

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7249787号
(P7249787)

(45)発行日 令和5年3月31日(2023.3.31)

(24)登録日 令和5年3月23日(2023.3.23)

(51)国際特許分類	F I	
G 0 9 F 9/33 (2006.01)	G 0 9 F 9/33	
H 0 1 L 33/00 (2010.01)	H 0 1 L 33/00	L
G 0 2 B 27/01 (2006.01)	G 0 2 B 27/01	
G 0 2 B 27/02 (2006.01)	G 0 2 B 27/02	Z

請求項の数 22 (全37頁)

(21)出願番号	特願2019-6880(P2019-6880)	(73)特許権者	000005049
(22)出願日	平成31年1月18日(2019.1.18)		シャープ株式会社
(65)公開番号	特開2019-152851(P2019-152851 A)		大阪府堺市堺区匠町 1 番地
(43)公開日	令和1年9月12日(2019.9.12)	(74)代理人	110000947
審査請求日	令和3年8月26日(2021.8.26)		弁理士法人あーく事務所
(31)優先権主張番号	特願2018-35299(P2018-35299)	(72)発明者	井口 勝次
(32)優先日	平成30年2月28日(2018.2.28)		大阪府堺市堺区匠町 1 番地 シャープ株
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(72)発明者	高橋 幸司
			大阪府堺市堺区匠町 1 番地 シャープ株
		(72)発明者	河西 秀典
			大阪府堺市堺区匠町 1 番地 シャープ株
		審査官	中村 直行

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 表示素子及び表示装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

駆動回路基板上に、画素を構成するマイクロ発光素子を複数備えており、前記マイクロ発光素子は、マイクロLED素子又はマイクロレーザー素子であり、前記駆動回路基板とは反対側に光を出射することで、画像を表示し、前記画素に前記光を収束させる収束部を配設し、
前記画素は複数のサブ画素を含み、前記複数のサブ画素は、前記マイクロ発光素子の発する光を、波長変換せずに出射するサブ画素と、波長変換することで前記マイクロ発光素子の発する光の波長よりも長い長波長光を出射するサブ画素を含み、前記長波長光を出射するサブ画素のみに、前記収束部を配設したことを特徴とする表示素子。

【請求項 2】

駆動回路基板上に、画素を構成するマイクロ発光素子を複数備えており、前記マイクロ発光素子は、マイクロLED素子又はマイクロレーザー素子であり、前記駆動回路基板とは反対側に光を出射することで、画像を表示し、前記画素には、前記光の放射角分布を狭める収束部を配設し、
前記画素は複数のサブ画素を含み、前記複数のサブ画素は、前記マイクロ発光素子の発する光を、波長変換せずに出射するサブ画素と、波長変換することで前記マイクロ発光素子の発する光の波長よりも長い長波長光を出射するサブ画素を含み、前記長波長光を出射するサブ画素のみに、前記収束部を配設したことを特徴とする表示素子。

【請求項 3】

駆動回路基板上に、画素を構成するマイクロ発光素子を複数備えており、前記マイクロ発光素子は、前記駆動回路基板とは反対側に光を出射することで、画像を表示し、前記画素に前記光を収束させる収束部を配設し、

前記画素は複数のサブ画素を含み、前記複数のサブ画素は、前記マイクロ発光素子の発する光を、波長変換せずに出射するサブ画素と、波長変換することで前記マイクロ発光素子の発する光の波長よりも長い長波長光を出射するサブ画素を含み、前記長波長光を出射するサブ画素のみに、前記収束部を配設したことを特徴とする表示素子。

【請求項 4】

駆動回路基板上に、画素を構成するマイクロ発光素子を複数備えており、前記マイクロ発光素子は、前記駆動回路基板とは反対側に光を出射することで、画像を表示し、前記画素には、前記光の放射角分布を狭める収束部を配設し、

10

前記画素は複数のサブ画素を含み、前記複数のサブ画素は、前記マイクロ発光素子の発する光を、波長変換せずに出射するサブ画素と、波長変換することで前記マイクロ発光素子の発する光の波長よりも長い長波長光を出射するサブ画素を含み、前記長波長光を出射するサブ画素のみに、前記収束部を配設したことを特徴とする表示素子。

【請求項 5】

前記マイクロ発光素子は青色光を発し、前記画素は前記青色光を前記駆動回路基板とは反対側に射出する青サブ画素を含み、前記青サブ画素上に、該青サブ画素のための専用の前記収束部が設けられていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までの何れか 1 項に記載の表示素子。

20

【請求項 6】

前記駆動回路基板と前記マイクロ発光素子と波長変換部とを順に積層しており、前記マイクロ発光素子は励起光を発し、前記波長変換部は前記励起光を赤色光に変換し、前記画素は前記赤色光を前記駆動回路基板とは反対側に射出する赤サブ画素を含み、前記赤サブ画素上に、該赤サブ画素のための専用の前記収束部が設けられていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までの何れか 1 項に記載の表示素子。

【請求項 7】

前記駆動回路基板と前記マイクロ発光素子と波長変換部とを順に積層しており、前記マイクロ発光素子は励起光を発し、前記波長変換部は前記励起光を緑色光に変換し、前記画素は前記緑色光を前記駆動回路基板とは反対側に射出する緑サブ画素を含み、前記緑サブ画素上に、該緑サブ画素のための専用の前記収束部が設けられていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までの何れか 1 項に記載の表示素子。

30

【請求項 8】

前記画素は複数のサブ画素を含み、前記複数のサブ画素は該複数のサブ画素のうち少なくとも 2 つのサブ画素を共用する共通の前記収束部を有することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までの何れか 1 項に記載の表示素子。

【請求項 9】

前記画素は複数のサブ画素を含み、前記サブ画素毎に前記収束部を配設したことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までの何れか 1 項に記載の表示素子。

【請求項 10】

40

前記収束部は、マイクロレンズを含むことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までの何れか 1 項に記載の表示素子。

【請求項 11】

前記マイクロレンズは柱状部とレンズ部とを含むことを特徴とする請求項 10 に記載の表示素子。

【請求項 12】

前記レンズ部の表面の曲率半径を R 、前記レンズ部の屈折率を n とすると、前記柱状部の長さは、 $R / (n - 1)$ より長いことを特徴とする請求項 11 に記載の表示素子。

【請求項 13】

前記収束部は、マイクロレンズを含むことを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載の

50

表示素子。

【請求項 1 4】

前記マイクロレンズは、その一部に励起光を吸収する特性を有することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までの何れか 1 項に記載の表示素子。

【請求項 1 5】

前記収束部と前記波長変換部との間に、励起光を反射する反射層を有することを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載の表示素子。

【請求項 1 6】

前記収束部は反射壁を含むことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までの何れか 1 項に記載の表示素子。

【請求項 1 7】

前記反射壁は傾斜していることを特徴とする請求項 1 6に記載の表示素子。

【請求項 1 8】

光出射方向から見た平面視において、前記反射壁は、前記マイクロ発光素子の発光面を覆っていないことを特徴とする請求項 1 6に記載の表示素子。

【請求項 1 9】

前記波長変換部の周囲に、遮光材からなる平坦部が配置されており、前記収束部に含まれるマイクロレンズは前記平坦部を覆って配置されていることを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載の表示素子。

【請求項 2 0】

前記波長変換部の周囲に、遮光材からなる平坦部が配置されており、前記収束部に含まれる反射壁は前記平坦部上にのみに配置されていることを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載の表示素子。

【請求項 2 1】

前記波長変換部の周囲に、遮光材からなる平坦部が配置されており、前記平坦部は、前記マイクロ発光素子の発光面を覆っていないことを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載の表示素子。

【請求項 2 2】

請求項 1 から請求項 2 1までの何れか 1 項に記載の表示素子と、結像光学素子と、コンバイナー光学素子とを含む表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、微細な発光素子であるマイクロ発光素子を複数備えた表示素子及び表示装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

駆動回路基板上に、画素を構成するマイクロ発光素子を複数備えた表示素子が提案されている。例えば、特許文献 1 には、シリコン基板上に駆動回路を形成し、その上に微小な紫外線発光ダイオード（LED）アレイを配置し、紫外光を赤、緑、青色の可視光へ変換する波長変換層を設けることで、カラー画像を表示する小型の表示素子が記載されている。

【0 0 0 3】

このような表示素子は、小型でありながら、輝度が高く、耐久性も高いという特性を有している。この為、眼鏡型端末、例えば、AR（Augmented Reality）用の眼鏡型端末（特許文献 2 参照）や、ヘッドアップディスプレイ（HUD）等の表示装置用の表示素子として期待されている。また、駆動回路を形成したシリコン基板上に、有機 EL（エレクトロルミネッセンス）を発光層として堆積した表示素子は、既に実用化されているが、輝度や耐久性の点で、改善の余地がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

【文献】特開 2 0 0 2 - 1 4 1 4 9 2 号公報

米国特許出願公開第 2 0 1 3 / 0 0 7 0 3 3 8 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

ところで、眼鏡型端末や H U D 等の表示装置は、外界からの光と表示素子からの光とをコンバイナー素子によって重ね合わせる。こうすることで、観察者に対して、外界の風景の上に、表示素子が形成する画像を重ねて表示することができる。表示素子とコンバイナー素子との間には、表示素子が形成する画像を観察者の目に結像する結像光学系が設けられている。表示素子の発する光を有効に活用する為には、前記結像光学系は表示素子が発する光をできる限り多く収束する必要がある。例えば、結像光学系の結像光学素子がレンズである場合には、レンズの口径を大きくする必要がある。また、結像光学系の結像光学素子が曲面反射鏡である場合には反射鏡の径を大きくしなければならない。このように、収束量を増やす為には、結像光学系の大きさを大きくする必要がある。結像光学系を大きくすると、眼鏡型端末や H U D 等の表示装置が大きく、重くなり、観察者にとっては好ましくない。

10

【 0 0 0 6 】

このような表示装置の装着感を改善する為には、軽く、小さくすることが重要である。しかし、表示素子の光を有効利用することで、明るい画像を提供する、動作時間を長くするといった機能改善と、小型軽量化するという要求とを両立させることが難しい。すなわち、結像光学系の大型化を招くことなく、マイクロ発光素子を複数備えた表示素子の発する光を有効利用することが求められる。

20

【 0 0 0 7 】

そこで、本発明は、マイクロ発光素子を複数備えた表示素子であって、結像光学系の大型化を招くことなく、発する光を有効利用することができる表示素子及び発光装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

前記課題を解決するために、本発明の 1 つの実施形態の表示素子では、駆動回路基板上に、画素を構成するマイクロ発光素子を複数備えており、前記マイクロ発光素子は、マイクロ L E D 素子又はマイクロレーザー素子であり、前記駆動回路基板とは反対側に光を出射することで、画像を表示し、前記画素に前記光を収束させる収束部を配設し、前記画素は複数のサブ画素を含み、前記複数のサブ画素は、前記マイクロ発光素子の発する光を、波長変換せずに出射するサブ画素と、波長変換することで前記マイクロ発光素子の発する光の波長よりも長い長波長光を出射するサブ画素を含み、前記長波長光を出射するサブ画素のみに、前記収束部を配設したことを特徴としている。

30

本発明の他の 1 つの実施形態の表示素子では、駆動回路基板上に、画素を構成するマイクロ発光素子を複数備えており、前記マイクロ発光素子は、マイクロ L E D 素子又はマイクロレーザー素子であり、前記駆動回路基板とは反対側に光を出射することで、画像を表示し、前記画素には、前記光の放射角分布を狭める収束部を配設し、前記画素は複数のサブ画素を含み、前記複数のサブ画素は、前記マイクロ発光素子の発する光を、波長変換せずに出射するサブ画素と、波長変換することで前記マイクロ発光素子の発する光の波長よりも長い長波長光を出射するサブ画素を含み、前記長波長光を出射するサブ画素のみに、前記収束部を配設したことを特徴としている。

40

本発明のさらに他の 1 つの実施形態の表示素子では、駆動回路基板上に、画素を構成するマイクロ発光素子を複数備えており、前記マイクロ発光素子は、前記駆動回路基板とは反対側に光を出射することで、画像を表示し、前記画素に前記光を収束させる収束部を配設し、前記画素は複数のサブ画素を含み、前記複数のサブ画素は、前記マイクロ発光素子の発する光を、波長変換せずに出射するサブ画素と、波長変換することで前記マイクロ発

50

光素子の発する光の波長よりも長い長波長光を出射するサブ画素を含み、前記長波長光を出射するサブ画素のみに、前記収束部を配設したことを特徴としている。

本発明のさらに他の１つの実施形態の表示素子では、駆動回路基板上に、画素を構成するマイクロ発光素子を複数備えており、前記マイクロ発光素子は、前記駆動回路基板とは反対側に光を出射することで、画像を表示し、前記画素には、前記光の放射角分布を狭める収束部を配設し、前記画素は複数のサブ画素を含み、前記複数のサブ画素は、前記マイクロ発光素子の発する光を、波長変換せずに出射するサブ画素と、波長変換することで前記マイクロ発光素子の発する光の波長よりも長い長波長光を出射するサブ画素を含み、前記長波長光を出射するサブ画素のみに、前記収束部を配設したことを特徴としている。

また、本発明の１つの実施形態のＡＲ用の表示装置は、前記表示素子と、結像光学素子と、コンバイナー光学素子とを含んでいる。前記マイクロ発光素子としては、例えば、微細なＬＥＤ（発光ダイオード）素子を複数備えたマイクロＬＥＤ素子、微細なレーザー素子を複数備えたマイクロレーザー素子を挙げることができる。

【発明の効果】

【０００９】

本発明の一態様によれば、比較的小さな結像光学系によって、効率よく結像することができる表示素子を提供することができ、軽量、小型で、明るく、エネルギー消費が少ない表示装置を実現させることができる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の断面図である。

【図２】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の画素領域の上面図である。

【図３Ａ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第１の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｂ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第２の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｃ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第３の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｄ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第４の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｅ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第５の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｆ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第６の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｇ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第７の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｈ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第８の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｉ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第９の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｊ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第１０の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｋ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第１１の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｌ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第１２の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｍ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第１３の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｎ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第１４の製造工程を示す断面図である。

