

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5548153号  
(P5548153)

(45) 発行日 平成26年7月16日(2014.7.16)

(24) 登録日 平成26年5月23日(2014.5.23)

(51) Int.Cl.

F 1

F 2 1 V 8/00	(2006.01)	F 2 1 V 8/00	3 2 0
F 2 1 V 5/00	(2006.01)	F 2 1 V 5/00	5 1 0
F 2 1 V 5/04	(2006.01)	F 2 1 V 5/04	1 0 0
H 0 1 L 33/58	(2010.01)	F 2 1 V 5/04	4 0 0
F 2 1 Y 101/02	(2006.01)	H 0 1 L 33/00	4 3 0

請求項の数 8 (全 31 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2011-43441 (P2011-43441)

(22) 出願日

平成23年3月1日(2011.3.1)

(65) 公開番号

特開2012-181974 (P2012-181974A)

(43) 公開日

平成24年9月20日(2012.9.20)

審査請求日

平成26年1月27日(2014.1.27)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 309018490

株式会社ユーテクノロジー

宮城県仙台市青葉区上杉1丁目5番21号

(74) 代理人 100095359

弁理士 須田 篤

(74) 代理人 100143834

弁理士 楠 修二

(72) 発明者 鹿野 修司

宮城県刈田郡蔵王町曲竹字河原前1-22  
4 株式会社ユーテクノロジー 蔵王工場  
内

(72) 発明者 梅津 堅治

宮城県刈田郡蔵王町曲竹字河原前1-22  
4 株式会社ユーテクノロジー 蔵王工場  
内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】発光ダイオード照明装置および発光ダイオード照明用部材

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

発光ダイオードと、前記発光ダイオードの出射光の開口数を変換するよう設けられた光学系とを有する発光ダイオード照明装置であって、

前記発光ダイオードの発光面の代表的寸法をL、前記光学系の代表的寸法をD<sub>o</sub>、装置から照射される光の開口数をN<sub>Aout</sub>としたとき、

$$0.8L / N_{Aout} \leq D_o \leq 1.1L / N_{Aout}$$

であることを、

特徴とする発光ダイオード照明装置。

## 【請求項 2】

発光ダイオードと、前記発光ダイオードの出射光の開口数を変換するよう設けられた光学系とを有する発光ダイオード照明装置であって、

前記光学系は正の屈折力を有するレンズから成り、

前記発光ダイオードは前記光学系の焦点または焦点の近傍に配置されており、

前記発光ダイオードの発光面の代表的寸法をL、前記レンズの径をD<sub>o</sub>、装置から照射される光の開口数をN<sub>Aout</sub>、前記レンズの焦点距離をfとしたとき、

$$D_o \leq 2f / L \leq N_{Aout}$$

であることを、

特徴とする発光ダイオード照明装置。

10

20

## 【請求項 3】

前記発光ダイオードは複数から成り、それぞれ同一方向に光を出射するよう、発光面が同一平面上に配置されており、

前記光学系は複数から成り、各発光ダイオードの出射光の開口数を変換するよう、各発光ダイオードに対応して設けられており、

各発光ダイオードの発光面の代表的寸法を  $L$ 、隣り合う発光ダイオード間の間隔を  $I_{led}$ 、各光学系の代表的寸法を  $D_o$ 、隣り合う光学系間の間隔を  $I_o$ 、装置から照射される光の開口数を  $NA_{out}$  としたとき、

$$\begin{aligned} 0.8L / NA_{out} &= D_o \cdot 1.1L / NA_{out} \\ I_o &= I_{led} \\ I_o &= D_o \end{aligned}$$

10

であることを、

特徴とする請求項 1 記載の発光ダイオード照明装置。

## 【請求項 4】

各光学系は正の屈折力を有するレンズから成り、

各発光ダイオードはそれぞれ各光学系の焦点または焦点の近傍に配置されており、

各光学系の代表的寸法  $D_o$  を前記レンズの径とし、前記レンズの焦点距離を  $f$  としたとき、

$$\begin{aligned} D_o &= 2f / NA_{out} \\ I_o &= I_{led} = D_o \end{aligned}$$

20

であることを、

特徴とする請求項 3 記載の発光ダイオード照明装置。

## 【請求項 5】

各光学系はテーパーロッドから成り、

各光学系の代表的寸法  $D_o$  を前記テーパーロッドの出口寸法とし、隣り合う光学系間の間隔  $I_o$  を前記テーパーロッド出口での間隔とし、前記テーパーロッドの入口寸法を  $D_{in}$ 、前記テーパーロッドの開き角を  $\theta$ 、各発光ダイオードと各光学系との間隔を  $t$  としたとき、

$$\begin{aligned} D_o &= D_{in} / NA_{out} \quad I_o = I_{led} \\ &< NA_{out} / 10 \\ L &= D_{in} / 1.1L \\ 0 &< t < 0.2L \end{aligned}$$

30

であることを、

特徴とする請求項 3 記載の発光ダイオード照明装置。

## 【請求項 6】

各光学系はテーパーロッドから成り、

各光学系の代表的寸法  $D_o$  を前記テーパーロッドの出口寸法とし、隣り合う光学系間の間隔  $I_o$  を前記テーパーロッド出口での間隔とし、前記テーパーロッドの入口寸法を  $D_{in}$  としたとき、

$$D_o = D_{in} / NA_{out} \quad I_o < I_{led}$$

40

であることを、

特徴とする請求項 3 記載の発光ダイオード照明装置。

## 【請求項 7】

各光学系は複合放物面集光器から成り、

各光学系の代表的寸法  $D_o$  を前記複合放物面集光器の出口寸法とし、前記複合放物面集光器の入口寸法  $D_{in}$ 、各発光ダイオードと各光学系との間隔を  $t$  としたとき、

$$\begin{aligned} D_o &= D_{in} / NA_{out} \quad I_o = I_{led} \\ L &= D_{in} / 1.1L \\ 0 &< t < 0.2L \end{aligned}$$

