること。監視光ビームを光監視装置に集束させること。そして、透過光ビームを光ファイバ・ケーブルに集束させることである。一実施形態において、光学素子は、グレーティング（例えば、回折格子）として実施される。

40

#### 【0045】

図9は、本発明の一実施形態によるグレーティング910の平面図である。グレーティング910のパターンは、交互ストリップ・パターンと呼ばれる。グレーティング910は、第1の軸（例えば、X軸またはY軸）に沿って延びる複数の隆起部分920および谷間部分930を有する。グレーティング910を左から右へ進むのにつれて、隆起部分920と谷間部分930が交互に存在している。図9のグレーティングは90度回転させることもでき、その場合、第1の軸に対して垂直な第2の軸（例えば、水平軸またはX軸）に沿って延びる隆起部分および谷間部分を有するグレーティングが実現される。

50

## 【 0 0 4 6 】

図 1 0 は、図 9 のグレーティング 9 1 0 をライン 1 0 ' - 1 0 ' に沿って矢印の方向に見たときの側面図である。グレーティング 9 1 0 は、光源（例えば、レーザ）で生成された光の一部を 2 つの受光部に向けて反射させるため、図 8 に示したレイアウトを自己監視式光源に採用するのに適しているであろう。

## 【 0 0 4 7 】

図 1 1 は、本発明の他の実施形態によるグレーティング 1 1 1 0 の平面図である。図 1 2 は、グレーティング 1 1 1 0 をライン 1 2 ' - 1 2 ' に沿って矢印の方向に見たときの側面図である。図 1 3 は、グレーティング 1 1 1 0 をライン 1 3 ' - 1 3 ' に沿って矢印の方向に見たときの側面図である。グレーティング 1 1 1 0 のパターンは、碁盤目状パターンと呼ばれる。グレーティング 1 1 1 0 は、碁盤目状に配置された峰部分 1 1 2 0 および底部分 1 1 3 0 を有する。グレーティング 1 1 1 0 は、例えば、第 1 の軸（例えば、水平方向）および第 2 の軸（例えば、垂直方向）に沿って同じ周期で同じ形状を有する 2 次元交差グレーティングであってもよい。グレーティング 1 1 1 0 は、レーザで生成された光の一部を 4 つの受光部に向けて反射させるため、図 5 または図 6 に示したレイアウトを自己監視式光源に採用するのに適しているであろう。

10

## 【 0 0 4 8 】

一実施形態において、碁盤目状パターンを有するグレーティング 1 1 1 0 は、第 1 の軸および第 2 の軸に沿って同じ周期で同じ形状を有する。一実施形態では、この同じ形状間の周期を例えば 0 . 5 ミクロンにする場合があり、他の実施形態では、この同じ形状間の周期を例えば 0 . 3 5 ミクロンにする場合がある。

20

## 【 0 0 4 9 】

2 つの高さを持つグレーティング（図 9 および図 1 1 ）の処理は、当業者が利用可能な処理技術としては比較的簡単なものである点に注意して欲しい。

## 【 0 0 5 0 】

図 1 4 は、本発明のさらに他の実施形態による、監視対象となる単一領域の光を生成するのに適した傾斜グレーティング 1 4 0 0 を示している。この実施形態は、図 7 に示したレイアウトを自己監視式光源に採用するのに適しているであろう。

## 【 0 0 5 1 】

第 1 の実施形態に関する性能グラフおよび照射パターン

30

図 1 5 は、本発明の一実施形態による第 1 のモニタ幾何学構成を有する一体型レーザ / モニタに関する性能グラフである。レーザ・モニタを信頼性の高いものにするためには、モニタにより測定される光に対してモニタの応答が一定でなければならない。モニタは、特定の光特性（例えば、波長、入射角、偏光など）の影響を受けないものでなければならない。言い換えれば、モニタ応答は、受け取った全パワーの変化に応じて変化するものでなければならない。波長、偏光、および、入射角といった光の特性に応じて変動するものであってはならない。

## 【 0 0 5 2 】

図 1 5 は、次の ( 1 ) ~ ( 3 ) を偏光および入射角の関数として示している。

( 1 ) 第 1 の偏光状態のレーザ・パワーのうちの ( 何らかの用途のために ) 透過される部分を示す第 1 のグラフ線 1 5 1 0、および第 2 の偏光状態のレーザ・パワーのうちの ( 何らかの用途のために ) 透過される部分を示す第 2 のグラフ線 1 5 1 2。

40

( 2 ) 第 1 の偏光状態のレーザ・パワーのうちのモニタ（例えば、光検出器）に向けて反射される部分を示す第 3 のグラフ線 1 5 2 0、および第 2 の偏光状態のレーザ・パワーのうちのモニタ（例えば、光検出器）に向けて反射される部分を示す第 4 のグラフ線 1 5 2 2。