【図３Ｏ】本発明の第１の実施形態に係る表示素子の第１５の製造工程を示す断面図である。

【図４Ａ】は、本発明の第１の実施形態に係る表示素子の放射角が０度での光強度で規格化した配光分布を示すグラフである。

【図４Ｂ】は、本発明の第１の実施形態に係る表示素子のピーク値で規格化した配光分布を示すグラフである。

【図５】本発明の第２の実施形態に係る表示素子の断面図である。

【図６】本発明の第２の実施形態の変形例に係る表示素子の断面図である。

【図７】本発明の第３の実施形態に係る表示素子の断面図である。

10

20

30

40

50

【図 8】本発明の第 3 の実施形態の変形例に係る表示素子の断面図である。

【図 9】本発明の第 4 の実施形態に係る表示素子の断面図である。

【図 10】本発明の第 5 の実施形態に係る表示素子の断面図である。

【図 11】本発明の第 5 の実施形態に係る表示素子の画素領域の上面図である。

【図 12 A】本発明の第 5 の実施形態に係る表示素子の第 1 の製造工程を示す断面図である。

【図 12 B】本発明の第 5 の実施形態に係る表示素子の第 2 の製造工程を示す断面図である。

【図 12 C】本発明の第 5 の実施形態に係る表示素子の第 3 の製造工程を示す断面図である。

10

【図 12 D】本発明の第 5 の実施形態に係る表示素子の第 4 の製造工程を示す断面図である。

【図 12 E】本発明の第 5 の実施形態に係る表示素子の第 5 の製造工程を示す断面図である。

【図 12 F】本発明の第 5 の実施形態に係る表示素子の第 6 の製造工程を示す断面図である。

【図 13】本発明の第 6 の実施形態に係る表示素子の断面図である。

【図 14】本発明の第 6 の実施形態の変形例に係る表示素子の断面図である。

【図 15】本発明の第 7 の実施形態に係る表示素子の断面図である。

【図 16】本発明の第 7 の実施形態の変形例に係る表示素子の断面図である。

20

【図 17】本発明の第 8 の実施形態に係る表示素子の断面図である。

【図 18】本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子の断面図である。

【図 19 A】本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子の第 1 の製造工程を示す断面図である。

【図 19 B】本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子の第 2 の製造工程を示す断面図である。

【図 19 C】本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子の第 3 の製造工程を示す断面図である。

【図 19 D】本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子の第 4 の製造工程を示す断面図である。

30

【図 19 E】本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子の第 5 の製造工程を示す断面図である。

【図 19 F】本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子の第 6 の製造工程を示す断面図である。

【図 19 G】本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子の第 7 の製造工程を示す断面図である。

【図 19 H】本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子の第 8 の製造工程を示す断面図である。

【図 19 I】本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子の第 9 の製造工程を示す断面図である。

40

【図 19 J】本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子の第 10 の製造工程を示す断面図である。

【図 19 K】本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子の第 11 の製造工程を示す断面図である。

【図 19 L】本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子の第 12 の製造工程を示す断面図である。

【図 20】本発明の第 10 の実施形態に係る A R 用の表示装置の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に記載する実施形態の説明において、駆動回路基板 50 に関する詳細な説明は省略

50

している。駆動回路基板 50 は、一例としては、LSI が形成されたシリコン基板（半導体基板）であり、公知の技術で製造できるからである。また、マイクロ発光素子は矩形、多角形、円形、楕円形など様々な平面形状を取り得るが、最も大きな長さが、 $60\text{ }\mu\text{m}$ 以下を想定している。表示素子 200 は画素領域 1 に、3 千個以上のマイクロ発光素子を集積していることを想定している。

【0012】

マイクロ発光素子（100）は、紫外光から緑色までの波長帯で発光する窒化物半導体の場合を専ら説明するが、黄緑色から赤色までの波長帯で発光する AlInGaP 系、赤色から赤外線波長帯で発光する AlGaAs 系や GaAs 系に置き換えることも可能である。

10

【0013】

また、マイクロ発光素子（100）を構成する窒化物半導体層 14 について、光放出側に N 側層 11 を配置する構成について専ら説明するが、P 側層 13 を光放出側に配置する構成も可能である。N 側層 11、発光層 12、P 側層 13 は、通常、単層ではなく複数の層を含んで最適化されているが、本特許構成とは直接関係しないので、各層の詳細な構造は記載しない。通常、発光層は N 型層と P 型層に挟まれているが、N 型層や P 型層が、ノンドープ層や、場合によっては導電性が逆のドーパントを有する層を含む場合も在り得る為、以下では N 側層、P 側層と記載する。

【0014】

< 第 1 の実施形態 >

20

以下に、本発明の第 1 の実施形態に係るマイクロ LED 素子 100 を光源として搭載する表示素子 200 について、図 1、図 2 及び図 3A ~ 図 3O を参照して説明する。本実施形態では、マイクロ発光素子としてマイクロ LED 素子を用いている。

【0015】

図 1 は、マイクロ LED 素子 100 を複数備えた表示素子 200 の断面図である。図 2 は、表示素子 200 の画素領域 1 の上面図である。

【0016】

（全体構成）

図 1 に示すように、表示素子 200 は、画素領域 1 と、共通接続領域 2 と、ダミー領域 3 と、外周部 4 とを含む。図 2 に示すように、画素領域 1 には、画素 5 がアレイ状に配置されている。各画素 5 は、青サブ画素 6、赤サブ画素 7、緑サブ画素 8 を含む。青サブ画素 6、赤サブ画素 7、緑サブ画素 8 は、それぞれ、青色光（例えばピーク波長 $460\text{ nm} \pm 15\text{ nm}$ ）、赤色光（例えばピーク波長 $630\text{ nm} \pm 15\text{ nm}$ ）、緑色光（例えばピーク波長 $520\text{ nm} \pm 15\text{ nm}$ ）を発し、それぞれの強度が調整される。これにより、画素 5 として、様々な色の光を発することができる。図 1 は、図 2 に示す A - A' 線部分の断面を表している。青サブ画素 6、赤サブ画素 7、緑サブ画素 8 は、それぞれ、マイクロ発光素子の一例であるマイクロ LED 素子 100B、100R、100G を含む。マイクロ LED 素子 100B、100R、100G は、何れも同一構造をしており、青色光を発する。以下、マイクロ LED 素子 100B、100R、100G 全体を指す場合には、マイクロ LED 素子 100 と記す。青サブ画素 6、赤サブ画素 7、緑サブ画素 8 は、図 2 に示すように、長方形を平行に並べるパターンである。尚、青サブ画素 6、赤サブ画素 7、緑サブ画素 8 はかかるパターンである必要はなく、各サブ画素に必要な大きさや、用途によって適宜、変更することができる。また、その形状は矩形に限定されない。更に、必要に応じて、黄色等、他の色のサブ画素を加えることも可能であるし、表示色としてフルカラーでない用途に用いる場合には、画素はサブ画素を 1 種又は 2 種以上含むことも可能である。

30

40

【0017】

マイクロ LED 素子 100B、100R、100G は、窒化物半導体層 14 と、P 電極 19P（第 1 の電極）と、共通 N 電極 56（第 2 の電極）とを備えている。マイクロ LED 素子 100B、100R、100G は、窒化物半導体層 14 において、光出射面側に共通 N 電極 56 を、駆動回路基板 50 側に P 電極 19P を配置している。マイクロ LED 素

50

子100の光出射側の面をマイクロLED素子100の光出射面と呼ぶ。P電極19Pは、駆動回路基板50上のP側電極51に接続されている。共通N電極56は、共通接続領域2において、プラグ55を介して、駆動回路基板50上のN側電極52に接続されている。マイクロLED素子100は、それぞれ、対応するP側電極51から電流が供給されることにより発光する。光出射方向Lは、駆動回路基板50と反対の方向であり、共通N電極56側である。マイクロLED素子100B, 100R, 100Gは、画素分離溝15によって、個別に分割されており、画素分離溝15は、埋込材20によって、埋められている。マイクロLED素子100を分離することは、画素間の光クロストークを防ぐ上で好ましい。隣接するマイクロLED素子100同士の窒化物半導体層14が接続していると、あるマイクロLED素子100において発生した光が、窒化物半導体層14を介して、隣接画素から外部へ放出される。(光クロストーク)光クロストークは表示イメージのコントラストや色純度を低下させる為、好ましくない。埋込材20は光クロストークを防止すると共に、表面を平坦化し、共通N電極56やその上の波長変換部や収束部の形成を容易にする。

10

【0018】

外周部4は、表示素子200の外縁を規定し、表示素子200を個片に切り離す為の切断領域や、ワイヤーボンダパッド等の外部回路との接続部を含む。外周部4では、窒化物半導体層14は除去されている。ダミー領域3は、表示素子200の画素領域1、共通接続領域2、外周部4以外の領域である。この領域には窒化物半導体層14が配置されているが、発光せず、表面の平坦性を確保する為に配置されている。

20

【0019】

駆動回路基板50の画素領域1には、各画素の画素駆動回路が配置され、主にダミー領域3には、行選択回路、列信号出力回路、画像処理回路、入出力回路等の電気回路が配置されている。駆動回路基板50上のダミー電極53は窒化物半導体層14を固定すると共に、これらの回路を遮光する為に配置されている。尚、図1において、符号19NはN電極を、符号19Dはダミー電極を、符号24は平坦部を、符号54は外部接続電極を、符号15Bは境界溝を、符号15Hは共通電極コンタクトホールを、符号15Oは露出帯を表している。

【0020】

(画素の構成)

30

マイクロLED素子100B, 100R, 100Gは、窒化物半導体層14を含み、窒化物半導体層14は、光出射面側から順に、N側層11と発光層12とP側層13とを含む。マイクロLED素子100B, 100R, 100Gは、それぞれ、青色光を発する。

【0021】

青サブ画素6では、共通N電極56上に透明部21(透明層)を有しており、マイクロLED素子100Bが発する青色光を、そのまま外部へ放出する。透明部21は、透明樹脂パターンからなる。透明部21は散乱粒子を含んでも良い。赤サブ画素7は、赤色波長変換部22(赤色波長変換層)を有しており、赤色光を放出する。赤色波長変換部22は、マイクロLED素子100Rが発する青色光を赤色光に波長変換する材料を含む。緑サブ画素8は、緑色波長変換部23(緑色波長変換層)を有しており、緑色光を放出する。緑色波長変換部23は、マイクロLED素子100Gが発する青色光を緑色光に波長変換する材料を含む。赤色波長変換部22及び緑色波長変換部23は、樹脂パターンである。尚、赤色波長変換部22、緑色波長変換部23を総称して、波長変換部と記す場合がある。

40

【0022】

透明部21、赤色波長変換部22及び緑色波長変換部23上には、それぞれ、マイクロレンズ25, 25, 25(収束部)が配置されている。マイクロレンズ25, 25, 25は、透明な樹脂によって、レンズ状(半球状)の形状に形成されており、透明部21、赤色波長変換部22及び緑色波長変換部23が発する光を収束させる作用を有する。マイクロレンズ25, 25, 25は、透明部21、赤色波長変換部22及び緑色波長変換部23を完全に覆っていることが好ましい。

50

【 0 0 2 3 】

赤色波長変換部 2 2 上にマイクロレンズ 2 5 が存在しない場合には、赤色波長変換部 2 2 から放出される赤色光は、放射角（赤色波長変換部 2 2 表面の鉛直線と放出光とがなす角度）で 0 度から 9 0 度まで広がっている。立体角の面積を考慮すると、放射角 4 0 度から 6 0 度程度の範囲に、赤色光の放射強度のピークがある（後述する図 4 B の A プロット参照）。従って、表示素子 2 0 0 が発する赤色光を有効に活用する為には、少なくとも放射角が 6 0 度程度までの光を収束させることが好ましい。放射角 の光を収束する為には、結像光学系の結像光学素子がレンズである場合には、レンズの焦点距離を f とすると、レンズの開口径 は、少なくとも $= 2 \cdot f \cdot \tan$ であることが好ましく、 $= 6 0$ 度では、 $3 \cdot 5 \cdot f$ となる。レンズ径が小さければ、収束されない赤色光は無駄となるばかりか、機器内部で反射して、迷光となり、表示画像のコントラストを低下させかねない。

10

【 0 0 2 4 】

この点、赤色波長変換部 2 2 上にマイクロレンズ 2 5 を配置することで、放射角の大きな光を光出射方向 L に屈折させることができる。これにより、赤色光の放射角分布を狭くさせることができ、ひいては赤色光を光軸方向に収束させることができる（図 4 B の B プロット参照）。従って、より小さなレンズ（結像光学素子）で収束効率を高めることができる。或いは、レンズサイズが同じなら、より多くの光を収束させることができる為、表示画像を明るくすることができる。一定の明るさが必要な場合には、マイクロ LED 素子の駆動電流を減らして、消費電力を低減させることができる。

20

【 0 0 2 5 】

緑色光の場合も同様である。また、青サブ画素 6 の場合には、波長変換部が存在せず、マイクロ LED 素子 1 0 0 B が発する青色光がそのまま放出されるが、青色光は発光層 1 2 において、一般には等方的に発せられる。この為、青サブ画素 6 では、赤サブ画素 7 のように波長変換部が存在する場合と、類似の放射角分布を有しており、赤色光の場合と同様の効果がある。

【 0 0 2 6 】

（製造方法）

次に、マイクロ LED 素子 1 0 0 の製造方法の一例について、図 3 A から図 3 O を参照して説明する。図 3 A から図 3 O は、それぞれ、マイクロ LED 素子 1 0 0 及び表示素子 2 0 0 の第 1 から第 1 5 の製造工程を示す断面図である。

30

【 0 0 2 7 】

図 3 A に示すように、成長基板 9 上に N 側層 1 1、発光層 1 2、及び P 側層 1 3 をこの順番で堆積することによって窒化物半導体層 1 4 を形成する。成長基板 9 としては、例えば、(1 1 1) 面シリコン基板を用いることができる。特に駆動回路基板 5 0 と同じ大きさであることが好ましい。サファイア (Al_2O_3) や SiC 等であっても良い。また、窒化物半導体層 1 4 を構成する物質としては、例えば GaN 系の半導体等の物質を用いることができる。また、窒化物半導体層 1 4 を成長基板 9 上に成長させる装置としては、例えば MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 装置を用いることができる。尚、成長基板 9 は、表面に凹凸構造を有していても良い。N 側層 1 1 は、層厚方向に導通する必要がある。この為、N 側層 1 1 は、内部に高抵抗層を含まないことが好ましく、層厚方向全体を通して N 型の良導体であることが好ましい。また、成長基板 9 に窒化物半導体層 1 4 を形成し、成長基板 9 を室温に戻した段階で、成長基板 9 の反りが小さいことが好ましい。成長基板 9 が 8 インチウエハの場合には、駆動回路基板 5 0 との貼り合せ（後述の図 3 C の工程）を容易にする為、成長基板 9 の反りが $35 \mu m$ 以下であることが好ましい。また、N 側層 1 1 内に適切なバッファ層を設けてもよい。こうすることで、成長基板 9 の反りの低減を効果的に実現させることができる。

40

【 0 0 2 8 】

発光層 1 2 は、InGaIn 層や GaIn 層からなる多重量子井戸層を含む。N 側層 1 1 及

50

びP側層13は、それぞれ、種々の多層構造により構成される。本実施形態において、N側層11、発光層12及びP側層13の具体的な構成は、特に限定されるものではなく、例えば、従来のLED素子が採用しているN側層、発光層及びP側層の構成を適宜採用することができる。従って、本実施形態では、N側層11、発光層12及びP側層13の具体的な構成に関する説明を省略する。

【0029】

尚、N側層11の厚さ t_n は、一般的に $10\mu\text{m}$ 以下を例示でき、 $5\mu\text{m} \pm 2\mu\text{m}$ 程度である場合が多い。発光層12の厚さ t_{mqw} は、一般的に 10nm 以上 200nm 以下を例示でき、 50nm 以上 100nm 以下程度である場合が多い。P側層13の厚さ t_p は、一般的に 50nm 以上 1000nm 以下を例示でき、 100nm 以上 300nm 以下程度である場合が多い。