50

であることを、

特徴とする請求項 3 記載の発光ダイオード照明装置。

【請求項 8】

請求項 3 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の発光ダイオード照明装置を構成する発光ダイオード照明用部材であって、

各発光ダイオードがそれぞれ同一方向に光を出射可能に、 $2 L < I_1 e d < 10 L$  を満たす間隔で、平面上に等間隔で稠密配列または正方配列されており、各発光ダイオードに対して、各発光ダイオードの発光方向に各光学系を 0 . 4 L まで近接可能に構成されていることを、

特徴とする発光ダイオード照明用部材。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバ照明用光源や映写機などに用いられる発光ダイオード照明装置および発光ダイオード照明用部材に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、光ファイバ照明用光源や映写機などに用いられる高輝度照明装置には、HIDランプおよび回転楕円面ミラーが用いられてきた。これらの照明装置の照射面の面積は小さく、光ファイバ照明用光源では直径 10 ~ 20 mm 程度、35 mm 映画フィルム映写機では  $24 \times 18 \text{ mm}$  である。照明装置は、この小さな面積に効率良く、高い輝度で光を照射することが求められる。さらに、照射する光の開口数は、光ファイバ照明用光源装置では光ファイバの開口数以下、投影機では投影レンズの開口数以下である必要がある。

20

【0003】

このような照明装置として、従来、発光ダイオード (LED) を利用したものが提案されている。例えば、発光ダイオード 1 チップの出力は HID ランプに比べて小さいため、複数の発光ダイオードを平面上に配置し、各発光ダイオードの光をそれぞれ同一方向に入力レンズでコリメートした後、1 つの出力レンズで集光し、光ファイバを照射するもの（例えば、特許文献 1 参照）や、同じく平面上に配置した複数の発光ダイオードの光を、テーパーロッドで開口数を変換した後、光バルブを照射するもの（例えば、特許文献 2 参照）が提案されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2009 - 15319 号公報

【特許文献 2】特開 2000 - 214532 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 に記載の照明装置は、複数の発光ダイオードに結像光学系を適用したものであり、発光ダイオードの数が増えたことにより、発光する全光束は増える。しかしながら、光学系が複雑で、発光ダイオードの発光面と照射面との距離が長いため、光学系の収差により輝度の減少が大きく、効率も低いという課題があった。また、特許文献 2 に記載の照明装置は、レンズを使わない新たな光学系を用いているが、輝度の減少を少なくし、効率を上げる考慮はなされていないという課題があった。

40

【0006】

本発明は、このような課題に着目してなされたもので、発光ダイオードの発光面に対する照射面の輝度の減少を抑えることができ、発光ダイオードの全光束に対する照射面を照射する光の効率を高めることができる発光ダイオード照明装置および発光ダイオード照明用部材を提供することを目的としている。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

上記目的を達成するために、本発明に係る発光ダイオード照明装置は、発光ダイオードと、前記発光ダイオードの出射光の開口数を変換するよう設けられた光学系とを有する発光ダイオード照明装置であって、前記発光ダイオードの発光面の代表的寸法をL、前記光学系の代表的寸法をDo、装置から照射される光の開口数をNAoutとしたとき、

$$0.8L/NA_{out} \leq Do \leq 1.1L/NA_{out}$$

であることを、特徴とする。

## 【0008】

特に、本発明に係る発光ダイオード照明装置は、前記発光ダイオードは複数から成り、それぞれ同一方向に光を出射するよう、発光面が同一平面上に配置されており、前記光学系は複数から成り、各発光ダイオードの出射光の開口数を変換するよう、各発光ダイオードに対応して設けられており、各発光ダイオードの発光面の代表的寸法をL、隣り合う発光ダイオード間の間隔をIled、各光学系の代表的寸法をDo、隣り合う光学系間の間隔をIo、装置から照射される光の開口数をNAoutとしたとき、

$$0.8L/NA_{out} \leq Do \leq 1.1L/NA_{out}$$

$$Io \geq I_{led}$$

$$Io \geq Do$$

であることが好ましい。

## 【0009】

発光ダイオードの光の出射パターンは、ランベルト分布をしている。光学系の入射開口数をNAinとすると、発光ダイオードの出射光が光学系に入射する効率inは、ランベルト分布を入射開口数に対する角度まで積分した値であり、

$$in = \sin^2 \theta = NA_{in}^2$$

となる。図19に、発光ダイオードの法線と出射光とのなす角度に対する、発光ダイオード出力光の光度およびその角度までの開口数を持つ光学系への入射効率のグラフを示す。NAin=1であれば入射効率inは100%となり、これに近いほど入射効率inが高くなる。

## 【0010】

一方、光学系の出射開口数は、装置の照射開口数NAoutに合わせる必要がある。この照射開口数NAoutは、光ファイバ光源では、接続される光ファイバの開口数（石英ファイバの場合0.2、多成分ファイバの場合0.5が多く用いられている）以下となり、映写機では、投影レンズの開口数（F1.4の投影レンズで開口数は0.34）以下となる。

## 【0011】

本発明に係る発光ダイオード照明装置は、光学系の出射開口数を抑えて、装置の照射開口数NAoutに合わせることができる。このため、発光ダイオードの発光面に対する照射面の輝度の減少を抑えることができる。発光ダイオードの全光束に対する照射面を照射する光の効率を高めることができる。なお、発光面が同一平面上に配置されたとは、各発光ダイオードの発光面がある一つの平面上に配置されている場合だけでなく、その平面から僅かにずれた範囲内に配置されている場合も含んでいる。また、L/NAout ≤ Doであることが好ましい。