( 3 ) 第 1 の偏光状態のレーザ・パワーのうちのレーザに向けて反射される部分を示す第 5 のグラフ線 1 5 3 0、および第 2 の偏光状態のレーザ・パワーのうちのレーザに向けて反射される部分を示す第 6 のグラフ線 1 5 3 2。

第 1 の偏光は T E 偏光とし、第 2 の偏光は T M 偏光とすることができる。グラフ線 1 5

50

10、1520および1530がそれぞれ、グラフ線1512、1522および1532にほぼ重なっている点に注意して欲しい。

【0053】

レーザ・パワーのうちの約76%は変化を受けることなく表面を通過して直進し、レーザ・パワーのうちの約18%はモニタによって捕捉または測定され、レーザ・パワーのうちの約3%はレーザに向けて反射される。残りの3%のレーザ・パワー（上記に含まれないもの）は他のスポットへ反射され、モニタには照射されない。この応用例の場合、各グラフ線が、波長変化の影響をほとんど受けていない点に注意して欲しい。例えば波長が±20nm変動しても、グラフ線にはほんのわずかな変化しか現れない。

【0054】

一実施形態では、X方向およびY方向に沿ったグレーティング周期を約0.50μmとし、X方向およびY方向に沿った充填比を約0.5とし、波長( )を約0.98μmとし、グレーティング深さを約87nmとし、屈折率約1.45の材料から造られたARコーティングを使用する場合がある。

【0055】

図15に示すように、レーザ・ビームの特性変動によるモニタ応答の大きな変化は発生しない。レーザ照射の偏光および角度が変動すると、4つのスポットのそれぞれにおけるパワーは変化するかもしれないが、各スポットにおける変化が互いにオフセットされているので、4つのスポットの合計パワーはほぼ一定に維持される。モニタ応答が偏光や入射角の影響をあまり受けない理由は、2次元グレーティング設計であることと、4つの光スポットがモニタに投射されることによるものである。

【0056】

図6は、発光デバイス620、および切欠き付き環状幾何学構成のレイアウトを有するモニタ610（例えば、切欠き付きリング形状の光検出器）を示している。図6は、グレーティングからデバイスに反射される光スポットのオーバーレイも示している。この自己監視式レーザ設計のサイズは、デバイス間のピッチが約500μmになっている。反射スポットを1本の軸上のみ形成する1次元グレーティング（例えば、レーザ・アレイに対して垂直な）を使用すれば、約250μmのピッチを持つさらに短い間隔を実現することもでき、レーザ・アレイに適したものになるであろう。

【0057】

この実施形態の場合、ダイ604のサイズは、モニタ610を実現することが可能な約500μm<sup>2</sup>になっている。9個の光スポット（630、634、638、640、644、650、654、658、660）が存在する。中央のスポット644（合計パワーの約3%）は、レーザ・アパーチャ位置に戻る望ましくない反射のサイズおよび位置を表わしている。中央スポット・サイズは増大したが、レーザ・アパーチャに重なるのは、反射スポットのうちのほんのわずかな部分だけである。

【0058】

モニタ610によって測定され、モニタ信号を生成する4つのスポット（630、634、638、640）（全パワーの約18%）が存在する。対角線上のもっと広い角度の位置には、4つの細長い楕円スポット（650、654、658、660）（全パワーの約3%）も存在しているが、それらのパワーがモニタ610によって収集されることはない。それらの楕円スポット（650、654、658、660）が監視対象のパワーとして測定されないようにするために、環状幾何学構成のうちの幾つかの区域または領域（例えば、切欠き部）は除去されている。

【0059】

第2の実施形態に関する性能グラフおよび照射パターン

図16は、本発明の一実施形態による第2のモニタ幾何学構成を有する一体型レーザ/モニタに関する性能グラフである。第2の自己監視式レーザ設計は、次の点で第1の設計と異なる。第1に、グレーティング周期がもっと短い周期に変更または調節されている。この設計の場合、グレーティング周期は約0.35μmである。第2に、第1の設計にお

10

20

30

40

50

ける反射防止コーティングが除去されている。また、グレーティングのエッチング深さも増加している。

#### 【0060】

図16は、次の(1)～(3)を偏光および入射角の関数として示している。

(1) 第1の偏光状態のレーザ・パワーのうちの(何らかの用途のために)透過される部分を示す第1のグラフ線1610、および第2の偏光状態のレーザ・パワーのうちの(何らかの用途のために)透過される部分を示す第2のグラフ線1612。