10

【0030】

図3Bに示すように、P側層13上にP電極層19を全面に形成する。この段階では、P電極層19は成長基板9であるウエハ全面に形成され、パターンニングされていない。P電極層19としては、P側層とオーミックコンタクトが取り易いパラジウム等の金属薄膜、或いは 5nm 程度の厚さのパラジウムを界面に設けたアルミニウム薄膜等の多層金属膜、或いは透明電極であるITO（インジウム・錫・酸化物）とニッケルとアルミニウムとを積層した多層膜をP側層側に配置し、表面側には、駆動回路基板50上のP側電極51（図3C参照）との接続に適した金や銅等の金属を配置した多層膜を好適に用いることができる。

20

【0031】

図3Cに示すように、窒化物半導体層14上にP電極層19を形成した成長基板9を、P電極層19側の面が駆動回路基板50に対向するように、互いに貼り合わせる。駆動回路基板50は表示素子200の駆動回路が形成されている。駆動回路基板50は、各マイクロLED素子100を駆動する画素駆動回路、2次元アレイに配置された画素のうち、特定の行を選択する行選択回路、特定の列の発光強度信号を出力する列信号出力回路、画像処理回路等の電気回路を含んでいる。成長基板9が貼り合わせられる前の駆動回路基板50の表面には、画素領域1内で各マイクロLED素子100に電流を供給するP側電極51、51、51が、共通接続領域2でN側電極52が、ダミー領域3でダミー電極53が、外周部4で外部接続電極54が露出している。図3Aから図3Oに示す例では、1個の表示素子200の断面模式図を示しているが、実際の工程では複数の表示素子200を配置した基板状態で行われる。例えば、駆動回路基板50を8インチシリコン基板とし、表示素子200の駆動回路を数百個配置することができる。この貼り合せによって、駆動回路基板50上のP側電極51、N側電極52、ダミー電極53及び外部接続電極54と、P電極層19とが接続される。この際、貼り付けは、金属電極（例えば銅）同士を直接接続させても良いし、金属ナノ粒子を接着層として介在させて接続させても良い。本貼付け工程では、精密なアライメントを行わなくてもよい。ウエハ同士の貼り合せの場合、ウエハ同士が重なり合えば良い。尚、貼り合せの際の加熱、冷却による膨張・収縮によるストレスを避ける為、成長基板9及び駆動回路基板50は、同材料であることが好ましく、特に成長基板9及び駆動回路基板50の材料はシリコンであることが好ましい。

30

40

【0032】

次に図3Dに示す工程において、成長基板9を剥離する。例えば、成長基板9がシリコン基板の場合、研削、研磨、プラズマエッチング、ウエットエッチング等を組み合わせて、成長基板9を窒化物半導体層14から除去することができる。尚、図3Dに示す工程では、成長基板9が付いた状態で、窒化物半導体層14を駆動回路基板50と貼り合せたが、一旦、窒化物半導体層14を別の基板（転写基板）に転写した後に、駆動回路基板50に貼り合せ、転写基板を剥離しても良い。

【0033】

次いで、図3Eに示すように、画素分離溝15、15を形成する。画素分離溝15、15は、少なくとも、窒化物半導体層14から、P電極層19までをエッチングして、分割

50

する溝である。画素領域 1 では、各マイクロ LED 素子 100 が、画素分離溝 15, 15 によって個別に分割される。画素領域 1 での P 電極層 19 は、マイクロ LED 素子 100 の P 側層 13, 13, 13 と接続する P 電極 19P, 19P, 19P となる。画素領域 1 と共通接続領域 2 との境界や、共通接続領域 2 とダミー領域 3 との境界には境界溝 15B, 15B が形成される。共通接続領域 2 やダミー領域 3 を、更に境界溝 15B によって、細かく分割しても良い。共通接続領域 2 の P 電極層 19 は N 側電極 52 と接続する N 電極 19N となり、ダミー領域 3 の P 電極層 19 はダミー電極 19D となる。外周部 4 では窒化物半導体層 14 や P 電極層 19 が除去され（露出帯 15O）、外部接続電極 54 が露出する。共通接続領域 2 の窒化物半導体層 14 には、N 側電極 52 上に、共通電極コンタクトホール 15H が形成される。

10

【0034】

画素分離溝 15 の断面形状は、図 3E の断面視において、マイクロ LED 素子 100 の側壁が順テーパになること（すなわち画素分離溝 15 の幅が駆動回路基板 50 とは反対側に行くにつれて大きくなること）が好ましい。後工程の埋込材 20 形成工程において、画素分離溝 15 を埋め易くする為である。逆テーパとなると（すなわち画素分離溝 15 の幅を駆動回路基板 50 とは反対側に行くにつれて小さくすると）、気泡が側壁に残り易く、光出力のバラツキを生じ易い。但し、テーパ角度が 90 度から大きくずれると、発光層 12 の面積が減少する為、テーパ角度は 70 度から 110 度の範囲が好ましい。

【0035】

本工程以降の工程は駆動回路基板 50 に対して、処理が行われ、各パターンニングは駆動回路基板 50 に対して、精密にアライメントされる。尚、本工程は、画素分離溝 15 や境界溝 15B の形成工程と、露出帯 15O と共通電極コンタクトホール 15H の形成工程とは、分けて行っても良い。

20

【0036】

次いで、図 3F に示すように、画素分離溝 15, 15 を埋込材 20, 20 によって埋め込む一方、窒化物半導体層 14 は露出させる。また、境界溝 15B, 15B、共通電極コンタクトホール 15H や露出帯 15O も埋込材 20 ~ 20 によって埋められる。埋込材 20 ~ 20 は、後工程で共通 N 電極を形成する為に、表面を平坦化することを目的とする層であり、樹脂材でも CVD 膜でも良い。隣接画素への光の漏出を防ぐ為に、光を吸収する顔料やカーボンブラックなどを加えた樹脂でも良い。或いは反射を強化し、マイクロ LED 素子 100 の光出力を向上させる為に、反射材となる白色顔料や、散乱粒子を加えた樹脂であっても良い。或いは、画素分離溝 15 の側壁に、透明絶縁膜と反射率の高い金属膜の積層構造を設けることで、隣接画素への光漏出を防いでも良い。

30

【0037】

次いで、図 3G に示すように、共通電極コンタクトホール 15H 部の埋込材 20 を除去し、図 3H に示すように、共通電極コンタクトホール 15H をプラグ 55 で埋める。プラグ 55 はタングステン等の材料であっても良い。更に、図 3I に示すように、共通 N 電極 56 を形成する。共通 N 電極 56 は ITO 等の透明導電膜を採用しても良いし、窒化物半導体層 14 の大部分に開口部を有し、画素分離溝 15 上に金属薄膜パターンを配置した金属製のメッシュ状電極を採用しても良いし、両者を組み合わせても良い。メッシュ状電極の場合、後述の平坦部 24 と兼用しても良い。共通 N 電極 56 は、マイクロ LED 素子 100 の N 側層 11 と接続し、共通接続領域 2 において、プラグ 55 を介して、N 側電極 52 へ接続する。

40

【0038】

次に、図 3J に示すように、緑色波長変換部 23 を緑サブ画素 8 上に形成する。この工程は、波長変換粒子を混合したネガ型レジストを用いて、フォトリソグラフィ技術を用いて形成することができる。或いは、ポジ型レジストを用いて、鋳型を形成し、その上に波長変換粒子や散乱粒子を混合した樹脂を塗布する。こうすることで、凹部を埋め込み、平坦部に残った樹脂材を除去し、更にポジ型レジスト材を取り除く方法でも形成することができる。波長変換粒子は蛍光体粒子でも良いし、量子ドットや量子ロッドでも良い。波長

50

変換粒子を混合したネガ型レジストの代わりに、蛍光染料を含有させたネガ型レジストを用いても良い。

【 0 0 3 9 】

同様に、図 3 K、図 3 L に示すように、赤色波長変換部 2 2、透明部 2 1 を、それぞれ、赤サブ画素 7 上、青サブ画素 6 上に形成する。緑色波長変換部 2 3、赤色波長変換部 2 2、透明部 2 1 の厚さは、ほぼ同じとすることが好ましい。図に示すように同じ高さにすることで、収束部の形成が容易となる。尚、緑色波長変換部 2 3、赤色波長変換部 2 2、透明部 2 1 を形成する順序は、本実施例の通りである必要はなく、各材料特性等に応じて、最適な順序を選択することができる。

【 0 0 4 0 】

次いで、図 3 M に示すように、平坦部 2 4 を形成する。平坦部 2 4 は画素領域 1 では、緑色波長変換部 2 3、赤色波長変換部 2 2、透明部 2 1 の間を埋めて、表面を平坦化し、画素領域 1 以外も平坦化することを目的としている。平坦部 2 4 は、樹脂材であり、隣接サブ画素への光の漏出を防ぐ為に、光を吸収する顔料やカーボンブラックなどを加えた樹脂でも良い。逆に反射を強化し、サブ画素の光出力を向上させる為に、反射材となる白色顔料や、散乱粒子を加えた樹脂であっても良い。即ち平坦部 2 4 は吸光又は反射によって、隣接サブ画素への光の漏出を防ぐ遮光材である。

【 0 0 4 1 】

尚、本実施例では緑色波長変換部 2 3、赤色波長変換部 2 2、透明部 2 1 を形成後に、平坦部 2 4 を形成しているが、先に平坦部 2 4 を形成し、後から、緑色波長変換部 2 3、赤色波長変換部 2 2、透明部 2 1 を形成しても良い。この場合には、平坦部 2 4 を形成後には、緑色波長変換部 2 3、赤色波長変換部 2 2、透明部 2 1 を形成する領域に凹部が形成されており、後に、その凹部に緑色波長変換部 2 3、赤色波長変換部 2 2、透明部 2 1 が形成される。平坦部 2 4 は上記樹脂材に加えて、透明樹脂材表面を金属膜によって覆った物でも良いし、金属材であっても良い。この場合、金属膜や金属材は反射率の高い銀やアルミニウムが好ましい。

【 0 0 4 2 】

平坦部 2 4 は図 1 に示す様に、埋込材 2 0 の上部に配置されていることが好ましい。別の言い方をすれば、透明部 2 1 や波長変換部 2 2、2 3 がマイクロ LED 素子 1 0 0 の光出射面を完全に覆うことが好ましい。平坦部 2 4 の底面がマイクロ LED 素子 1 0 0 の光出射面と重なると、マイクロ LED 素子 1 0 0 から透明部 2 1 や波長変換部 2 2、2 3 への光取り出し効率が低下するからである。また平坦部 2 4 の側面は、透明部 2 1 や波長変換部 2 2、2 3 からの光取り出し効率を改善する為に、傾斜していることが好ましい。傾斜角度は 90 度より小さい程良いが、前記のように、平坦部 2 4 の底面がマイクロ LED 素子 1 0 0 の光出射面と重ならないことが好ましい。

【 0 0 4 3 】

次いで、図 3 N に示すように、マイクロレンズ 2 5、2 5、2 5 を形成する。マイクロレンズ 2 5、2 5、2 5 は透明樹脂をレンズ形状に成したものであり、青サブ画素 6、赤サブ画素 7、緑サブ画素 8 上に形成される。本実施例では、フォトリソグラフィ技術によって、透明樹脂パターンを形成した後に、熱処理を加え、流動化させることで、レンズ形状を形成している。マイクロレンズアレイ形状に加工した金型を、透明樹脂を塗布した駆動回路基板 5 0 に押し当てて、マイクロレンズを形成しても良い。尚、本実施例では、マイクロレンズ 2 5 は画素領域 1 のみに配置しているが、画素領域 1 の外周部において、マイクロレンズ 2 5 の形状が近接効果によってバラツキを抑制する等の目的で、ダミー領域 3 にもマイクロレンズ 2 5 を配置することができる。また、図 3 N に示すように、マイクロレンズ 2 5 は透明部 2 1 や波長変換部 2 2、2 3 を完全に覆うことが好ましい。

【 0 0 4 4 】

図 3 O に示すように、外周部 4 において平坦部 2 4 及び埋込材 2 0 が除去され、外部接続電極 5 4 が表面に露出される。駆動回路基板 5 0 上に形成された、表示素子 2 0 0 は、最終的に個別に切断され、パッケージングされる。この外周部を露出させる工程は、マイ

10

20

30

40

50

クロレンズ 25 形成後に実施することが好ましい。外周部の段差が存在すると、マイクロレンズ 25 を形成する為の樹脂の塗布膜厚が不均一となり、画素領域 1 全体で均一なマイクロレンズ 25 の形成が難しくなる。

【 0 0 4 5 】

共通 N 電極 56 や、緑色波長変換部 23、赤色波長変換部 22、透明部 21 を形成する際には、表示素子 200 の表面は、図 3 H のように、全面が平坦であることが好ましい。樹脂層を塗布する場合が多い為、表示素子 200 の表面が平坦でないと、塗布時にストリエーション等の不均一性が生じ、これにより、均一な波長変換部を形成することができないという問題が生じる。ダミー領域 3 に窒化物半導体層 14 が存在しない場合には、窒化物半導体層 14 の厚さである数 μm の高さの段差が生じる。この為、平坦性が確保されず、問題となる。従って、ダミー領域 3 における窒化物半導体層 14 は必要であり、それを固定する為のダミー電極 53 も必要である。

10

【 0 0 4 6 】

更に、マイクロレンズ 25 を形成する際にも、同様に平坦性が必要であり、平坦部 24 があることが好ましい。本実施例では、緑色波長変換部 23、赤色波長変換部 22、透明部 21 の直上にマイクロレンズ 25、25、25 を形成しているが、緑色波長変換部 23、赤色波長変換部 22、透明部 21 間の高さバラツキを緩和する目的や、緑色波長変換部 23、赤色波長変換部 22、透明部 21 と平坦部 24 との間の高低差を緩和する目的で、マイクロレンズ 25、25、25 と緑色波長変換部 23、赤色波長変換部 22、透明部 21 との間に透明樹脂層を介在させても良い。外部接続電極 54 を含む外周部 4 における外部接続電極 54 を露出させる工程は、共通 N 電極 56 や、緑色波長変換部 23、赤色波長変換部 22、透明部 21 の形成後であることが好ましい。

20

【 0 0 4 7 】

(マイクロレンズ 25 効果)

画素の一辺が $24\mu\text{m}$ 、サブ画素の大きさが $8\mu\text{m} \times 24\mu\text{m}$ の表示素子 200 において、各サブ画素にマイクロレンズ 25 を設けた。マイクロレンズの高さは約 $4\mu\text{m}$ であり、サブ画素の短辺側から見た断面形状は、ほぼ半円である。

【 0 0 4 8 】

図 4 A は、本発明の第 1 の実施形態に係る表示素子 200 の放射角 θ が 0 度での光強度で規格化した配光分布を示すグラフである。図 4 B は、本発明の第 1 の実施形態に係る表示素子 200 のピーク値の光強度で規格化した、立体角の広さを考慮した配光分布を示すグラフである。