## 【0012】

本発明に係る発光ダイオード照明装置は、発光ダイオードと、前記発光ダイオードの出射光の開口数を変換するよう設けられた光学系とを有する発光ダイオード照明装置であって、前記光学系は正の屈折力を有するレンズから成り、前記発光ダイオードは前記光学系の焦点または焦点の近傍に配置されており、前記発光ダイオードの発光面の代表的寸法をL、前記レンズの径をDo、装置から照射される光の開口数をNAout、前記レンズの焦点距離をfとしたとき、

$$Do \geq 2f \leq L/NA_{out}$$

10

20

30

40

50

であってもよい。

【0013】

特に、発光ダイオードおよび光学系が複数から成る場合、本発明に係る発光ダイオード照明装置で、各光学系は正の屈折力を有するレンズから成り、各発光ダイオードはそれぞれ各光学系の焦点または焦点の近傍に配置されており、各光学系の代表的寸法  $D_o$  を前記レンズの径とし、前記レンズの焦点距離を  $f$  としたとき、

$$D_o = 2f / N A_{out}$$

$$I_o = I_{led} \cdot D_o$$

であってもよい。

10

【0014】

これらの光学系がレンズから成る場合、レンズを利用して、発光ダイオードの発光面に対する照射面の輝度の減少を抑えることができ、発光ダイオードの全光束に対する照射面を照射する光の効率を高めることができる。また、照射光の効率をより高めるために、発光ダイオードをレンズの焦点位置に配置し、レンズの出射位置の近傍を照射面としたコリメート光学系から成ることが好ましい。この場合、レンズ系が正弦条件を満たし、入射開口数が 1 に近くなるよう簡単な構成で設計することができる。各発光ダイオードとコリメート光学系とをユニットとし、このユニットを平面上に隙間なく配列する事により、より大きな面を高い照度で照射することができる。また、照射面の照度を均一にするために、各レンズの出射側にミキシングロッドを配置してもよい。

20

【0015】

また、本発明に係る発光ダイオード照明装置で、各光学系はテーパーロッドから成り、各光学系の代表的寸法  $D_o$  を前記テーパーロッドの出口寸法とし、隣り合う光学系間の間隔  $I_o$  を前記テーパーロッド出口での間隔とし、前記テーパーロッドの入口寸法を  $D_{in}$  、前記テーパーロッドの開き角を  $\theta$  、各発光ダイオードと各光学系との間隔を  $t$  としたとき、

$$D_o = D_{in} / N A_{out}$$

$$I_o = I_{led} \cdot N A_{out} / 10$$

$$L = D_{in} \cdot 1.1L$$

$$0 < t < 0.2L$$

30

であってもよい。

【0016】

また、本発明に係る発光ダイオード照明装置で、各光学系はテーパーロッドから成り、各光学系の代表的寸法  $D_o$  を前記テーパーロッドの出口寸法とし、隣り合う光学系間の間隔  $I_o$  を前記テーパーロッド出口での間隔とし、前記テーパーロッドの入口寸法を  $D_{in}$  としたとき、

$$D_o = D_{in} / N A_{out}$$

$$I_o < I_{led}$$

であってもよい。

【0017】

これらの光学系がテーパーロッドから成る場合、テーパーロッドを利用して、発光ダイオードの発光面に対する照射面の輝度の減少を抑えることができ、発光ダイオードの全光束に対する照射面を照射する光の効率を高めることができる。また、発光ダイオードの発光面の形状が正方形の場合、テーパーロッドも正方形であることが好ましい。発光面に対して平行な面において、発光ダイオードとテーパーロッドとの組から成るユニットが、正方格子の各格子点に配置されていることが好ましい。

40

【0018】

また、本発明に係る発光ダイオード照明装置で、各光学系は複合放物面集光器から成り、各光学系の代表的寸法  $D_o$  を前記複合放物面集光器の出口寸法とし、前記複合放物面集光器の入口寸法  $D_{in}$  、各発光ダイオードと各光学系との間隔を  $t$  としたとき、

$$D_o = D_{in} / N A_{out}$$

$$I_o = I_{led}$$

50

L D i n 1 . 1 L  
0 < t 0 . 2 L

であってもよい。

【0019】

この光学系が複合放物面集光器から成る場合、複合放物面集光器を利用して、発光ダイオードの発光面に対する照射面の輝度の減少を抑えることができ、発光ダイオードの全光束に対する照射面を照射する光の効率を高めることができる。また、発光ダイオードの発光面の形状が正方形の場合、複合放物面集光器も正方形であることが好ましい。発光面に対して平行な面において、発光ダイオードと複合放物面集光器との組から成るユニットが、正方格子の各格子点に配置されていることが好ましい。

10

【0020】

本発明に係る発光ダイオード照明用部材は、本発明に係る発光ダイオード照明装置を構成する発光ダイオード照明用部材であって、各発光ダイオードがそれぞれ同一方向に光を出射可能に、 $2 L < I_{led} < 10 L$ を満たす間隔で、平面上に等間隔で稠密配列または正方配列されており、各発光ダイオードに対して、各発光ダイオードの発光方向に各光学系を $0 . 4 L$ まで近接可能に構成されていることを、特徴とする。

【0021】

本発明に係る発光ダイオード照明用部材によれば、本発明に係る発光ダイオード照明装置を簡単な構成で容易に構成することができる。本発明に係る発光ダイオード照明用部材は、発光ダイオードを分散配置することにより、放熱性を上げ、個々の発光ダイオードが持つ性能を出すことができる。本発明に係る発光ダイオード照明用部材は、発光ダイオードが屈折率の大きい媒質により封止されることなく、気中に配置されていることが好ましい。また、発光ダイオードの発光方向に光学系を配置できるよう、ボンディングワイヤ等の構造物をできるだけ発光方向に配置しないことが好ましい。発光ダイオードを配列する基板は、アルミや銅など、放熱性の良い材質から成ることが好ましい。発光ダイオードの間隔 $I_{led}$ は、照明系の照射開口数により決まるが、高輝度照明装置として使いやすい照射開口数が $0 . 1 ~ 0 . 5$ であることから、 $2 L < I_{led} < 10 L$ であることが好ましい。

20

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、発光ダイオードの発光面に対する照射面の輝度の減少を抑えることができ、発光ダイオードの全光束に対する照射面を照射する光の効率を高めることができる発光ダイオード照明装置および発光ダイオード照明用部材を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の第1の実施の形態の発光ダイオード照明装置を示す（a）発光ダイオードからの放射光の幾何光学的光線追跡側面図、（b）斜視図である。