(2) 第1の偏光状態のレーザ・パワーのうちのモニタ(例えば、光検出器)に向けて反射される部分を示す第3のグラフ線1620、および第2の偏光状態のレーザ・パワーのうちのモニタ(例えば、光検出器)に向けて反射される部分を示す第4のグラフ線1622。

(3) 第1の偏光状態のレーザ・パワーのうちのレーザに向けて反射される部分を示す第5のグラフ線1630、および第2の偏光状態のレーザ・パワーのうちのレーザに向けて反射される部分を示す第6のグラフ線1632。

第1の偏光はTE偏光とし、第2の偏光はTM偏光とすることができる。グラフ線1610、1620および1630がそれぞれ、グラフ線1612、1622および1632にほぼ重なっている点に注意して欲しい。

#### 【0061】

この実施形態の場合、透過されるパワーの部分は約82%にまで増加され、監視対象のパワーの部分は約16%になっている。全パワーのうちの約2%が、望ましくないフィードバック反射である。また、このモニタ設計は、ビームの偏光や入射角の影響をあまり受けないという優れた特性も有する。上記のパワーは、合計すると100%になる(すなわち、全パワーに相当する)。

#### 【0062】

グレーティング周期を短くすると、5つの反射スポットしか発生しなくなるので(図5参照)、システムからパワーを拡散させる余分なスポットはなくなる。本発明の一実施形態では、生成される4つの監視スポットをもっと大きな角度の位置まで拡大し、それにより、光検出器リングの幾何学構成およびダイ全体のサイズを拡大する場合がある。この例の場合、ダイ・サイズは、各エッジごとに約1000 $\mu\text{m}$ である。

#### 【0063】

グレーティングで反射された光は回折され、5つの主要なスポット(530、540、550、560、および、570)を形成し、それらがVCSELダイの背面まで投射される。4つのスポット(530、540、550、および、560)は、レーザ・アパーチャから半径方向外側に投射され、円のまわりに約90度の間隔で配置される。これら4つのスポット(530、540、550、および、560)はそれぞれ、リング形状モニタ510(例えば、環状幾何学構成のレイアウトを有する光検出器)の一部に照射される。これら4つのスポットで受け取った光のパワーをすべて加算すると、その合計は、モニタ510に入射した全パワーに相当する。第5のスポット570はグレーティングの表面からまっすぐ下に反射され、一部のパワーをレーザに送り返す。このパワーはフィードバックを不安定にする原因となりうるので、フィードバック問題を回避するためには、第5のスポット570を出来る限り小さくしなければならない。

#### 【0064】

一実施形態では、X方向およびY方向に沿ったグレーティング周期を約0.35 $\mu\text{m}$ とし、X方向およびY方向に沿った充填比を約0.5とし、波長( )を約0.98 $\mu\text{m}$ とし、グレーティング深さを約132nmとし、ARコーティングは施さない場合がある。この応用例の場合、各グラフ線が、波長の実際の変動の影響をほとんど受けていない点に注意して欲しい。例えば、波長が $\pm 20\text{nm}$ 変動しても、グラフ線にはほんのわずかな変化しか現れない。

#### 【0065】

本発明による自己監視式レーザの使用は、製品のプラットフォーム設計とはほとんど依

10

20

30

40

50

存しない。モニタ（例えば、光検出器）を動作させるためには、ダイに電力を供給してレーザー駆動信号を生成するための通常の電気接点以外にも、電気接点（例えば、1組の電極）が必要になる場合がある。これらの余分な接点を利用して、モニタ信号（例えば、モニタによって測定された全パワー）を伝達することもできる。

#### 【0066】

図17は、モニタ1760がモニタ・ダイ1710に形成され、光源1750が光源ダイ1720に形成され、モニタ・ダイ1710と光源ダイ1720が単一のサブアセンブリとして結合された、本発明の一実施形態による自己監視式光源1700を示している。この実施形態の場合、光源1750（例えば、VCSEL）は、VCSELダイ1720に形成または作成される。モニタ1760は、VCSELダイ1720とは別のモニタ・ダイ1710に形成または作成される。本発明の一実施形態によれば、モニタ・ダイ1710は、独立した構成要素としてレーザ・ダイ1720の下に形成される。モニタ・ダイ1710とレーザ・ダイ1720は、下記のプロセスにより、単一のサブアセンブリとして結合させることができる。まず、少なくとも1つの電気接点（例えば、導電性材料から形成されたパンプ、電極、または導電性パッドなど）をモニタ・ダイに形成する。次に、電気接点の上にVCSELダイを配置する。VCSELダイは、モニタ・ダイの電気接点に電気接続するための少なくとも1つの電気接点を有する。次いで、VCSELダイとモニタ・ダイとのギャップに、高屈折率のエポキシのような接着材料によるアンダーフィルを施してもよい。モニタ・ダイまたは光源ダイに1つ以上の電気トレースを設けて、電気信号の経路を定めることも可能である点に注意して欲しい。光源ダイ1720（例えば、VCSELダイ）の上には、光学素子1770（例えば、グレーティング）が形成される。光学素子1770の上には、任意選択で、反射防止（AR）コーティングを付着させてもよい。