30

【 0 0 4 9 】

緑サブ画素 8 に関して、マイクロレンズ 25 が存在しない場合 (A) と、マイクロレンズ 25 が存在する場合 (B) について、放射角依存性を調べた。放射角 θ は、図 4 A に示すように、表示素子 200 の表面に対する垂線に対して、発せられる光が成す角度である。(A)、(B) 共に、放射角 θ が 0 度での光強度で規格化してある。図 4 B は、図 4 A の分布に対して、立体角の広さを考慮した分布であり、ピーク値で規格化してある。マイクロレンズ 25 によって、光強度分布が狭くなり、より垂線付近に多くの光が発せられていることが分かる。放射角 θ が 0 度から 40 度までに発せられる光の積分強度は、(A) の場合が全体の 43% であるのに対して、(B) の場合には、全体の 56% となり、(A) の場合に比べ約 30% 増加している。このように緑サブ画素 8 にマイクロレンズ 25 を配置することで、配光分布を狭くすることができる (収束効果)。従って、例えば、眼鏡型端末や HUD 等の表示装置に表示素子 200 を用いる場合には、同じ結像光学素子に対しては、マイクロレンズ 25 を用いることで、より多くの光を収束することができる。

40

【 0 0 5 0 】

赤サブ画素 7 の場合も、ほぼ同様の効果があった。青サブ画素 6 の効果は、更に大きく、放射角 θ が 40 度までの積分強度は、マイクロレンズ 25 が存在しない場合に比べて、マイクロレンズ 25 が存在する場合には、約 35% 増加した。これは、マイクロレンズ 25 と、光源となるマイクロ LED 素子 100 B との距離が長くなる為、マイクロレンズ 2

50

5の収束能力が上がった為と考えられる。マイクロレンズ25の焦点距離 f （レンズの下側平坦面より下方に測った長さ）は、マイクロレンズ25の表面を球面近似した際の曲率半径 R とマイクロレンズ25を構成する樹脂層の屈折率 n とによって、 $f = R / (n - 1)$ で近似することができる。

【0051】

この近似式は次のようにして導出することができる。曲率半径 R_1 と R_2 の球面から構成される球面レンズの焦点距離 f は、下記のレンズメーカーの式（lens maker's formula）で表される。

$$1/f = (n - 1) \cdot (1/R_1 - 1/R_2) + d \cdot (n - 1)^2 / (n \cdot R_1 \cdot R_2)$$

n はレンズ材の屈折率、 d はレンズの厚さ、 R_1 は光の入射側の曲率半径、 R_2 は出射側の曲率半径であり、光入射側に凸の場合は正、凹型の場合は負で表される。図1の形状のマイクロレンズ25では、 $R_1 =$ 、 $R_2 = -R$ とすれば、 $1/f = (n - 1) / R$ と近似できる。

【0052】

この為、マイクロレンズ25の焦点位置は、透明部21中にあると考えられる。マイクロレンズ25の焦点位置より外側程レンズの収束能力は高い為、青サブ画素6では、収束能力が高くなったと考える。逆に焦点位置よりレンズ側では収束能力は低い。これは、赤サブ画素7や緑サブ画素8の場合には、光源が波長変換部となることから、マイクロレンズ25の焦点位置より上方に光源を多く含み、収束能力が十分ではない為と考える。

【0053】

本実施例では、1つのサブ画素に対して1個のマイクロレンズ25で覆ったが、複数のマイクロレンズで覆っても良い。例えば、本実施例では、 $24\mu\text{m}$ 幅の1つのサブ画素に対して $8\mu\text{m}$ 径の半球形のマイクロレンズを3個並べても良い。

【0054】

以上のように、緑色波長変換部23、赤色波長変換部22、透明部21の上（光出射側）に、マイクロレンズ25、25、25（収束部）を設けることで、各サブ画素が発する光の配光分布を狭めることができる。これにより、表示素子200の表示を投影する結像光学素子が収束できる光量を大幅に増加させることができる。従って、表示素子200を用いる眼鏡型端末やHUD等の表示装置は、より明るい表示が可能となる、或いは、同じ明るさでは、より消費電力を低減させることができる。

【0055】

尚、本実施形態では、窒化物半導体層14を光源材料として用いているが、例えば赤色光単色表示の場合には、AlInGaP系化合物半導体を用いることもできる。光源材料は、窒化物半導体に限定されるものではない。赤色光単色表示のように、画素部に全く波長変換部を設けない場合には、透明部21は必ずしも必要なく、マイクロ発光素子の上に収束部が設けることもできる。また、各サブ画素の発光層12として、ユーロピウム（Eu）、エルビウム（Er）、ツリウム（Tm）等の希土類元素をドーピングしたGaN等の窒化物半導体を用いることで、それぞれ赤色、緑色、青色を発光させても良い。この場合も波長変換部は必要ない。

【0056】

< 第2の実施形態 >

本発明の第2の実施形態に係る表示素子200aの断面図を図5に示す。第2の実施形態に係る表示素子200aは、表示素子200aが砲弾形状のマイクロレンズ25a、25a、25aを有する点において、第1の実施形態に係る表示素子200と異なる。それ以外の点は、第1の実施形態と変わらない。本実施形態は、第1の実施形態の青サブ画素6の状況に、赤サブ画素7、緑サブ画素8を近付け、更に収束効率を上げることを目的としている。

【0057】

図5に示すように、砲弾形状のマイクロレンズ25a、25a、25aは、ほぼ柱状形の透明樹脂層である柱状部25R、25R、25Rと、レンズ形状の透明樹脂層であるレ

レンズ部 25L, 25L, 25L とが組み合わさった形状をしている。マイクロレンズ 25a, 25a, 25a は、次のようにして形成することができる。すなわち、まず熱変形性の無い透明樹脂によって柱状部 25R, 25R, 25R を形成し、その上に熱流動性の透明樹脂のパターンを形成し、形成したパターンを加熱によってレンズ形状に変形させることでレンズ部 25L, 25L, 25L を形成することができる。或いは波長変換部と柱状部を一体で形成し、波長変換粒子を沈降させて、上部に上澄み部分を残すことで、柱状部としても良い。或いは、砲弾アレイ形状に加工した金型を、透明樹脂を塗布した駆動回路基板 50 に押し当てて、砲弾形状のマイクロレンズ 25a を形成しても良い。これにより、マイクロレンズ 25a, 25a, 25a を形成することができる。尚、柱状部 25R, 25R, 25R の平面形状はサブ画素の平面形状と同形であり、サブ画素の形状に従って、その形を変更することができる。

10

【0058】

本構成のような、砲弾形状のマイクロレンズ 25a, 25a, 25a では、レンズ形状のレンズ部 25L, 25L, 25L 部分と光源との間の距離を柱状部 25R, 25R, 25R により大きくすることができる。従って、第 1 の実施形態より収束能力を強化することができる。特にマイクロレンズ 25a, 25a, 25a の焦点位置が、波長変換部の表面か、それより上方に有ることが好ましく、柱状部 25R, 25R, 25R の高さは、 $R/(n-1)$ 以上であることが好ましい。第 1 の実施形態と同じ構成のマイクロ LED 素子 100 に対して、レンズ形状は変えずに、高さ $8\mu\text{m}$ の柱状部 25R, 25R, 25R を加えた。全体の高さは約 $12\mu\text{m}$ となる。本構成では放射角 40° までの積分強度を全体の 70% まで高めることができた。

20

【0059】

本構成によれば、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0060】

< 第 2 の実施形態の変形例 >

本発明の第 2 の実施形態の変形例に係る表示素子 200b の断面図を図 6 に示す。マイクロレンズ 25b, 25b, 25b は、柱状部 25Rb, 25Rb, 25Rb の径をレンズ部 25Lb, 25Lb, 25Lb の径よりも小さくした形状（リベットのような形状）になっている。かかる形状の意図する所は、砲弾型マイクロレンズと同じである。それ以外の点は、第 2 の実施形態に係る表示素子 200a と変わらない。

30

【0061】

本構成では、緑色波長変換部 23、赤色波長変換部 22、透明部 21 の上に開口部 27H, 27H, 27H を有するバッファ層 27 をまず形成し、その後に、マイクロレンズ材料を塗布し、パターンニングした後、加熱流動させることで、リベット型のマイクロレンズ 25b, 25b, 25b を形成する。バッファ層 27 の開口部 27H, 27H, 27H を埋めた樹脂層が柱状部 25Rb, 25Rb, 25Rb の役割を果たし、バッファ層 27 より上に出た部分がレンズ部 25Lb, 25Lb, 25Lb となる。バッファ層 27 は透明樹脂でも良いし、隣接サブ画素への光の漏洩を防ぐ為に、光吸収材や光反射材を含ませても良いし、金属膜をコーティングしても良い。また、バッファ層 27 は金属膜であっても良い。開口部 27H, 27H, 27H の形状は、サブ画素の平面形状と同形であり、サブ画素の形状に従って、その形を変更することができる。

40

【0062】

本構成によっても、第 2 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0063】

< 第 3 の実施形態 >

本発明の第 3 の実施形態に係る表示素子 200c の断面図を図 7 に示す。本発明の第 3 の実施形態に係る表示素子 200c は、第 1 の実施形態に係る表示素子 200 に対し、収束部としてマイクロレンズ 25, 25, 25 を反射壁 26 ~ 26 に置き換えた点異なる。第 1 の実施形態では、屈折によって放射光の配光分布を狭めたが、本実施形態では、反射によって配光分布を狭めている（収束させている）。緑色波長変換部 23、赤色波長変

50

換部 2 2、透明部 2 1、平坦部 2 4 以下の構成は、第 1 の実施形態と変わらない。相違点はマイクロレンズ 2 5 , 2 5 , 2 5 に代えて、反射壁 2 6 ~ 2 6 をサブ画素毎に配置している点である。サブ画素毎に反射壁 2 6 ~ 2 6 によって囲うことができる。こうすることで、各サブ画素から大きな放射角で放射される光を遮ると共に、光の放射角を変えることができる。これにより、放射角の大きな光を低減し、配光分布を狭めることができる。反射壁 2 6 ~ 2 6 は、緑色波長変換部 2 3、赤色波長変換部 2 2、透明部 2 1、平坦部 2 4 に対してほぼ垂直な矩形の壁である。図 7 に示すように、反射壁 2 6 は平坦部 2 4 上のみ配置されることが好ましい。反射壁の底部が平坦部 2 4 上からはみ出し、透明部 2 1 や、緑色波長変換部 2 3、赤色波長変換部 2 2 を覆うと、光が遮られ発光効率が低下する為、好ましくない。

10

【 0 0 6 4 】

本構成によっても、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 6 5 】

< 第 3 の実施形態の変形例 >

本発明の第 3 の実施形態の変形例に係る表示素子 2 0 0 d の断面図を図 8 に示す。第 3 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 c では、反射壁 2 6 は緑色波長変換部 2 3、赤色波長変換部 2 2、透明部 2 1、平坦部 2 4 に対してほぼ垂直な矩形の壁であったが、その断面形状は必ずしも矩形である必要はない。第 3 の実施形態の変形例に係る表示素子 2 0 0 d では、反射壁 2 6 ~ 2 6 は、図 8 に示すように、幅が駆動回路基板 5 0 とは反対側に行くにつれて小さくなる傾斜部を有している。尚、傾斜部は凹面形状を有していても良い。

20

【 0 0 6 6 】

< 第 4 の実施形態 >

本発明の第 4 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 e の断面図を図 9 に示す。第 4 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 e は、第 1 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 に対し、サブ画素（青サブ画素 6、赤サブ画素 7、緑サブ画素 8）毎に個別のマイクロレンズ 2 5 , 2 5 , 2 5 を配置するのではなく、画素 5 に対して、1 個のマイクロレンズ 2 5 e を有している点が異なる。それ以外は、第 1 の実施形態と変わらない。

【 0 0 6 7 】

画素が微細化されると、個々のサブ画素に対して、効果の高いマイクロレンズを配置することが難しくなる場合がある。このような場合には、本実施形態のように、画素 5 全体にマイクロレンズ 2 5 e を配置することが可能である。

30

【 0 0 6 8 】

マイクロレンズ 2 5 e の形状は、第 1 の実施形態の様な半球状であっても良いし、第 2 の実施形態の様な砲弾形状でも良いし、その変形例であるリベット形状でも良い。

【 0 0 6 9 】

本構成によっても、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 7 0 】

< 第 5 の実施形態 >

本発明の第 5 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 f の断面図を図 1 0 に示す。本発明の第 5 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 f の画素領域 1 の上面図を図 1 1 に示す。本実施形態は第 1 の実施形態に対し、マイクロ LED 素子 1 0 0 の代わりに、マイクロ発光素子の他の例である V C S E L (V e r t i c a l C a v i t y S u r f a c e E m i t t i n g L A S E R) タイプのマイクロレーザー素子を配置している点、緑色波長変換部 2 3 及び赤色波長変換部 2 2 上のみにマイクロレンズ 2 5 f , 2 5 f を配置している点、青サブ画素 6 f を画素 5 f の中央部に置いた点において異なるが、その他の点は変わらない。

40

【 0 0 7 1 】

図 1 1 の画素領域 1 の平面図に示すように、青サブ画素 6 f を中央部に配置し、赤サブ画素 7 f と緑サブ画素 8 f を、その両側に配置している。サブ画素の配置パターンは用途等によって、適宜変更することができる。図 1 0 は、図 1 1 に示す B - B ' 線部分の断面を表している。

50

【0072】

図10の断面図に示すように、図1に示すマイクロLED素子100B, 100R, 100GがVCSELタイプのマイクロレーザー素子100Bf, 100Rf, 100Gf(100f)に置き換えられている。これにより光源が指向性の高い青色光を発する為、青色光に関しては収束の必要性が低く、マイクロレンズを省略することができる。しかし、緑色波長変換部23及び赤色波長変換部22に関しては、波長変換によって生成された緑色光や赤色光は指向性を有し難い。従って、マイクロレーザー素子100Rf, 100Gfは、第1の実施形態と同様にマイクロレンズ25f, 25fを有することが好ましい。

【0073】

マイクロレーザー素子100Bf, 100Rf, 100Gfは、光出射側に第1反射層10を有し、駆動回路基板50側に透明電極層44と第2反射層45とを有している点が、マイクロLED素子100B, 100R, 100Gと異なる。

【0074】

マイクロレーザー素子100Bf, 100Rf, 100Gfの製造方法の一例について、図12Aから図12Fを参照して以下に説明する。図12Aから図12Fは、それぞれ、マイクロLED素子100及び表示素子200の第1から第6の製造工程を示す断面図である。

【0075】

図12Aに示すように、成長基板9上に第1反射層10、N側層11、発光層12及びP側層13をこの順番で堆積することによって窒化物半導体層14fを形成する。第1反射層10は、青色光を反射するDBR(Distributed Bragg Reflector)である。第1反射層10は、 $Al_xGa(1-x)N$ 層及びGaN層のペアを複数層重ねることによって形成することができる。例えば、GaN層厚46nm、 $Al_xGa(1-x)N$ 層47nm、計93nm厚のGaN/ $AlGa$ Nペアを20層含み、総厚は1.8 μm 程度である。

【0076】

窒化物半導体層14fの上に、更に、透明電極層44と第2反射層45とを堆積する。透明電極層44は、ITO(インジウム・錫・酸化物)等の電極層であり、厚さは50nmから600nm程度である。第2反射層45は誘電体多層膜からなるDBRである。例えば、 TiO_2 薄膜(厚さ36nm)と SiO_2 薄膜(厚さ77nm)のペアを10層、全体厚は1.1 μm 程度である。青色光に対する第2反射層45の反射率は、第1反射層10の反射率より高い。