【図2】図1に示す発光ダイオード照明装置の、発光ダイオードおよび光学系から成る1つのユニットの光線追跡側面図である。

【図3】図2に示す発光ダイオードおよび光学系の開口数と光線高さとの相関を示すグラフである。

40

【図4】図2に示す発光ダイオードおよび光学系の（a）照射面の照度分布図、（b）横軸方向の照度分布を示すグラフである。

【図5】図2に示す発光ダイオードおよび光学系の照射面から1m離れた面の照度分布図である。

【図6】図1に示す発光ダイオード照明装置の（a）照射面の照度分布図、（b）照射面から1m離れた面の照度分布図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態の発光ダイオード照明装置の変形例を示す斜視図である。

【図8】図7に示す発光ダイオード照明装置の（a）照射面の照度分布図、（b）照射面

50

から 1 m 離れた面の照度分布図である。

【図 9】本発明の第 2 の実施の形態の発光ダイオード照明装置を示す斜視図である。

【図 10】図 9 に示す発光ダイオード照明装置の、発光ダイオードおよびテーパーロッドから成る 1 つのユニットを示す斜視図である。

【図 11】図 10 に示す発光ダイオードおよびテーパーロッドの (a) 照射面の照度分布図、(b) テーパーロッドから 1 m 離れたスクリーン上での照度分布図である。

【図 12】図 9 に示す発光ダイオード照明装置の (a) 照射面の照度分布図、(b) テーパーロッドから 1 m 離れたスクリーン上での照度分布図である。

【図 13】本発明の第 2 の実施の形態の発光ダイオード照明装置の変形例を示す斜視図である。

10

【図 14】本発明の第 3 の実施の形態の発光ダイオード照明装置を示す斜視図である。

【図 15】図 14 に示す発光ダイオード照明装置の、発光ダイオードおよび複合放物面鏡から成る 1 つのユニットを示す斜視図である。

【図 16】図 14 に示す発光ダイオード照明装置の、複合放物面鏡の 1 つの面を示す側面図である。

【図 17】図 15 に示す発光ダイオードおよび複合放物面鏡の (a) 照射面の照度分布図、(b) 照射面から 1 m 離れたスクリーン上での照度分布図である。

【図 18】本発明の実施の形態の発光ダイオード照明用部材を示す斜視図である。

【図 19】発光ダイオードの法線と出射光とのなす角度 に対する、発光ダイオード出力光の光度および入射効率の変化を示すグラフである。

20

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0024】

以下、図面に基づき、本発明の実施の形態について説明する。

図 1 乃至図 8 に、本発明の第 1 の実施の形態の発光ダイオード照明装置を示す。

図 1 に示すように、発光ダイオード照明装置 10 は、複数の LED (発光ダイオード) 11 と、複数の光学系 12 と、ミキシングロッド 13 とを有している。

##### 【0025】

LED 11 は、7 つから成り、発光面が同一平面上になるよう配置され、六角形の頂点と中心とに千鳥状に配列されている。各 LED 11 は、同一方向に光を出射するようになっている。各光学系 12 は、正の屈折力を有する 2 つの凸レンズ 21a、21b から成り、各 LED 11 の出射光の開口数を変換するよう、各 LED 11 に対応して設けられている。各光学系 12 は、各 LED 11 の発光面に近接して配置されている。ミキシングロッド 13 は、六角柱状を成し、各光学系 12 の出射側に配置されている。

30

##### 【0026】

具体的な一例では、図 2 に示すように、各 LED 11 は、発光面が正方形であり、発光面の代表的寸法として、一辺の寸法  $L = 2 \text{ mm}$  である。各光学系 12 のレンズ 21a、21b は 2 群 2 枚構成で、焦点距離  $f$  は  $4 \text{ mm}$ 、代表的寸法のレンズ径  $D_o$  ( $= D_{\text{lens}}$ )、レンズ 21b 出射面で光線が通過する最大径) は  $8 \text{ mm}$  である。光学系 12 の出射側の照射面 14 は、径約  $8 \text{ mm}$  である。したがって、

$$D_{\text{lens}} = D_o = 2 f$$

40

となっている。

##### 【0027】

また、照射開口数  $N_{\text{Aout}}$  の設計値は、レンズが正弦条件を満たすとすると、

$$N_{\text{Aout}} = L / 2 f$$

であり、LED 11 の対辺方向で、 $N_{\text{Aout}} = 2 / (2 \times 4) = 0.25$ 、LED 11 の対角方向で、 $N_{\text{Aout}} = 2.8 / (2 \times 4) = 0.35$  である。

##### 【0028】

光学系 12 の各レンズ 21a、21b は、凸側を照射面 14 に向けた状態で配置されている。各レンズ 21a、21b の曲率半径  $r$  (mm)、中心厚および間隔  $d$  (mm)、屈折率  $n$ 、アッベ数  $N$  を、以下に示す。ここで、 $r_1$  および  $r_2$  はそれぞれレンズ 21a の

50

LED11側および照射面14側の曲率半径、r3およびr4はそれぞれレンズ21bのLED11側および照射面14側の曲率半径である。d0はレンズ21a, 21bの光軸におけるLED11とレンズ21aとの間隔、d1およびd3はそれぞれ各レンズ21a, 21bの中心厚、d2はレンズ21aとレンズ21bとの間隔、d4はレンズ21bと照射面14との間隔である。n1およびn2はそれぞれ各レンズ21a, 21bの屈折率、 $\alpha_1$ および $\alpha_2$ はそれぞれ各レンズ21a, 21bのアッペ数である。k4はレンズ21bの円錐定数である。

## 【0029】

	d0 = 0.5				
r1 =	d1 = 2.0	n1 = 1.5168	1 = 64.17		10
r2 = -2.5	d2 = 1				
r3 =	d3 = 4.8	n2 = 1.8467	2 = 23.78		
r4 = -5.42	d4 = 0.5	k4 = -1.33			