10

20

#### 【0067】

図18は、光モニタ1860が表面処理（例えば、モニタ・フィルム1810）として実施される、本発明の一実施形態による自己監視式光源1800を示している。この実施形態の場合、光源1850（例えば、VCSEL）は光源ダイ1820に形成または作成され、モニタ1860はモニタ・フィルム1810に形成または作成される。光学素子（例えば、グレーティング）1870は、光源ダイ1820（例えば、VCSELダイの表面上に）に形成することができる。光学素子（例えば、グレーティング）1870の上には、任意選択で、反射防止（AR）コーティング1880を付着させてもよい。

30

#### 【0068】

図19は、光学素子1928をモニタ・ダイ1920と一体化し、モニタ・ダイ1920と光源ダイ1910を結合することによって単一のサブアセンブリとして形成された、本発明の一実施形態による自己監視式光源1990を示している。自己監視式光源1900は、面発光型光源を形成または作成することが可能な光源ダイ1910を含む。自己監視式光源1900は、光モニタ1924（例えば、光検出器）を形成または作成することが可能なモニタ・ダイ1920をさらに含む。光源ダイ1910は、例えば、底面発光型VCSEL、上面発光型VCSEL、または面発光型発光ダイオード（LED）などを含むことができる。モニタ・ダイ1920は、環状幾何学構成または他の幾何学構成を有し、前述のようにレイアウトされたモニタ1924を含むことができる。

40

#### 【0069】

この実施形態の場合、光学素子1928（例えば、グレーティング）はモニタ・ダイと一体化される（例えば、モニタ・ダイ1920の表面上に形成される）。モニタ・ダイ1920と光源ダイ1910を結合（例えば、組み合わせ、またはパッケージング）し、単一のサブアセンブリ1950が形成される。モニタ・ダイ1920と光源ダイ1910の間の電気接続は、光源ダイ1910に形成された1以上の電気接点1930と、モニタ・ダイ1920に形成された1以上の電気接点1940とを使用して行うことができる。モニタ・ダイ1920と光源ダイ1910のいずれか、または両方に電気トレースを設けることにより、各ダイの内部、またはダイ間において電気信号を伝達したり、サブアセンブリ

50

リ 1950 に対して電気信号を出し入れしたりすることも可能である。

【0070】

本発明の他の実施形態によれば、自己監視式発光装置は光源、モニタ、および光学素子を含み、これら3つのコンポーネントのうちの任意の2つの組み合わせが第1のダイに一体に形成され、残りの1つのコンポーネントが第2のダイに形成され、第1のダイと第2のダイが単一のサブアセンブリとして結合（例えば、組み合わせ、またはパッケージング）される場合がある。このように、本発明の種々の実施形態における自己監視式発光装置の3つのコンポーネント（例えば、光源、モニタ、および光学素子）は、様々な組み合わせおよび様々な集積度で一体化、または組み合わせることができる。例えば、面発光型光源（例えば、VCSEL）、光モニタ（例えば、光検出器）、および光学素子（例えば、回折格子）のうちの2つを単一のサブアセンブリとして一体化し、それら2つを第1のダイに形成し、第3のコンポーネントを第2のダイに形成し、第1のダイと第2のダイを単一のサブアセンブリとして組み合わせ、またはパッケージングすることにより、それら3つのコンポーネントを単一のサブアセンブリとして結合または組み合わせる場合がある。

10

【0071】

ここまで、光源（例えば、半導体レーザ）の出力パワーを監視する自己監視式発光装置の種々の実施形態について説明してきた。光モニタと光源を単一の半導体ダイまたは単一のサブアセンブリとして一体に形成し、光源（例えば、VCSEL）の出力パワーを監視することができる。他の実施形態では、光をモニタに向けて反射させるために必要とされる光学素子もさらに、単一の半導体ダイ（例えば、VCSELダイ）または単一のサブアセンブリに一体化される。光学素子は、光源ダイと一体化させてもよいし、モニタ・ダイと一体化させてもよい。本発明の種々の実施形態に従って光学素子をモニタ・ダイ、光源ダイ、または単一の半導体ダイに一体化させれば、プラットフォーム設計が単純になり、従来技術の解決法に比べて必要とされる部品点数を減らすことができ、必要な位置合わせも減り、従来技術で必要とされていた組み立ておよびパッケージングの問題が回避され、従来技術のアプローチに比べて簡潔な解決法が得られる。