【0077】

図12Bに示すように、第2反射層45を積層した後、フォトリソグラフィ技術及びドライエッチング技術によって、開口部46~46を形成する。開口部46~46の底部には透明電極層44が現れる。次いで、図12Cに示すように、P電極層19fを形成する。P電極層19fは開口部46~46を埋めるプラグ部分を有することが好ましい。平面部を覆う平坦な膜の部分は有ることが好ましいが、省略することもできる。次いで、図12Dに示すように、成長基板9を駆動回路基板50に貼り合せ、図12Eに示すように、成長基板9を剥離する工程は、第1の実施形態と同じである。

【0078】

図12Fに示す画素分離溝15, 境界溝15B、共通電極コンタクトホール15H及び露出帯15Oの形成においては、窒化物半導体層14fと、透明電極層44と、第2反射層45と、P電極層19fとを順にエッチングする。それ以外は第1の実施形態と同じである。以降の工程は、第1の実施形態の図3Fから図3Oに示す工程と実質的に同じであり、図10に示す表示素子200fが形成される。

【0079】

本構成によっても、第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0080】

<第6の実施形態>

10

20

30

40

50

本発明の第 6 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 g の断面図を図 1 3 に示す。第 6 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 g は、第 1 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 に対して、赤サブ画素 7、緑サブ画素 8 に配置されるマイクロレンズ 2 5 g , 2 5 g が、青色光を吸収する機能を有する点において異なる。

【 0 0 8 1 】

赤サブ画素 7、緑サブ画素 8 が励起光である青色光を放出する場合がある。青色光を十分吸収する程、波長変換部の厚さが厚くない場合に、このような青色光の漏れが生じる。このような現象は、赤色光や緑色光の色純度が低下するという問題が生じる。図 1 3 に示すように、青色光が漏れる赤サブ画素 7、緑サブ画素 8 上に、青色光を吸収する機能を有するマイクロレンズ 2 5 g , 2 5 g を配置する。こうすることで、波長変換部から漏れる青色光を低減し、色純度を向上させることができる。このようなマイクロレンズ 2 5 g , 2 5 g は、例えば熱流動性の透明樹脂母材に、青色光を吸収する染料分子を結合させることで形成することができる。尚、例えば、赤サブ画素 7 は青色光の漏れが無い場合には、マイクロレンズ 2 5 g は緑サブ画素 8 の上にだけ配置することができる。青サブ画素 6 に対しては、青色光を吸収する機能は必要ない為、第 1 の実施形態のマイクロレンズ 2 5 と同じものを配置する。

【 0 0 8 2 】

本構成の表示素子 2 0 0 g では、マイクロレンズ 2 5 とマイクロレンズ 2 5 g , 2 5 g とを、それぞれ、塗布、パターンニングした後に、加熱流動する。こうすることで、レンズ形状に加工することができる。

【 0 0 8 3 】

本構成によれば、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができ、且つ、色純度の劣化を抑制するという付加効果も得ることができる。

【 0 0 8 4 】

< 第 6 の実施形態の変形例 >

本発明の第 6 の実施形態の変形例に係る表示素子 2 0 0 h の断面図を図 1 4 に示す。第 6 の実施形態と同様の効果は、図 1 4 に示す表示素子 2 0 0 h によっても実現させることができる。表示素子 2 0 0 h は、図 6 に示す表示素子 2 0 0 b において、赤サブ画素 7 及び緑サブ画素 8 のマイクロレンズ 2 5 h , 2 5 h における柱状部 2 5 R h , 2 5 R h が青色光を吸収する青色光吸収フィルタ 2 8 (カラーフィルタ) によって構成されている。マイクロレンズ 2 5 h , 2 5 h におけるレンズ部 2 5 L h , 2 5 L h は、青色光を吸収しない透明樹脂によって構成されている。青サブ画素 6 に関しては表示素子 2 0 0 b のものと変わらない。マイクロレンズ全体にカラーフィルタ機能を持たせる必要はなく、青色光の漏れを所定量以下に抑制することができれば、マイクロレンズの一部がカラーフィルタ機能を有しておれば良い。

【 0 0 8 5 】

尚、第 6 の実施形態では、散乱性の材料によって青色光を吸収することができなかったが、本変形例では散乱性のカラーフィルタ材料を用いることができる。

【 0 0 8 6 】

本構成によれば、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができ、且つ、色純度の劣化を抑制するという付加効果も得ることができる。

【 0 0 8 7 】

< 第 7 の実施形態 >

本発明の第 7 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 i の断面図を図 1 5 に示す。本発明の第 7 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 i は、図 1 5 に示すように、第 1 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 に対して、赤サブ画素 7、緑サブ画素 8 に、マイクロレンズ 2 5 i , 2 5 i と共に、青色光反射層 2 9 が配置されている点で異なる。

【 0 0 8 8 】

青色光反射層 2 9 を配置することで、赤色波長変換部 2 2 及び緑色波長変換部 2 3 を薄くすることができる。また、波長変換部のアスペクト比を低減させることができる。これ

10

20

30

40

50

により、画素の微細化を容易に実現することができる。マイクロレンズ 25 i , 25 i は、第 1 の実施形態のマイクロレンズ 25 , 25 と変わらないが、青色光反射層 29 を完全に覆うことが好ましい。

【 0 0 8 9 】

青色光反射層 29 は、青色光を殆ど透過せず（透過率は 10 % 以下）、非常に高い反射率を有する一方、波長が 480 nm 以上の可視光に対しては、透過性を有する。一例は、誘電体多層膜による DBR であり、図 12 A に示す第 2 反射層 45 と類似の構成を有する。波長変換部を励起する青色光の大半を反射させることができる為、反射された青色光が再度波長変換部を通過する。従って、青色光の大半を波長変換する為に必要な波長変換部の厚さを、少なくとも半減させることができる。波長変換された赤色光や緑色光は、青色光反射層 29 を透過し、マイクロレンズ 25 i , 25 i によって、収束されるが、青色光反射層 29 の追加によって、レンズと波長変換部との距離が伸びる為、収束効果を増加させることができる。

10

【 0 0 9 0 】

本構成によれば、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができ、且つ、波長変換部を薄くすることができるという付加効果も得ることができる。

【 0 0 9 1 】

< 第 7 の実施形態の変形例 >

本発明の第 7 の実施形態の変形例に係る表示素子 200 j の断面図を図 16 に示す。第 7 の実施形態と同様の効果を、図 16 に示す表示素子 200 j によっても実現させることができる。表示素子 200 j は、図 6 に示した表示素子 200 b において、赤サブ画素 7 及び緑サブ画素 8 のマイクロレンズ 25 b , 25 b における柱状部 25 R b , 25 R b をマイクロレンズ 25 j , 25 j における柱状部 25 R j , 25 R j とし、柱状部 25 R j , 25 R j 部分に、青色光反射層 29 を配置した構成である。

20

【 0 0 9 2 】

本実施形態によれば、表示素子 200 j において、光出力を向上させることができる。

【 0 0 9 3 】

< 第 8 の実施形態 >

本発明の第 8 の実施形態に係る表示素子 200 k の断面図を図 17 に示す。本発明の第 8 の実施形態に係る表示素子 200 k は、第 1 の実施形態に係る表示素子 200 に対し、緑色波長変換部 23、赤色波長変換部 22、透明部 21 を有せず、画素全体に黄色波長変換部 30 を有し、青、緑、赤の各カラーフィルタを有する点が異なる。それ以外は、第 1 の実施形態と変わらない。

30

【 0 0 9 4 】

図 17 の表示素子 200 k に示すように、画素領域 1 全体に黄色波長変換部 30 が形成されている。黄色波長変換部 30 は青色光によって励起され、黄色光を発光し、全体として白色光を発する。青サブ画素 6、赤サブ画素 7、緑サブ画素 8 では、それぞれ、青カラーフィルタ 31、赤カラーフィルタ 32、緑カラーフィルタ 33 が配置されており、それぞれ、青色光、赤色光、緑色光を発する。

【 0 0 9 5 】

黄色波長変換部 30 には、YAG 蛍光体微粒子を用いることができる。YAG 蛍光体は量子ドットに比べ、安定性が高く、比較的高い温度でも使用することができる。従って、表示素子 200 k は、量子ドットや他の蛍光体材料を用いた素子に比べ、よりハイパワーで動作させることができる。本構成は、このように大きな光出力が必要な場合に有用な構成である。

40

【 0 0 9 6 】

本構成では、波長変換部として、黄色波長変換部 30 を形成するだけで済む為、製造工程が非常に簡単である。しかも画素毎に波長変換部を加工する必要がなく、一般に用いられるカラーフィルタ技術を使用することができる為、技術的にも容易である。一方で、マイクロレンズ 25 , 25 , 25 による配光分布を狭める効果は有効である。ここで、青カ

50

ラーフィルタ 3 1、赤カラーフィルタ 3 2、緑カラーフィルタ 3 3 は、散乱性が無い又は殆ど無いことが好ましい。その場合には、各カラーフィルタがマイクロレンズの柱状部と同じ役割を果たすことで、配光分布を狭める効果をより強化させることができる。

【 0 0 9 7 】

本実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 9 8 】

< 第 9 の実施形態 >

本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 1 の断面図を図 1 8 に示す。本発明の第 9 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 1 は、第 1 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 に対し、マイクロ LED 素子 1 0 0 1 (マイクロ LED 素子 1 0 0 B 1、マイクロ LED 素子 1 0 0 R 1、マイクロ LED 素子 1 0 0 G 1 を総称) が異なる。それ以外は、第 1 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 と変わらない。第 1 の実施形態に係るマイクロ LED 素子 1 0 0 は、駆動回路基板 5 0 側に P 電極 1 9 P を有し、光出射側に共通 N 電極 5 6 を有するもの (所謂、上下電極型のもの) であるが、本実施形態のマイクロ LED 素子 1 0 0 1 は片面側に P、N 両電極を有する構成である。

【 0 0 9 9 】

図 1 8 に示すように、マイクロ LED 素子 1 0 0 1 は駆動回路基板 5 0 1 側に P 電極 1 9 P 1、1 9 P 1、1 9 P 1 と N 電極 1 9 N 1、1 9 N 1、1 9 N 1 とを有している。駆動回路基板 5 0 1 には、サブ画素毎に P 側電極 5 1 1、5 1 1、5 1 1 と N 側電極 5 2 1、5 2 1、5 2 1 とが配置されている。P 側電極 5 1 1、5 1 1、5 1 1 と N 側電極 5 2 1、5 2 1、5 2 1 とは、それぞれ、P 電極 1 9 P 1、1 9 P 1、1 9 P 1 と N 電極 1 9 N 1、1 9 N 1、1 9 N 1 と接続されている。マイクロ LED 素子 1 0 0 1 には、所定の電流が流され、発光が制御される。このような構成は、表示素子 2 0 0 1 の製造工程において、第 1 の実施形態に係るマイクロ LED 素子 1 0 0 における共通 N 電極 5 6 の製造工程を省略することができ、製造が容易であるという利点がある。マイクロ LED 素子 1 0 0 1 は、例えば、高いパワーが要求されるヘッドアップディスプレイやプロジェクタ等の表示装置の用途に適している。尚、N 電極 1 9 N 1 はマイクロ LED 素子 1 0 0 1 毎に設ける必要はなく、複数のマイクロ LED 素子 1 0 0 1 が 1 個の N 電極 1 9 N 1 を共有しても良い。

【 0 1 0 0 】

第 9 の実施形態に係る表示素子 2 0 0 1 によれば、マイクロ LED 素子 1 0 0 1 は異なるものの、マイクロレンズ 2 5 による効果は、第 1 の実施形態のものと同じであり、各サブ画素が発する光の配光分布を狭めることができる。これにより、表示素子 2 0 0 1 の表示を投影する結像光学素子が収束することができる光量を大幅に増加させることができる。従って、表示素子 2 0 0 1 を用いる表示装置 (例えば投映表示装置) はより明るい表示を行うことが可能となる。或いは、同じ明るさでは、より消費電力を低減させることができる。尚、図 1 8 において、符号 1 7 は保護膜を表している。

【 0 1 0 1 】

(製造方法)

次に、マイクロ LED 素子 1 0 0 1 の製造方法の一例について、図 1 9 A から図 1 9 L を参照して説明する。図 1 9 A から図 1 9 L は、それぞれ、マイクロ LED 素子 1 0 0 及び表示素子 2 0 0 1 の第 1 から第 1 2 の製造工程を示す断面図である。図 3 A から図 3 O に示す工程と同じ工程に関する説明は省略する。図 1 9 A から図 1 9 L に示す工程の図 3 A から図 3 O に示す工程との大きな相違点は、電極の配置以外に、マイクロ LED 素子 1 0 0 1 を成長基板 9 1 上で形成し、表示素子 2 0 0 1 単位で個片化した後、個片単位で駆動回路基板 5 0 1 上に貼り付ける、という点である。

【 0 1 0 2 】

図 1 9 A に示すように、成長基板 9 1 上に窒化物半導体層 1 4 を形成する点は第 1 の実施形態と同じであるが、本形態では成長基板 9 1 として、例えば、(0 0 0 1) 面サファイア基板を用いることができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 3 】

図 1 9 B に示すように、P 側層 1 3、発光層 1 2 と N 側層 1 1 の一部とをエッチングしてメサ 1 6 を形成した後、図 1 9 C に示すように、保護膜 1 7 で覆う。保護膜 1 7 は例えば、二酸化ケイ素 (SiO_2) である。次いで、図 1 9 D に示すように、メサ 1 6 頂上部の P 側層 1 3 上には P 側コンタクトホール 1 8 P , 1 8 P , 1 8 P を、メサ 1 6 底部の N 側層 1 1 露出部には N 側コンタクトホール 1 8 N , 1 8 N , 1 8 N を開口する。次いで、図 1 9 E に示すように、P 側コンタクトホール 1 8 P , 1 8 P , 1 8 P 及び N 側コンタクトホール 1 8 N , 1 8 N , 1 8 N のそれぞれに P 電極 1 9 P 1 , 1 9 P 1 , 1 9 P 1、N 電極 1 9 N 1 , 1 9 N 1 , 1 9 N P 1 を形成する。次いで、図 1 9 F に示すように、保護膜 1 7 及び窒化物半導体層 1 4 をエッチングし、画素分離溝 1 5 ~ 1 5 を形成し、各マイクロ LED 素子 1 0 0 1 に分離する。

10

【 0 1 0 4 】

本構成では、発光層 1 2 側からドライエッチング技術によって加工して行く為、図 1 9 F に示すように、メサ 1 6 の傾斜した側面が発光層 1 2 を覆い、マイクロ LED 素子 1 0 0 1 の N 側層 1 1 の側面を傾斜させることが容易である。いずれの側面も光出射方向に対して、開くように傾斜しており、マイクロ LED 素子 1 0 0 1 の光取出し効率を高めることができる。更に、画素分離溝 1 5 の側壁を高反射性の金属膜で覆うことで、マイクロ LED 素子 1 0 0 1 の側面からの光漏出を防止し、光出射方向への光取出し効率を高めることができる。N 側層 1 1 の側面と前記金属膜の間に、透明絶縁膜を配置することで、一層、マイクロ LED 素子 1 0 0 1 の光取出し効率を高めることができる。