## 【0030】

図3はLED11の中心から出た光線のsinと照射面14での光線の光軸からの距離を示す。ここで、 $\alpha$ はLED11の発光面での光線と光軸とのなす角度である。正弦条件では光線の高さ（光軸からの距離）hは、

$$h = f \sin \alpha$$

となる。ここで、fは光学系12の焦点距離（f = 4mm）である。図3から、ほぼ正弦条件を満たしていることがわかる。

## 【0031】

図4および図5に、下記条件でのモンテカルロ・シミュレーションの結果を示す。

LED寸法	2mm角
LED全光束	3141m
LED輝度	25cd/mm <sup>2</sup>
スクリーン寸法	10mm角（図4）
	1m角（図5）
光線本数	100万本
フレネル損失	無視

## 【0032】

図4は、照射面14の照度分布を示し、10%照度以上の照射径は、8.4mmとなっている。また、図5は、照射面14から1m離れた面の照度分布を示し、10%照度以上の照射寸法は、520mm角となっている。照射面14は、発光面として見ることができ、輝度（光軸方向平均輝度）は、

$$1250 / (4.2 \times 4.2 \times 3.14) = 22.6 \text{ cd/mm}^2$$

で、LED11の発光面に対して約10%減少している。照射効率（=照射面14に到達した光束 / LED11の全光束）は、87%であった。

## 【0033】

照射開口数は、

$$\sin(\tan^{-1}(260/1000)) = 0.252 \quad (\text{対辺方向})$$

$$\sin(\tan^{-1}(380/1000)) = 0.355 \quad (\text{対角方向})$$

で、開口数の増加は2%以下であった。輝度の減少は、照射効率分といえる。

## 【0034】

このように、図2の構成では、光学系12の出射開口数を抑えて、照射開口数Noutに合わせることができる。このため、LED11の発光面に対する照射面14の輝度の減少を抑えることができ、LED11の全光束に対する照射面14を照射する光の効率を高めることができる。なお、LEDが1つの場合には、図2により発光ダイオード照明装置10を構成することができる。

## 【0035】

図1に示すように、発光ダイオード照明装置10は、図2に示すLED11、光学系1

2の組を平面上に7ユニット稠密配置している。ユニットの間隔、すなわち隣り合うLED11間の間隔 $I_{1eD}$ 、および隣り合う光学系12間の間隔 $I_o$ は、レンズ径 $D_o$ と同じ8mmである( $I_o = I_{1eD} = D_o = 8\text{ mm}$ )。ユニットの照射面14で、一辺12.6mmの正六角柱のミキシングロッド13を照射し、ミキシングロッド13の出力面を発光ダイオード照明装置10の照射面15としている。

#### 【0036】

図6に、下記条件でのモンテカルロ・シミュレーションの結果を示す。

LED寸法	2mm角	
LED全光束	3141m	
LED輝度	25cd/mm <sup>2</sup>	10
LED数量	7個	
スクリーン寸法	30mm角(図6(a))	
	1m角(図6(b))	
光線本数	100万本	
フレネル損失	無視	

#### 【0037】

図6(a)は、照射面15の照度分布を示し、照射形状は1辺13.2mmの正六角形となっている。図6(b)は、照射面15から1m離れた面の照度分布を示し、10%照度以上の照射寸法は、対辺方向で620mmとなっている。照射面15の輝度は、

$$8500 / (13.2 \times 13.2 \times 1.73 / 2 / 2 \times 6) = 18.81\text{ cd/mm}^2 \quad 20$$

で、輝度の減少は25%であった。照射効率は89%であった。

#### 【0038】

照射開口数は、

$$\sin(\tan^{-1}(310 / 1000)) = 0.296 \quad (\text{対辺方向})$$

$$\sin(\tan^{-1}(380 / 1000)) = 0.355 \quad (\text{対角方向})$$

で、開口数の増加は対辺方向18%、対角方向1%であった。ミキシングロッド13による照射面積および照射開口数の増加により、輝度が減少している。

#### 【0039】

なお、図7に示すように、発光ダイオード照明装置10は、LED11と光学系12とから成るユニットの間隔、すなわち隣り合うLED11間の間隔 $I_{1eD}$ 、および隣り合う光学系12間の間隔 $I_o$ を、レンズ径 $D_o$ より小さくしてもよい( $I_o = I_{1eD} < D_o$ )。図7の場合、 $I_o = I_{1eD} = 6.92\text{ mm} = 0.86D_o$ である。この場合、正六角柱のミキシングロッド13の一辺は、11mmである。

#### 【0040】

図8に、図6と同じ条件でのモンテカルロ・シミュレーションの結果を示す。図8(a)は、照射面15の照度分布を示し、照射形状は1辺11.4mmの正六角形となっている。図8(b)は、照射面15から1m離れた面の照度分布を示し、10%照度以下の照射寸法は、対辺方向で560mmとなっている。照射面15の輝度は、

$$7800 / (11.4 \times 11.4 \times 1.73 / 2 / 2 \times 6) = 23.1\text{ cd/mm}^2 \quad 40$$

で、輝度の減少は7%と少ないが、照射効率は80%と低い値となった。

$I_o = 0.8D_o$ では輝度減少0%、照射効率71%であった。この条件までが、高輝度照明装置として使用可能な範囲である。

#### 【0041】

照射開口数は、

$$\sin(\tan^{-1}(280 / 1000)) = 0.27 \quad (\text{対辺方向})$$

$$\sin(\tan^{-1}(380 / 1000)) = 0.355 \quad (\text{対角方向})$$

で、照射開口数の増加は対辺方向8%、対角方向1%で、図6の場合よりも小さくなっている。効率よりも高輝度に重きを置いた設計になっているといえる。また、ミキシングロ

ット 13 の入射部の照度分布が比較的均一なため、ミキシングロッド 13 を短くできるという利点もある。

【0042】

図 9 乃至図 13 に、本発明の第 2 の実施の形態の発光ダイオード照明装置を示す。

図 9 に示すように、発光ダイオード照明装置 30 は、複数の LED 11 と、複数の光学系 12 とを有している。なお、以下の説明では、本発明の第 1 の実施の形態の発光ダイオード照明装置 10 と同一の構成には同一の符号を付して、重複する説明を省略する。