20

【0072】

上記の説明において、本発明は、具体的な実施形態を参照して説明されている。しかしながら、本発明の比較的広い範囲を外れることなく種々の変更や改変を施すことも可能であることは明らかである。従って、明細書および図面は、制限を意味するものではなく、例としてみなすべきものである。

30

【図面の簡単な説明】

【0073】

【図1】本発明の一実施形態による自己監視式光源を含む光学系を示す図である。

【図2】本発明の他の実施形態による光学素子が一体化された自己監視式光源を含む光学系を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態による自己監視式光源の側面図である。

【図4】本発明の他の実施形態による自己監視式光源の側面図である。

【図5】本発明の一実施形態による環状幾何学構成でモニタがレイアウトされた、本発明の一実施形態による自己監視式光源の平面図である。

40

【図6】本発明の他の実施形態による切欠きを特徴とする環状幾何学構成でモニタがレイアウトされた、本発明の他の実施形態による自己監視式光源の平面図である。

【図7】本発明の一実施形態による単一の受光部を備えたレイアウトをモニタに使用した、自己監視式光源の平面図である。

【図8】本発明の一実施形態による2個の受光部を備えたレイアウトを各自己監視式光源に使用した、自己監視式光源アレイの平面図である。

【図9】本発明の一実施形態によるグレーティングを示す図である。

【図10】図9のライン10'-10'に沿って矢印の方向に見たときの断面図である。

【図11】本発明の他の実施形態によるグレーティングを示す図である。

【図12】図11のライン12'-12'に沿って矢印の方向に見たときの図である。

50

【図 1 3】図 1 1 のライン 1 3 ' - 1 3 ' に沿って矢印の方向に見たときの図である。

【図 1 4】本発明の他の実施形態による、監視対象となる単一領域の光を生成するのに適した傾斜グレーティングを示す図である。

【図 1 5】本発明の一実施形態による第 1 のモニタ幾何学構成を備えた自己監視式光源に関する性能グラフである。

【図 1 6】本発明の一実施形態による第 2 のモニタ幾何学構成を備えた自己監視式光源に関する性能グラフである。

【図 1 7】モニタをモニタ・ダイに形成し、光源を光源ダイに形成し、モニタ・ダイと光源ダイを単一のサブアセンブリとして結合させた、本発明の一実施形態による自己監視式光源を示す図である。

10

【図 1 8】モニタが表面処理として実施される、本発明の一実施形態による自己監視式光源を示す図である。

【図 1 9】光学素子をモニタ・ダイと一体に形成し、モニタ・ダイと光源ダイを結合させて、単一サブアセンブリとして形成された、自己監視式光源を示す図である。

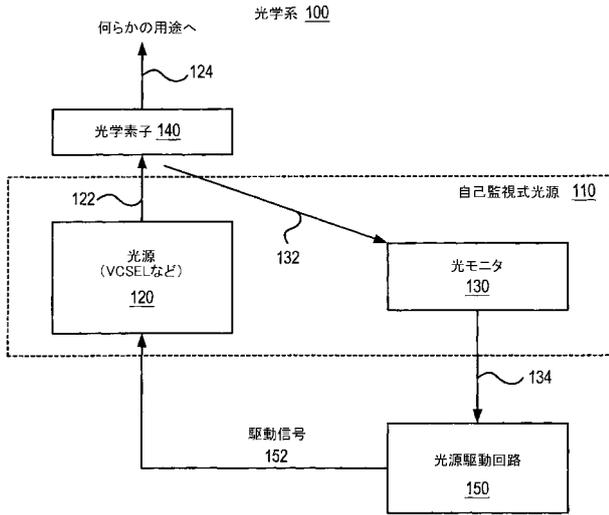
【符号の説明】

【 0 0 7 4 】

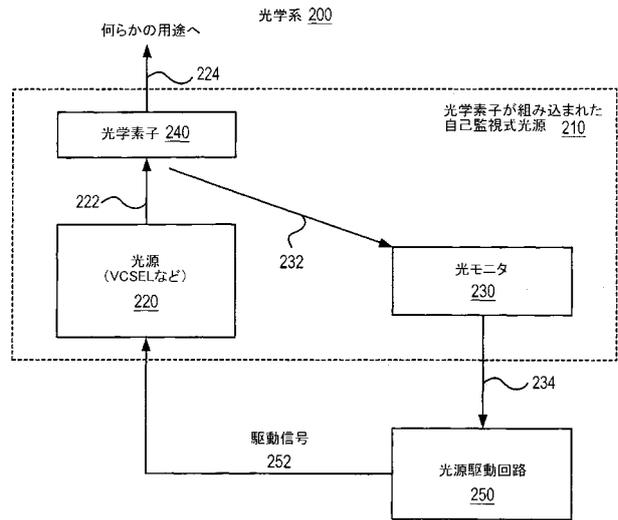
1 1 0 自己監視式光源  
 1 2 0 光源  
 1 2 2 光  
 1 3 0 光モニタ  
 1 3 2 光の一部  
 1 3 4 フィードバック信号  
 3 1 0 半導体ダイ  
 3 5 0 V C S E L  
 3 7 0 光学素子  
 4 2 0 透明な層  
 4 6 0 光モニタ  
 4 7 0 光学素子  
 5 1 0 環状レイアウト