20

【 0 1 0 5 】

図示していないが、マイクロ LED 素子 1 0 0 1 が形成された成長基板 9 1 は研磨され、表示素子 2 0 0 1 単位で切断され、個片化される。個片化された状態で、図 1 9 G に示すように、駆動回路基板 5 0 1 上に貼り合せられる。駆動回路基板 5 0 1 はウエハ状態でも良いし、表示素子 2 0 0 1 単位に分割されたチップ状態でも良いが、以下ではウエハ状態として説明する。

【 0 1 0 6 】

次いで、図 1 9 H に示すように、成長基板 9 1 を剥離する。図 1 9 G の貼り合せ状態は仮接着に留め、図 1 9 H の成長基板 9 1 剥離後に、本接続することが望ましい。これは、成長基板 9 1 が存在する状態では、成長基板 9 1 と駆動回路基板 5 0 1 の熱膨張が異なる場合には、大きな温度上昇を伴う処理は難しい為、成長基板 9 1 剥離後に、温度上昇を伴う本接続を行うことが好ましいからである。このような本接続の後では、各マイクロ LED 素子 1 0 0 1 を駆動回路基板 5 0 1 による制御によって、発光させることができる。従って、各マイクロ LED 素子 1 0 0 1 の特性をテストすることができる。不良のマイクロ LED 素子 1 0 0 1 を駆動回路基板 5 0 1 による制御によって、検出することができる。従って、各マイクロ LED 素子 1 0 0 1 の不良が検出された場合には、不良のマイクロ LED 素子 1 0 0 1 を除去し、正常品を貼り付けることで、修復することができる。本実施形態では、マイクロ LED 素子 1 0 0 1 の電氣的接続が駆動回路基板 5 0 1 側にしか無い為、このような修復を容易に行うことができるという点も利点である。

30

【 0 1 0 7 】

以降の工程は、図 1 9 I ~ 図 1 9 L に示すが、図 1 9 I は図 3 F と同様の埋込材 2 0 形成工程であり、図 1 9 J ~ 図 1 9 L は、それぞれ、図 3 M ~ 図 3 O に示す工程と同じ工程である為、説明は省略する。本実施形態では図 1 9 I に示すように、駆動回路基板 5 0 1 上に置いて行っているが、図 1 9 F の後に成長基板 9 1 上で行っても良い。

40

【 0 1 0 8 】

以上のように、マイクロ LED 素子の電極配置の如何にかかわらずマイクロレンズ 2 5 , 2 5 , 2 5 を配置することは可能である。また、予め成長基板上でマイクロ LED 素子を形成し、表示素子単位で駆動回路基板に貼り合せる場合でも、マイクロレンズ 2 5 , 2 5 , 2 5 を配置することは可能である。

【 0 1 0 9 】

50

< 第 10 の実施形態 >

本発明の第 10 の実施形態に係る AR 用の表示装置 300 の模式図を図 20 に示す。本実施形態は、これまで示した表示素子 200, 200a ~ 200l を用いた AR 用の表示装置 300 である。

【0110】

図 20 に示すように、AR 用の表示装置 300 は、表示素子 200, 200a ~ 200l と、結像光学素子 310 と、コンバイナー光学素子 320 を少なくとも含む。結像光学素子 310 は、図 20 に示す例に示すように、レンズであっても良いし、凹面鏡であっても良い。コンバイナー光学素子 320 は、図 20 の例に示すようにハーフミラーであっても良いし、偏光ビームスプリッタ、回折光学素子等の光学素子であっても良い。コンバイナー光学素子 320 は、観察者の目 350 の前面に配置され、外界からの光 330 の一部を透過する。同時にコンバイナー光学素子 320 は、表示素子 200, 200a ~ 200l が表示する画像を結像光学素子 310 が収束、投映する光 340 を外界からの光 330 に重ね合わせて観察者の目 350 へ届ける。このようにして、外界の風景に、表示素子 200, 200a ~ 200l の表示が重なって、観察者に認知される。

10

【0111】

表示素子 200, 200a ~ 200l を用いることで、結像光学素子 310 が収束することができる光量を大幅に増加させることができる。従って、表示素子 200, 200a ~ 200l を用いる AR 用の表示装置 300 はより明るい表示を行うことが可能となる。或いは、同じ明るさでは、より消費電力を低減させることができる。

20

【0112】

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。さらに、各実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を組み合わせることにより、新しい技術的特徴を形成することができる。

【符号の説明】

【0113】

- 1 画素領域
- 2 共通接続領域
- 3 ダミー領域
- 4 外周部
- 5, 5f 画素
- 6, 6f 青サブ画素
- 7, 7f 赤サブ画素
- 8, 8f 緑サブ画素
- 9, 9l 成長基板
- 10 第 1 反射層
- 11 N 側層
- 12 発光層
- 13 P 側層
- 14, 14f 窒化物半導体層
- 15 画素分離溝
- 15B 境界溝
- 15H 共通電極コンタクトホール
- 15O 露出帯
- 16 メサ
- 17 保護膜
- 18P P 側コンタクトホール
- 18N N 側コンタクトホール

30

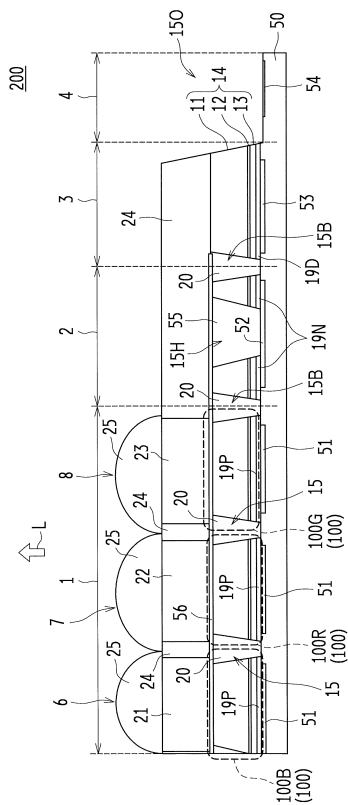
40

50

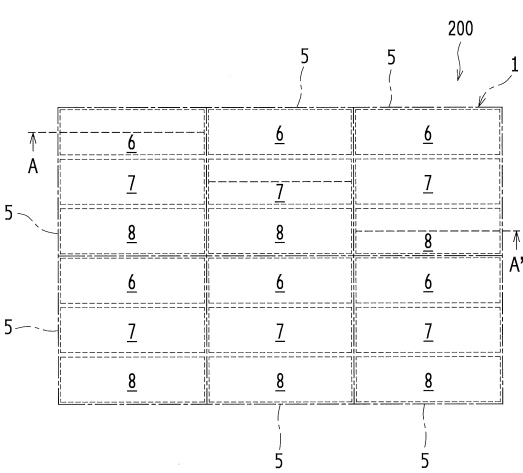
1 9 , 1 9 f	P 電極層	
1 9 P , 1 9 P l	P 電極	
1 9 N , 1 9 N l	N 電極	
1 9 D	ダミー電極	
2 0	埋込材	
2 1	透明部	
2 2	赤色波長変換部	
2 3	緑色波長変換部	
2 4	平坦部	
2 5 , 2 5 a , 2 5 b , 2 5 e , 2 5 f , 2 5 g , 2 5 h , 2 5 i , 2 5 j	マイクロ	10
レンズ		
2 5 R , 2 5 R b , 2 5 R h , 2 5 R j	マイクロレンズの柱状部	
2 5 L , 2 5 L b , 2 5 L h	レンズ部	
2 6	反射壁	
2 7	バッファ層	
2 7 H	バッファ層の開口部	
2 8	青色光吸収フィルタ	
2 9	青色光反射層	
3 0	黄色波長変換部	
3 1	青カラーフィルタ	20
3 2	赤カラーフィルタ	
3 3	緑カラーフィルタ	
4 4	透明電極層	
4 5	第 2 反射層	
4 6	開口部	
5 0 , 5 0 l	駆動回路基板	
5 1 , 5 1 l	P 側電極	
5 2 , 5 2 l	N 側電極	
5 3	ダミー電極	
5 4	外部接続電極	30
5 5	プラグ	
5 6	共通 N 電極	
1 0 0 , 1 0 0 l	マイクロ LED 素子	
1 0 0 B , 1 0 0 B l	マイクロ LED 素子 (青サブ画素)	
1 0 0 R , 1 0 0 R l	マイクロ LED 素子 (赤サブ画素)	
1 0 0 G , 1 0 0 G l	マイクロ LED 素子 (緑サブ画素)	
1 0 0 B f	マイクロレーザー素子 (青サブ画素)	
1 0 0 R f	マイクロレーザー素子 (赤サブ画素)	
1 0 0 G f	マイクロレーザー素子 (緑サブ画素)	
2 0 0 , 2 0 0 a , 2 0 0 b , 2 0 0 c , 2 0 0 d , 2 0 0 e , 2 0 0 f , 2 0 0 g ,		40
2 0 0 h , 2 0 0 i , 2 0 0 j , 2 0 0 k , 2 0 0 l	表示素子	
3 0 0	A R 用の表示装置	
3 1 0	結像光学素子	
3 2 0	コンバイナー光学素子	
3 3 0	外界よりの光	
3 4 0	表示素子よりの光	
3 5 0	観察者の目	
L	光出射方向	