【0043】

LED 11 は、6 つから成り、発光面が同一平面上になるよう配置され、上下に 3 つずつ等間隔で配列されている。各 LED 11 は、同一方向に光を出射するようになっている。各光学系 12 は、テーパーロッド 31 から成り、各 LED 11 の出射光の開口数を変換するよう、各 LED 11 に対応して設けられている。

【0044】

具体的な一例では、図 10 に示すように、各 LED 11 の正方形の発光面の正面に、正方形テーパーロッド 31 の入射面を配置し、出射面の正面に照射面 14 を配置する。

図 11 に、下記条件でのモンテカルロ・シミュレーションの結果を示す。

LED 寸法	2 mm 角	20
LED 全光束	3141 m	
LED 輝度	25 cd / mm <sup>2</sup>	
LED - テーパーロッド 間隔	0.2 mm	
テーパーロッド - 照射面 間隔	0.5 mm	
テーパーロッド 入口寸法 D <sub>in</sub>	2 mm	
テーパーロッド 出口寸法 D <sub>out</sub>	5 mm, 8 mm	
テーパーロッド 開き角	/ (D <sub>in</sub> / D <sub>out</sub> ) = 0.01, 0.1, 0.2	
テーパーロッド 材質	BK7	
スクリーン 寸法	10 mm 角 (図 11 (a)) 1 mm 角 (図 11 (b))	
光線本数	100 万本	30
フレネル損失	無視	

【0045】

図 11 (a) に、D<sub>in</sub> / D<sub>out</sub> = 0.25, / (D<sub>in</sub> / D<sub>out</sub>) = 0.1 の場合の照射面 14 の照度分布を示す。照射形状は出口寸法と同程度の寸法の正方形で、照度分布はほぼ均一となっている。他の条件でも、照度形状は、出口寸法と同程度の寸法の正方形で、照度分布はほぼ均一となる。図 11 (b) に、テーパーロッド 31 から 1 m 離れたスクリーン上の照度分布を示す。

【0046】

照射面 14 の輝度は、

$$1600 / (8.4 \times 8.4) = 22.8 \text{ cd/mm}^2 \quad (\text{D}_{in} / \text{D}_{out} = 0.25 \text{ のとき}) \quad 40$$

$$600 / (5.4 \times 5.4) = 20.6 \text{ cd/mm}^2 \quad (\text{D}_{in} / \text{D}_{out} = 0.4 \text{ のとき})$$

である。輝度の減少は、テーパーロッド 31 と照射面 14 との間隔 0.5 mm の間の光の広がりによる照射面積の広がりによって起こっている。

【0047】

10% 照度以上の照射開口数を、表 1 に示す。

【表1】

	$\phi / (D_{in} / D_{out}) = 0.01$	$\phi / (D_{in} / D_{out}) = 0.1$	$\phi / (D_{in} / D_{out}) = 0.2$
$D_{in} / D_{out} = 0.25$	0.26	0.27	0.31
$D_{in} / D_{out} = 0.4$	0.41	0.45	0.48

## 【0048】

表1に示すように、照射開口数は、開き角が小さければ $D_{in} / D_{out}$ に近づき、照射光の角度分布も開口数以上では0、開口数付近で鋭く立ち上がる形状となる。開き角が大きくなると分布が鈍って、照射開口数は $D_{in} / D_{out}$ より大きくなる。このように、照射開口数は、 $/ (D_{in} / D_{out})$ と相関が大きく、 $/ (D_{in} / D_{out}) = 0.1$ 以下であれば、分布がシャープで高輝度照明装置として望ましいことがわかる。

## 【0049】

LED11とテーパーロッド31との間隔による、照射効率の変化を表2に示す。

【表2】

LED - テーパーロッド間隔	テーパーロッド入口寸法 = 1	テーパーロッド入口寸法 = 1.1	テーパーロッド入口寸法 = 1.2
0.001	99.9	100	100
0.1	83.5	89.7	93.4
0.2	70.6	76.6	81.7
0.3	60.3	65.6	70.7

## 【0050】

表2では、LED - テーパーロッド間隔、テーパーロッド入口寸法とも、LED寸法を1とした時の相対値で示している。表2に示すように、LED11とテーパーロッド31との間隔 $t$ が0に近ければ照射効率は非常に高いが、0に近づけるには限界がある。テーパーロッド31の入口寸法を大きくすれば照射効率は上がるが、出口寸法も大きくなるため、入口寸法の2乗に反比例して輝度は小さくなる。高輝度照明装置では、輝度劣化が30%以下、照射効率70%以上が求められるため、表2から、テーパーロッド31の入口寸法はLED寸法の1.1倍以下( $L_{Din} 1.1L$ )、LED - テーパーロッド間隔はLED寸法の0.2倍以下( $0 < t < 0.2L$ )が望ましい。ここで、LED - テーパーロッド間隔は空気中の距離で、屈折率nの媒質中ではn倍になる。

## 【0051】

図9に示すように、発光ダイオード照明装置30は、図10に示すLED11とテーパーロッド31の組を、テーパーロッド出口寸法 $D_{out}$ と同じ間隔で( $I_o = D_{out} = D_o$ )、6組正方配列したもので、図10の6倍の面積を照射することができる。

## 【0052】

図12に、下記条件でのモンテカルロ・シミュレーションの結果を示す。

LED寸法	2mm角
LED全光束	3141m
LED数量	6個
LED輝度	25cd/mm <sup>2</sup>
LED - テーパーロッド間隔	0.2mm
テーパーロッド - 照射面間隔	0.5mm
テーパーロッド入口寸法 $D_{in}$	2mm
テーパーロッド出口寸法 $D_{out}$	8mm
テーパーロッド出口間隔	8mm
LEDの間隔	8mm
テーパーロッド開き角	
$/ (D_{in} / D_{out})$	0.1