20

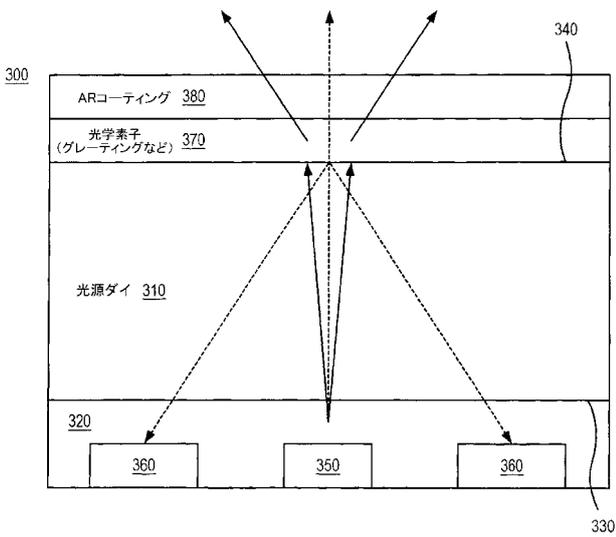
【 図 1 】



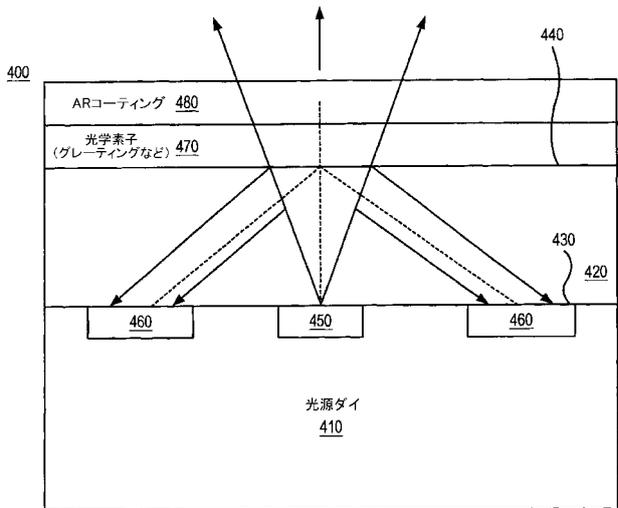
【 図 2 】



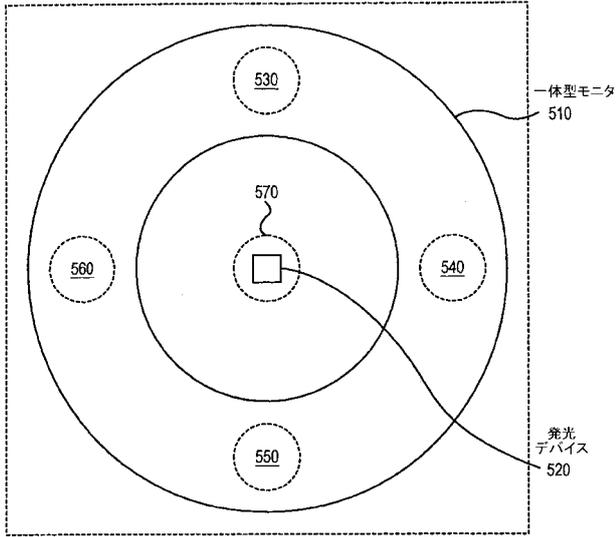
【 図 3 】



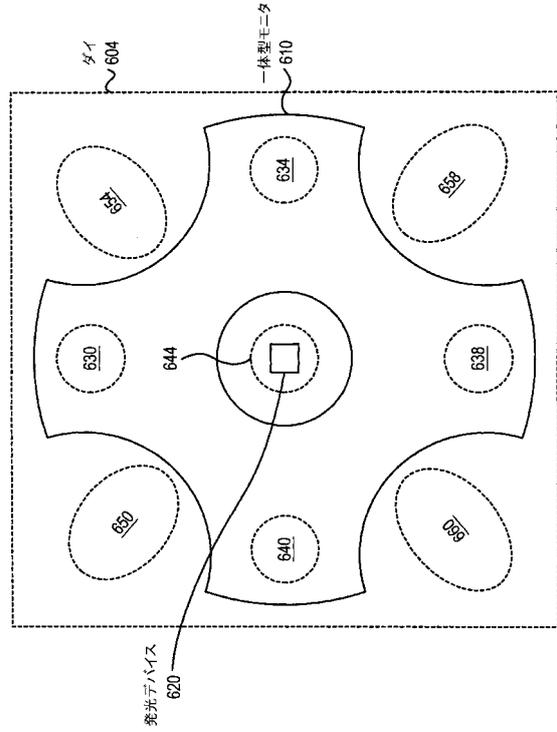
【 図 4 】



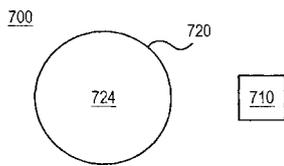
【 図 5 】



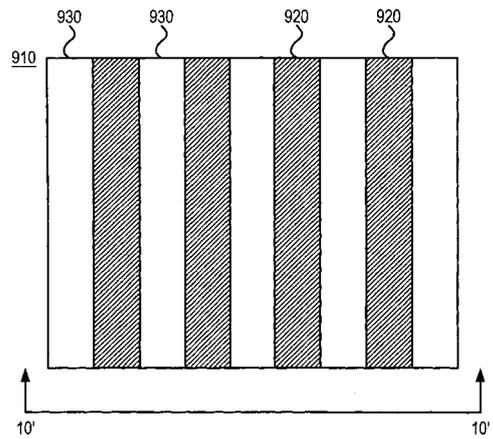
【 図 6 】



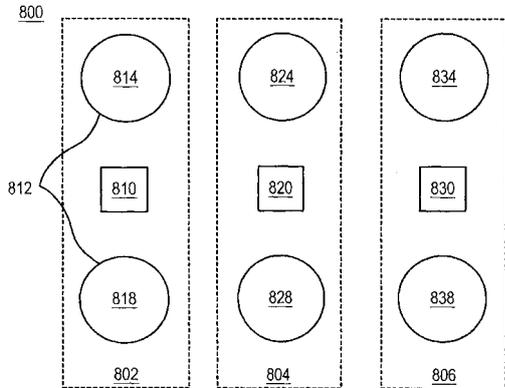
【 図 7 】