【図面】

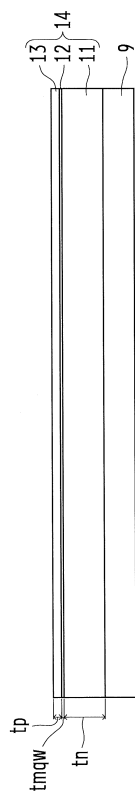
【図 1】



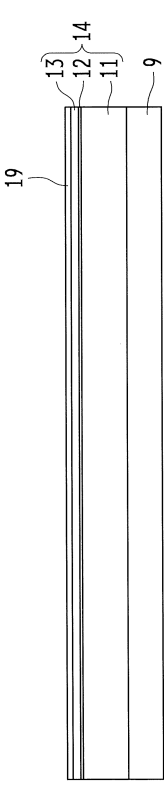
【図 2】



【図 3 A】



【図 3 B】



10

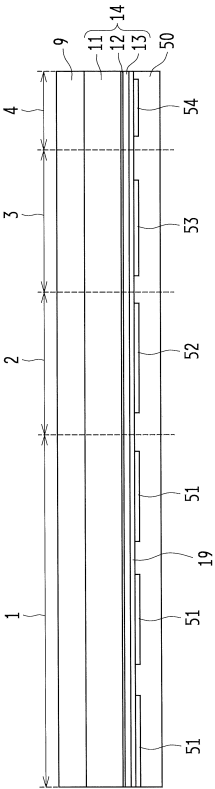
20

30

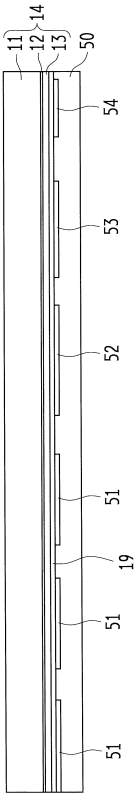
40

50

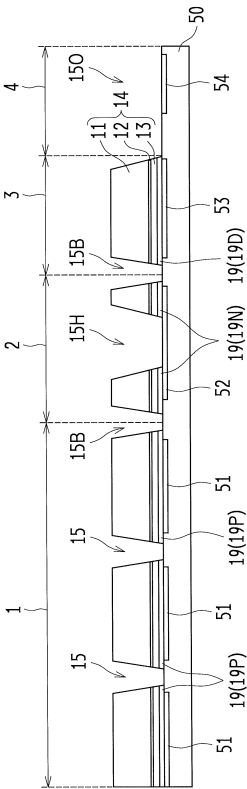
【図 3 C】



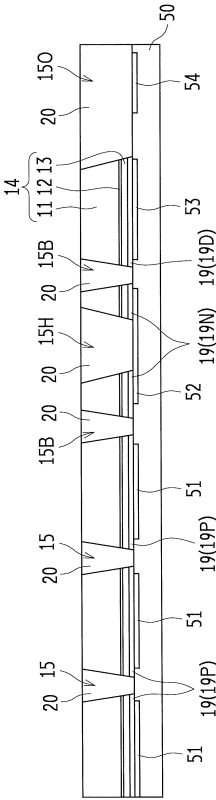
【図 3 D】



【図 3 E】



【図 3 F】



10

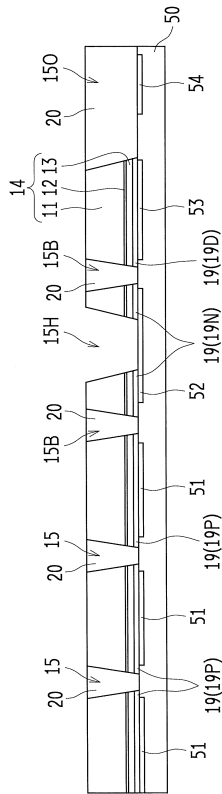
20

30

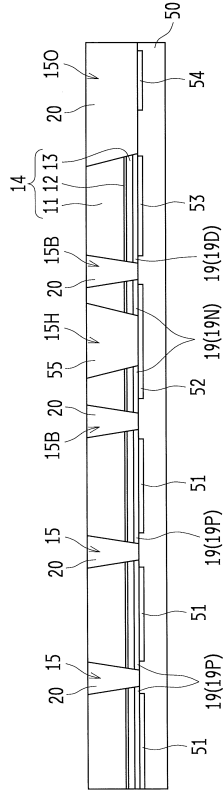
40

50

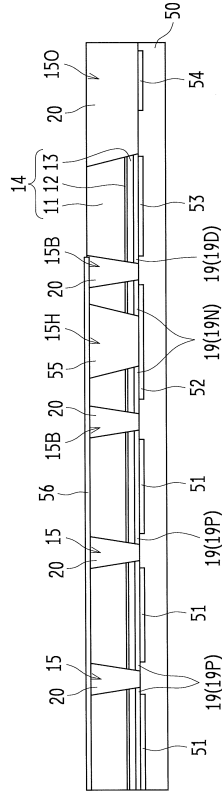
【図 3 G】



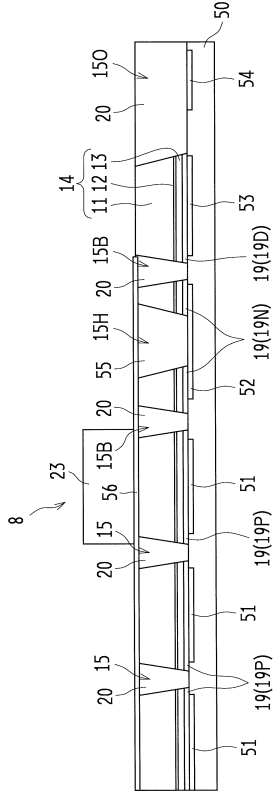
【図 3 H】



【図 3 I】



【図 3 J】



10

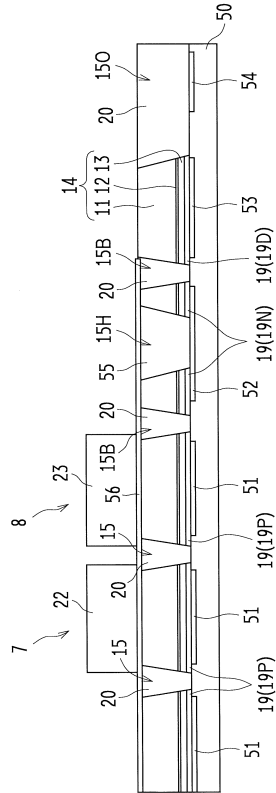
20

30

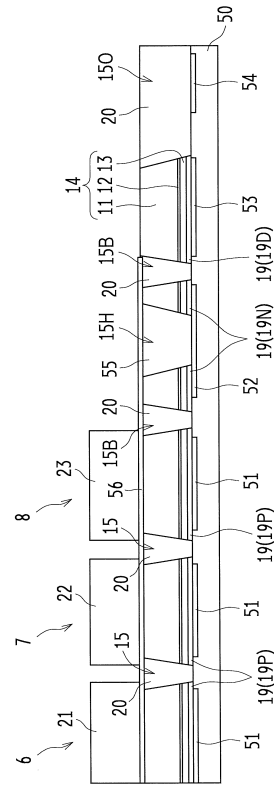
40

50

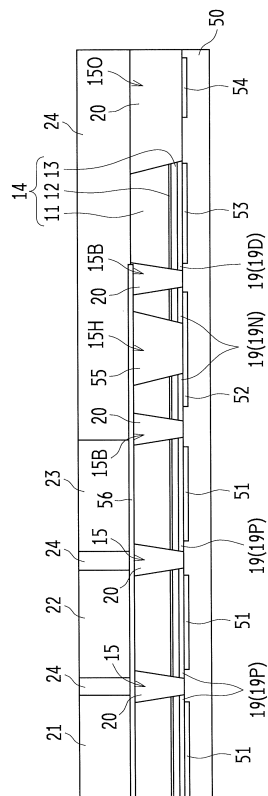
【 図 3 K 】



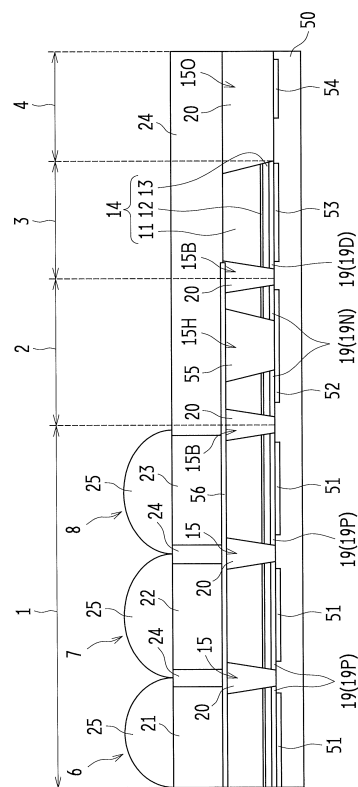
【 図 3 L 】



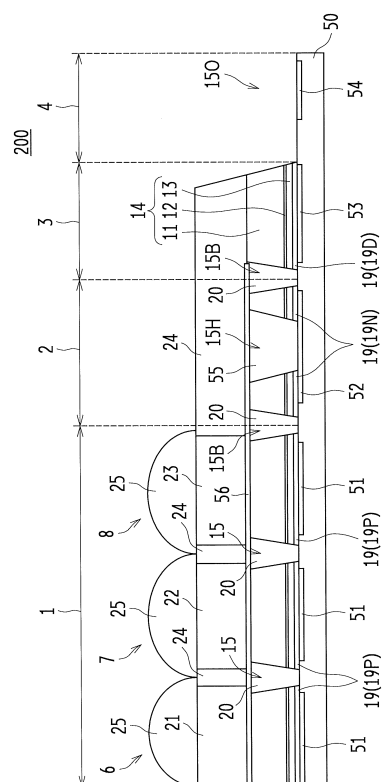
【 図 3 M 】



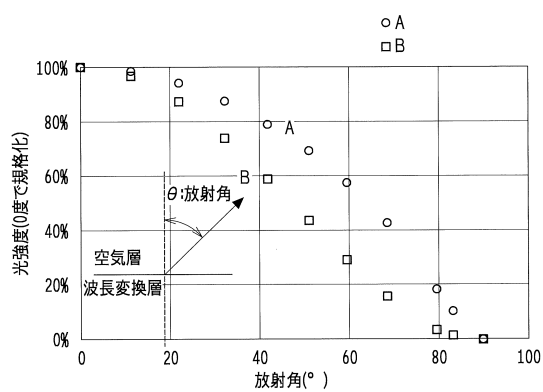
【 図 3 N 】



【 図 3 0 】

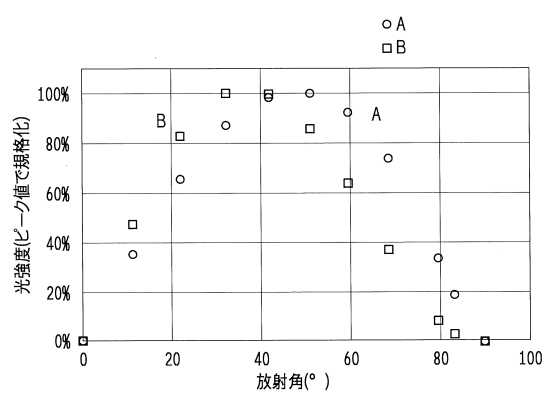


【 図 4 A 】

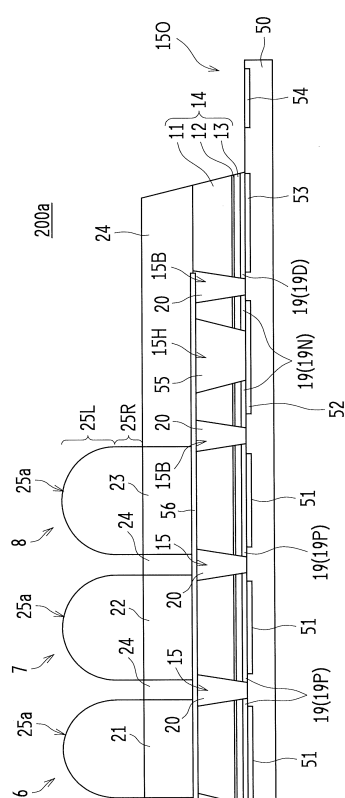


10

【 図 4 B 】



【 図 5 】



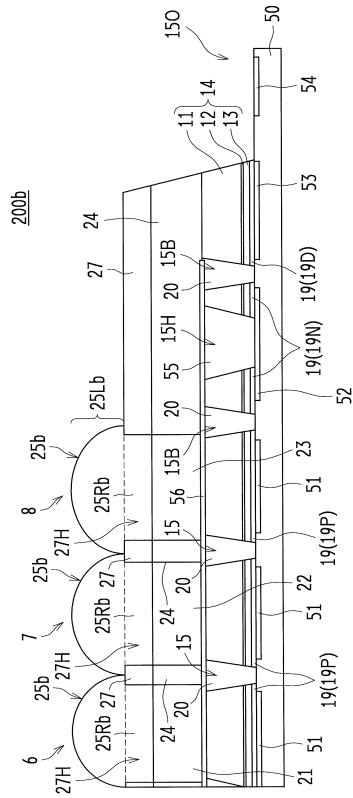
20

30

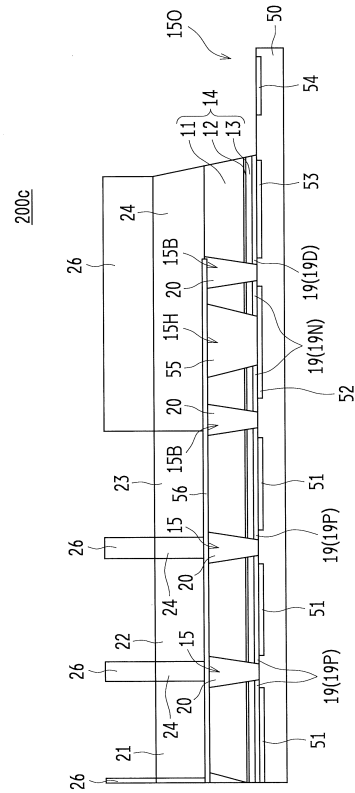
40

50

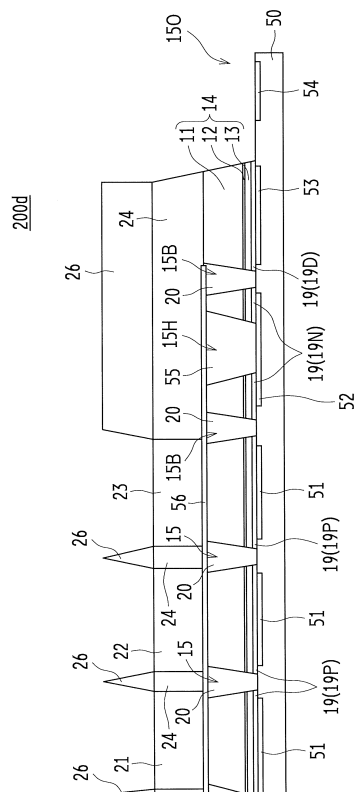
【 図 6 】



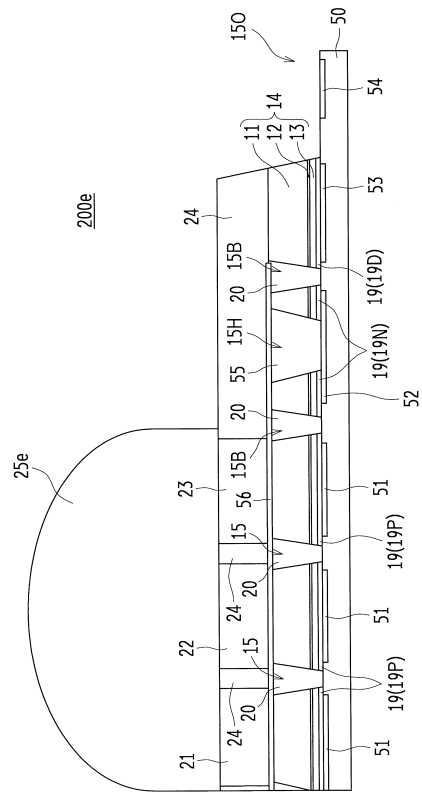
【圖 7】



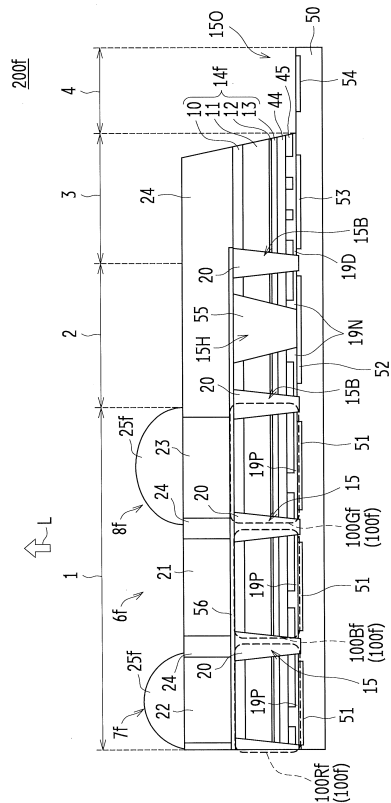
【圖 8】



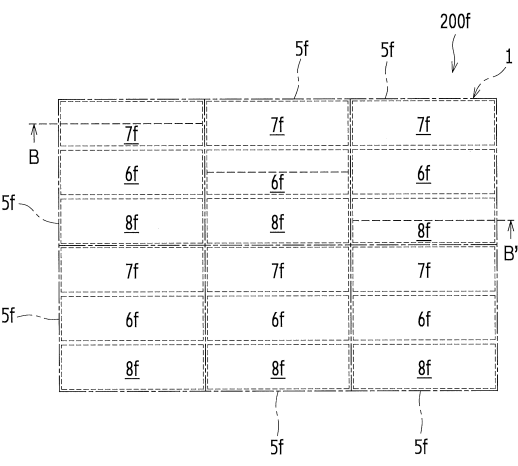
【 図 9 】



【図 1 0】



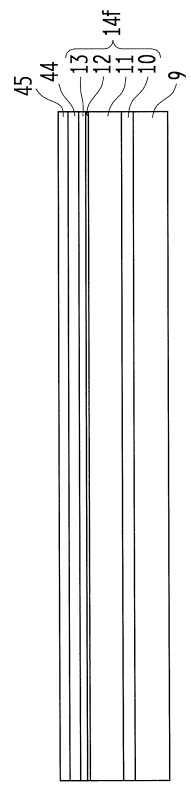
【図 1 1】



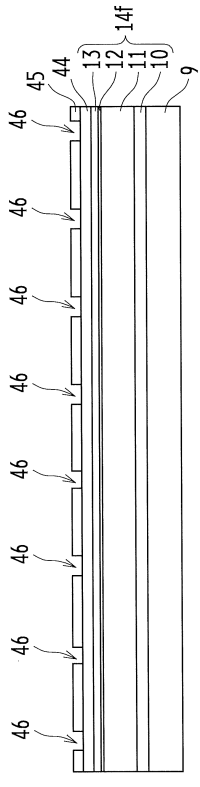
10

20

【図 1 2 A】



【図 1 2 B】

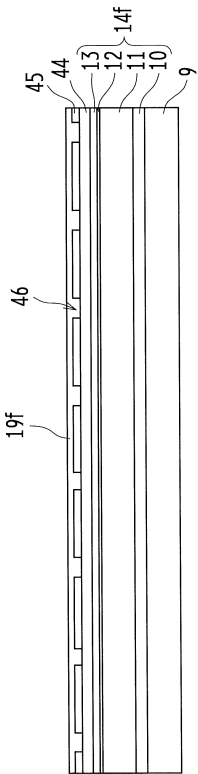


30

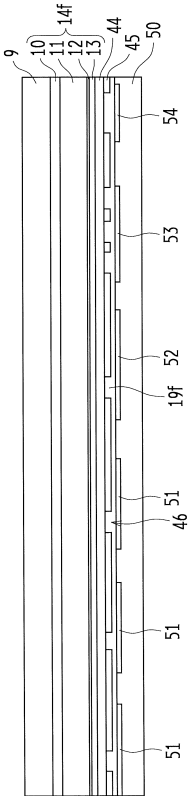
40

50

【図 1 2 C】