10

20

30

40

50

テーパーロッド材質	B K 7
スクリーン寸法	30 mm 角 (図 12 (a))
	1 m 角 (図 12 (b))
光線本数	100 万本
フレネル損失	無視

## 【0053】

図 12 (a) は、照射面 15 の照度分布を示す。図 12 (b) は、テーパーロッド 31 から 1 m 離れたスクリーン上での照度分布を示す。照射面 15 の輝度は、

$$9600 / (24.4 \times 16.4) = 24.0 \text{ cd/mm}^2$$

で、テーパーロッド 31 と照射面 15 との間隔で起きる照射面積の広がりが、6 つのテーパーロッド群の周辺でしか起こらないため、輝度の劣化は図 10 の場合よりも小さくなる。  
10

## 【0054】

なお、図 13 に示すように、発光ダイオード照明装置 30 は、LED 11 の間隔およびテーパーロッド 31 の入口の間隔を、テーパーロッド 31 の出口の間隔より広げてもよい。この場合、LED 11 の間隔を空けることにより、放熱設計が容易になる。

## 【0055】

図 14 乃至図 17 に、本発明の第 3 の実施の形態の発光ダイオード照明装置を示す。

図 14 に示すように、発光ダイオード照明装置 50 は、複数の LED 11 と、複数の光学系 12 を有している。なお、以下の説明では、本発明の第 1 および第 2 の実施の形態の発光ダイオード照明装置 10、30 と同一の構成には同一の符号を付して、重複する説明を省略する。  
20

## 【0056】

LED 11 は、6 つから成り、発光面が同一平面上になるよう配置され、上下に 3 つずつ等間隔で配列されている。各 LED 11 は、同一方向に光を出射するようになっている。各光学系 12 は、複合放物面鏡 (複合放物面集光器) 51 から成り、各 LED 11 の出射光の開口数を変換するよう、各 LED 11 に対応して設けられている。

## 【0057】

具体的な一例では、図 15 に示すように、各 LED 11 の正方形の発光面の正面に、正方形複合放物面鏡 51 の入射面を配置し、出射面の正面に照射面 14 を配置する。図 16 に、複合放物面鏡 51 の 1 つの面の形状を示す。図 16 に示すように、61 は放物面鏡、62 は放物面鏡の焦点位置、63 は放物面鏡の光軸、64 は複合放物面鏡 51 の光軸、cpc は放物面鏡の光軸と複合放物面鏡 51 の光軸とのなす角、Din は複合放物面鏡 51 の入口寸法、Dout は複合放物面鏡 51 の出口寸法である。  
30

## 【0058】

正方形複合放物面鏡 51 は、複合放物面鏡 51 の光軸 64 を中心に 0 度、90 度、180 度、270 度回転した 4 枚の放物面鏡 61 により構成されている。正方形複合放物面鏡 51 の照射開口数 Nout は、

$$Nout = \sin(cpc) = Din / Dout$$

である。  
40

## 【0059】

図 17 に、下記条件でのモンテカルロ・シミュレーションの結果を示す。

LED 寸法	2 mm 角
LED 全光束	3141 m
LED 輝度	25 cd/mm <sup>2</sup>
LED - 複合放物面鏡間隔	0.2 mm
複合放物面鏡 - 照射面間隔	0.5 mm
複合放物面鏡入口寸法 Din	2 mm
複合放物面鏡出口寸法 Dout	8 mm
スクリーン寸法	10 mm 角 (図 17 (a))

1 m 角 ( 図 17 ( b ) )

光線本数 100 万本

反射率 100 %

## 【 0060 】

図 17 ( a ) は、照射面 14 の照度分布を示し、図 17 ( b ) は、照射面 14 から 1 m 離れたスクリーンの照度分布を示している。照射面 14 の輝度は、

$$1530 / (8.4 \times 8.4) = 21.7 \text{ cd/mm}^2$$

で、輝度の減少は 13 %、照射効率は 83.5 % である。

## 【 0061 】

照射開口数は、

10

$$\sin(\tan^{-1}(260/1000)) = 0.252 \quad (\text{対辺方向})$$

$$\sin(\tan^{-1}(350/1000)) = 0.33 \quad (\text{対角方向})$$

である。照射面 14 の照度分布は、中心が周辺の約半分であるが、テーパーロッド 31 のような開口数の劣化が無いという特徴がある。

## 【 0062 】

照射効率は、テーパーロッド 31 と同じく表 2 となる。したがって、複合放物面鏡 51 の入口寸法は LED 11 寸法の 1.1 倍以下 ( L\_Din 1.1 L )、LED - 複合放物面鏡間隔は LED 11 寸法の 0.2 倍以下 ( 0 < t 0.2 L ) が望ましい。なお、ここでは中空の複合放物面鏡 51 を示したが、ガラスの内面全反射を用いた複合放物面鏡であってもよい。

20

## 【 0063 】

図 14 に示すように、発光ダイオード照明装置 50 は、図 15 に示す LED 11 と複合放物面鏡 51 のユニットを、複合放物面鏡出口寸法 D\_out と同じ間隔で ( I\_o = D\_out ) 、6 組正方配列したもので、図 15 の 6 倍の面積を照射することができる。この場合にも、テーパーロッド 31 を用いた発光ダイオード照明装置 30 と同様に、図 15 の場合よりも輝度が高くなる。

## 【 0064 】

図 18 に、本発明の実施の形態の発光ダイオード照明用部材を示す。

図 18 に示すように、発光ダイオード照明用部材 70 は、7 つの LED 11 を平面基板 71 に、 I\_led = 8 mm の間隔で、等間隔で稠密配列して形成されている。なお、以下の説明では、本発明の第 1、第 2 および第 3 の実施の形態の発光ダイオード照明装置 10、30、50 と同一の構成には同一の符号を付して、重複する説明を省略する。