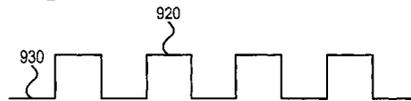
【 図 9 】



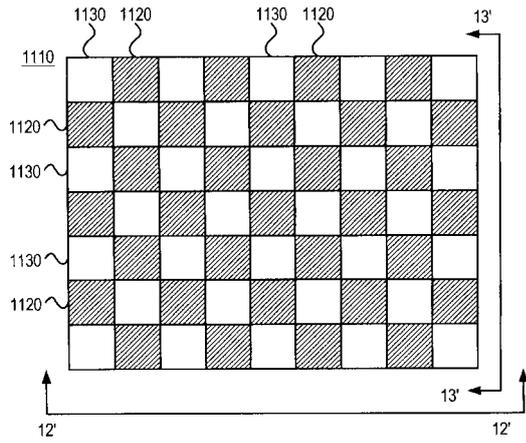
【 図 8 】



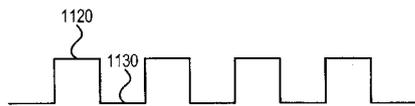
【 図 10 】



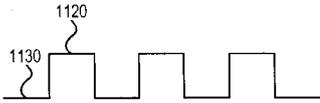
【図 1 1】



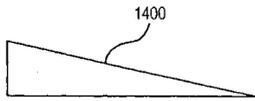
【図 1 2】



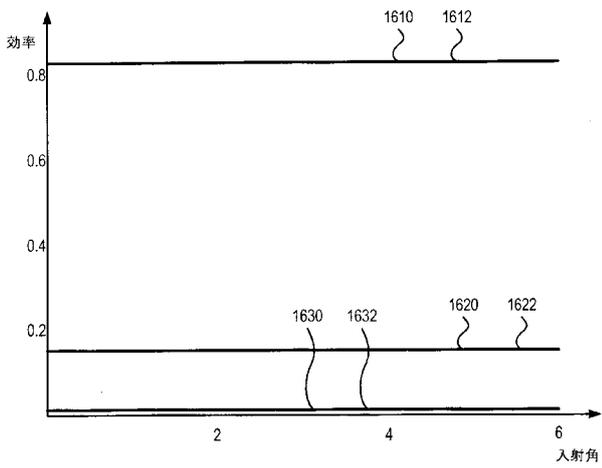
【図 1 3】



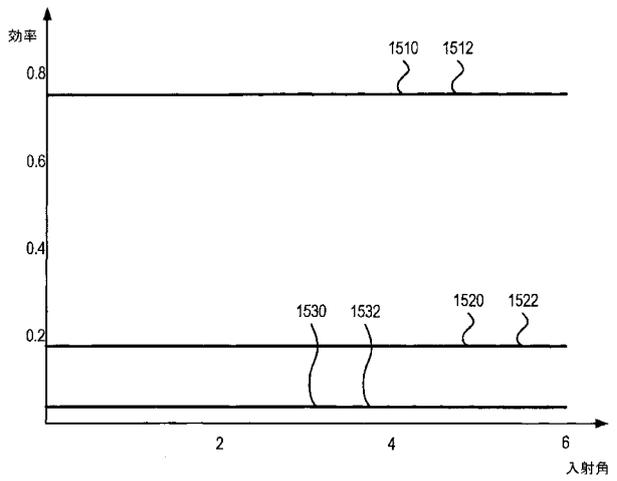
【図 1 4】



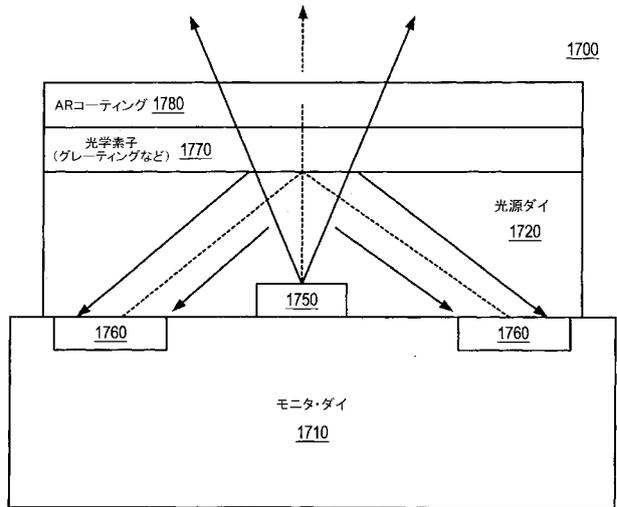