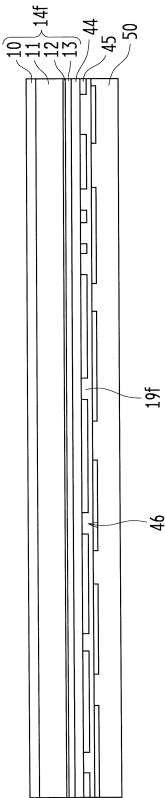
【図 1 2 D】



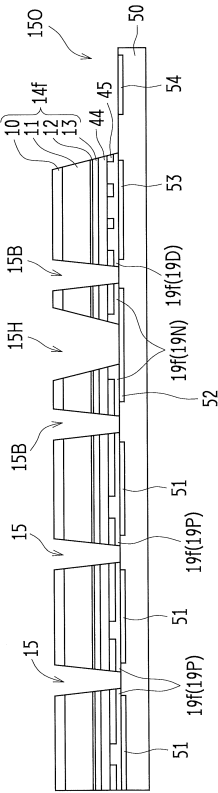
10

20

【図 1 2 E】



【図 1 2 F】

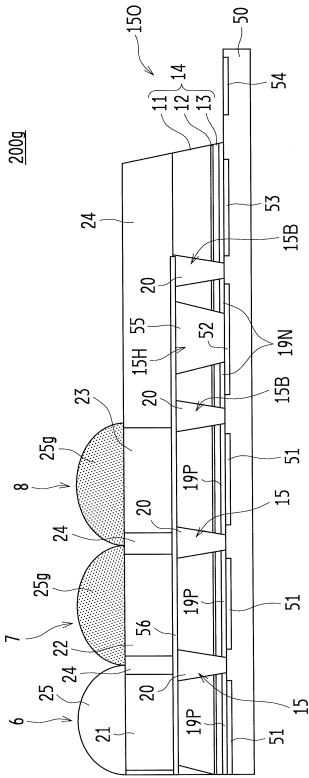


30

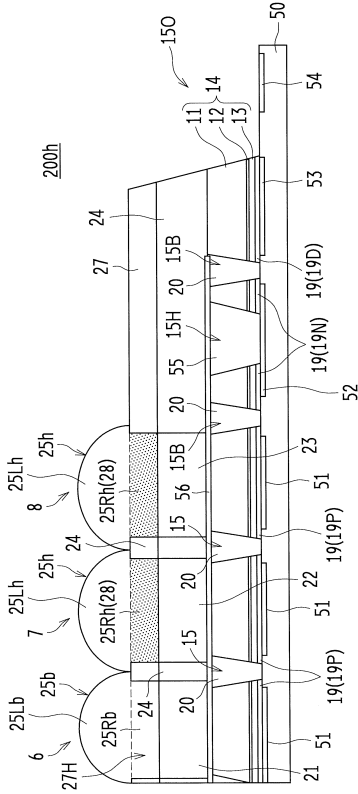
40

50

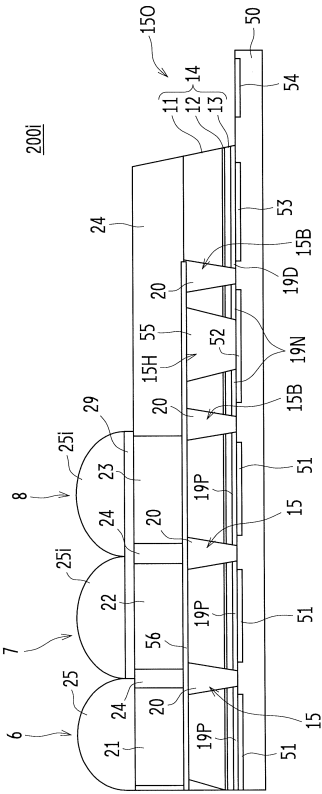
【図 1 3】



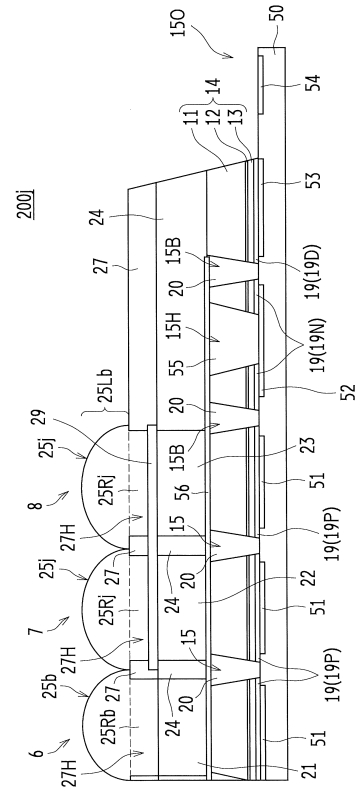
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



10

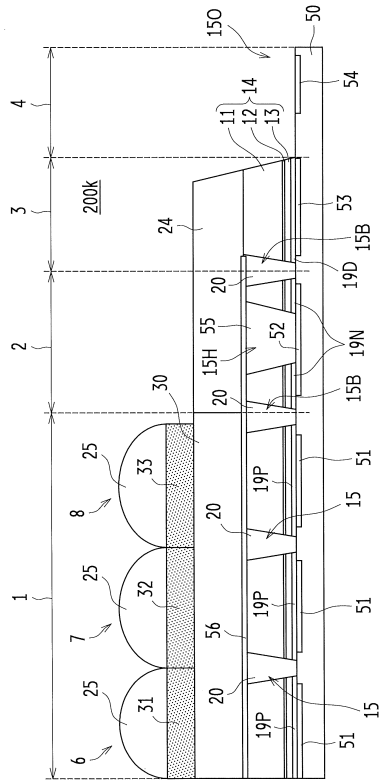
20

30

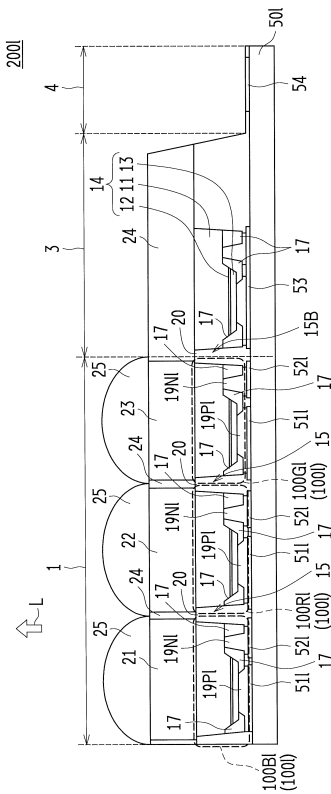
40

50

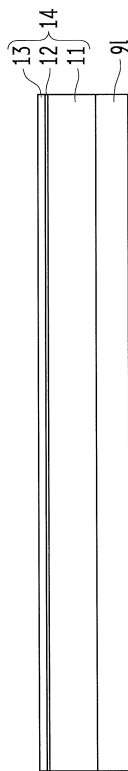
【図 17】



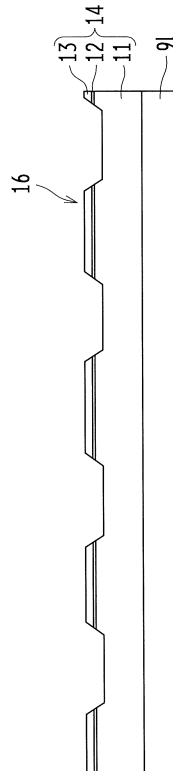
【図 18】



【図 19 A】



【図 19 B】



10

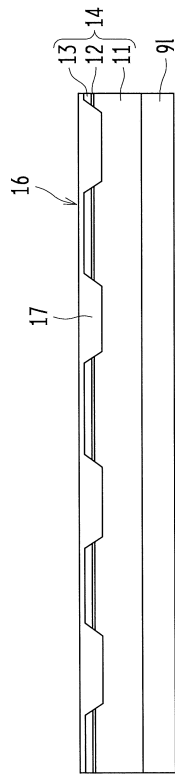
20

30

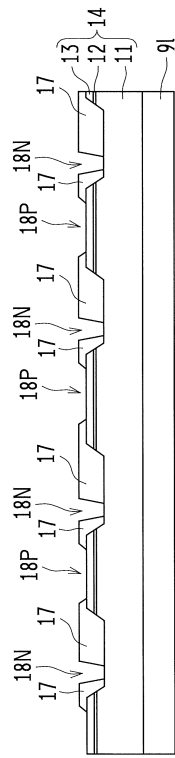
40

50

【図 19 C】



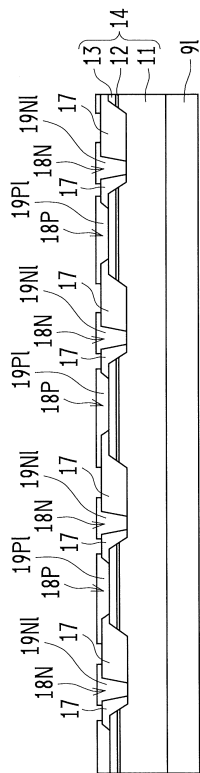
【図 19 D】



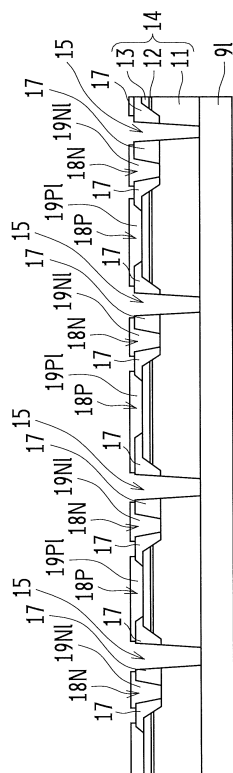
10

20

【図 19 E】



【図 19 F】

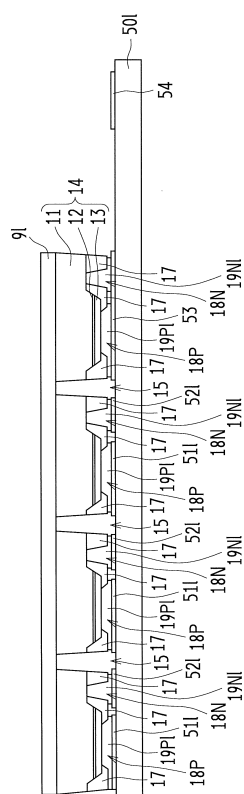


30

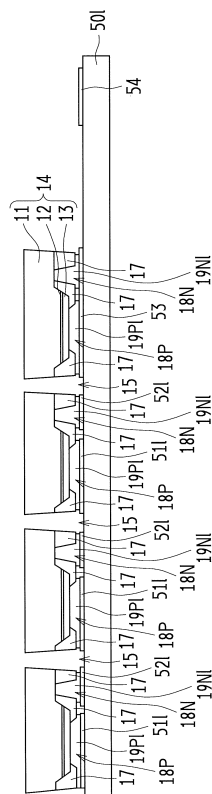
40

50

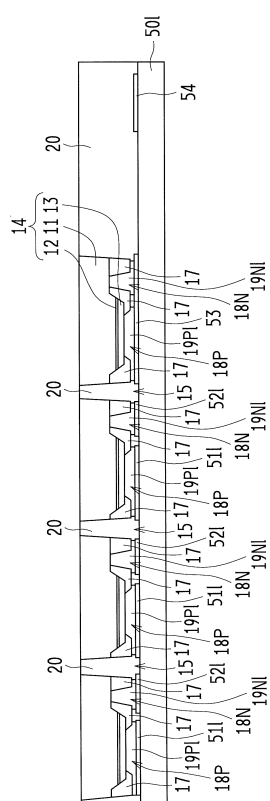
【 図 1 9 G 】



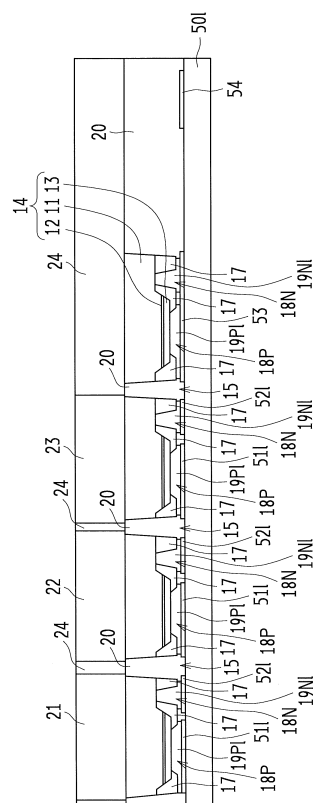
【 図 1 9 H 】



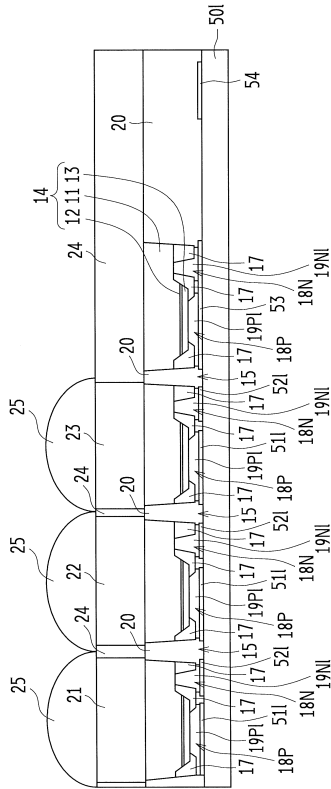
【 図 1 9 I 】



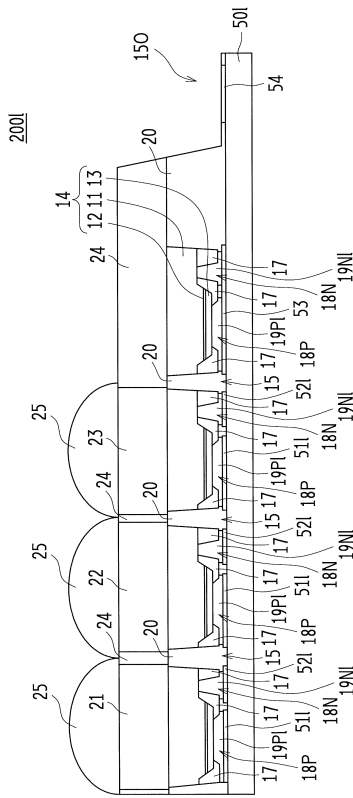
【 図 1 9 J 】



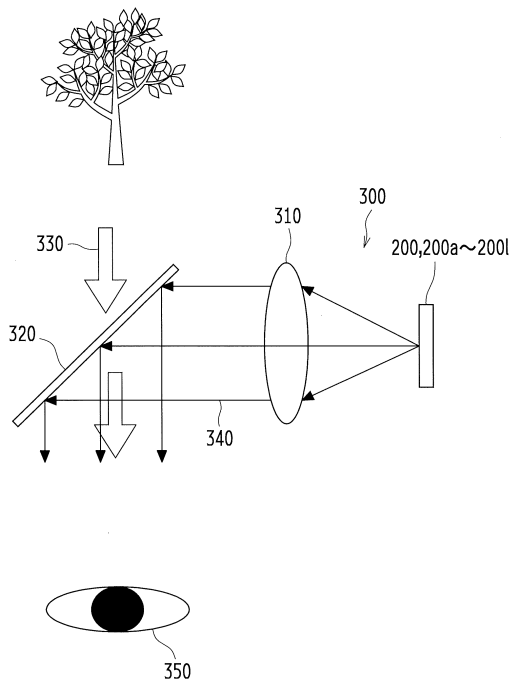
【図 19 K】



【図 19 L】



【図 20】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 1 2 8 0 2 7 (J P , A)
 特開 2 0 0 6 - 2 3 7 1 9 1 (J P , A)
 特表 2 0 1 4 - 5 2 1 2 2 7 (J P , A)
 特表 2 0 1 7 - 5 1 5 1 3 7 (J P , A)
 米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 0 9 0 0 5 8 (U S , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- G 0 9 F 9 / 0 0 - 9 / 4 6
 H 0 1 L 3 3 / 0 0
 G 0 2 B 2 7 / 0 1
 G 0 2 B 2 7 / 0 2