【図 1 6】



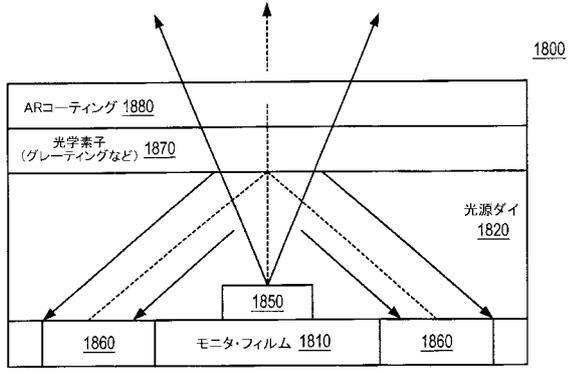
【図 1 5】



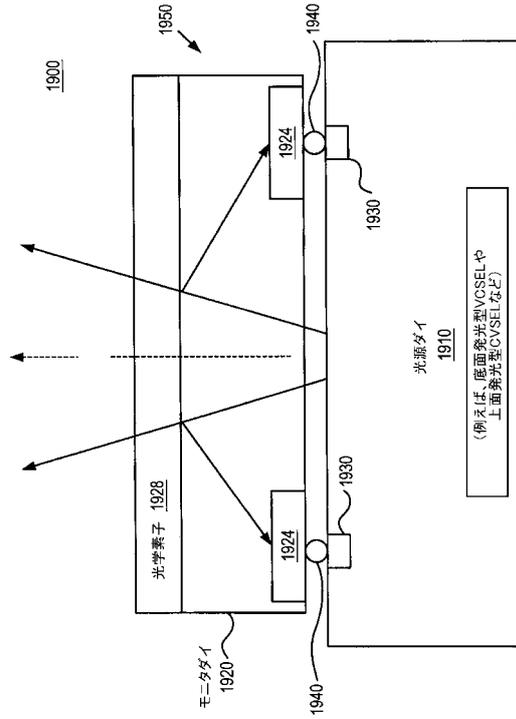
【図 1 7】



【 図 18 】



【 図 19 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 クリストファー・エル・コールマン

アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 5 0 5 0 , サンタクララ , フェアフィールド・アベニュー・ 1  
1 6 6

Fターム(参考) 5F173 AC52 AD11 AD30 AG20 AL03 AL10 SE01 SF03 SF32 SF43