30

## 【 0065 】

各 LED 11 は、高輝度照明装置として使いやすい照射開口数が 0.1 ~ 0.5 であることから、  $2L < I_{led} < 10L$  の間隔  $I_{led}$  で配列されている。なお、7 つの LED 11 と同じ面積を、1 個の LED にすると  $5.3 \text{ mm}^2$  角のチップとなる。この LED を  $2 \text{ mm}$  角の LED と相似形で作ると、発熱量は 7 倍に増える。このとき、放熱抵抗は、  $2/5.3 = 1/2.7$  倍に減るが、結果としてチップの温度上昇は、  $5.3/2 = 2.7$  倍に増える。ここで、 LED のチップ温度上限は通常 150 ℃ とされており、これを守るために、発熱量を  $1/2.7$  に減らす必要が生じ、結果として、発光面積を 7 倍にしても、全光束は  $2.7$  ( 7 の平方根 ) 倍にしかならない。

40

## 【 0066 】

放熱のための多くの提案がなされているが、高輝度 LED の発光面積を大きくするには、放熱による限界がある。このため、発光ダイオード照明用部材 70 では、 LED 11 を分散配置して放熱性を上げ、結果として個々の LED 11 が持つ性能を出すことができるようしている。

平面基板 71 は、放熱性の良い、アルミまたは銅製である。

## 【 0067 】

以下に、発光ダイオード照明用部材 70 を使用して、本発明の第 1 の実施の形態の発光ダイオード照明装置 10 と同じガラス、同じ焦点距離、同じ径で、 LED 11 の発光面か

50

ら光学系 1 2 の第 1 面までの距離を  $d_0 = 0.8$  としたときの設計例を示す。

$d_0 = 0.8$	$d_1 = 2$	$n_1 = 1.5168$	$1 = 64.17$
$r_1 =$	$d_2 = 1$		
$r_2 = -3.2$			
$r_3 =$	$d_3 = 3.8$	$n_2 = 1.8467$	$2 = 23.78$
$r_4 = -5.1$	$d_4 = 0.5$	$k_4 = -1.6$	

### 【0068】

同様に  $d_0 = 1$  とした時の設計例を示す。

$d_0 = 1$	$d_1 = 2.4$	$n_1 = 1.5168$	$1 = 64.17$	10
$r_1 =$	$d_2 = 1$			
$r_2 = -3.6$				
$r_3 =$	$d_3 = 2.8$	$n_2 = 1.8467$	$2 = 23.78$	
$r_4 = -5.3$	$d_4 = 0.5$	$k_4 = -1.9$		

### 【0069】

これらの設計における発光ダイオード照明装置 10 ( $d_0 = 0.5$ ) と同じ条件でのモンテカルロ・シミュレーション結果を、表 3 に示す。

### 【表 3】

$d_0$ (mm)	輝度 (cd/mm <sup>2</sup> )	照射効率 (%)	
0.5 (実施例 1)	23	87	20
0.8	23	74	
1	23	62	

### 【0070】

表 3 に示すように、LED 11 から光学系 1 2 の第 1 面までの距離  $d_0$  が大きくなると、輝度の変化はないが、照射効率が低くなる。表 3 より、第 1 面までの距離  $d_0$  が LED 11 の寸法 L の 0.4 倍以下が好ましい。このため、LED 11 の配線材、カバーガラス、構造物等は、LED 発光面から LED 寸法の 0.4 倍以内になくてはならない。

### 【0071】

次に、発光ダイオード照明用部材 70 を使用して、発光ダイオード照明装置 10 において LED 11 と第一レンズ 21aとの間をシリコーン（屈折率 = 1.4）で封止した場合の設計例を示す。

$d_0 = 0.5$	$n_1 = 1.4$	$1 = 50$	
$r_1 =$	$d_1 = 1.4$	$n_1 = 1.5168$	$1 = 64.17$
$r_2 = -2.1$	$d_2 = 1$		
$r_3 =$	$d_3 = 5.6$	$n_2 = 1.8467$	$2 = 23.78$
$r_4 = -5$	$d_4 = 0.5$	$k_4 = -0.67$	

### 【0072】

この設計における発光ダイオード照明装置 10 と同一条件でのモンテカルロ・シミュレーション結果は、照射面の輝度 11 cd/mm<sup>2</sup>、照射効率 44 % であった。封止することにより、LED 出射光の開口数は、1.4 (= 屈折率) 倍になる。これは、開口数 = 1 とすると、LED 寸法が 1.4 倍、面積が 2 倍、輝度が 1/2 になったと同じ効果が生じる。照射面の輝度、照射効率とも発光ダイオード照明装置 10 の半分になったのは、この効果による。このことから、高輝度 LED 照明装置においては、LED 11 を気中に配置することが重要である。

### 【0073】

本発明の第 1、第 2 および第 3 の実施の形態の発光ダイオード照明装置 10、30、50 の照射面を、新たな発光面として扱うこともできる。すなわち、輝度を落とすことなく、開口数を下げ、発光面積を上げた新たな発光面となる。例えば、発光ダイオード照明装置 10、30、50 の照射面を、反射型の表示素子に結像して使用することもできる。

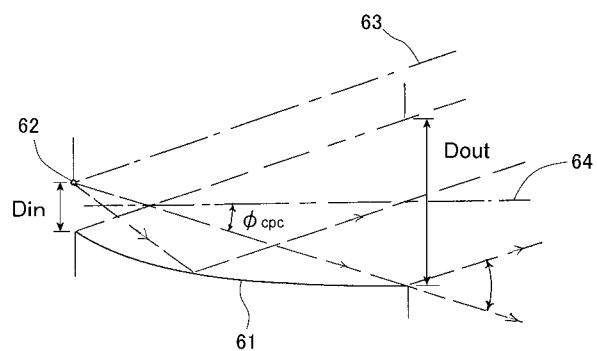
## 【符号の説明】

## 【0074】

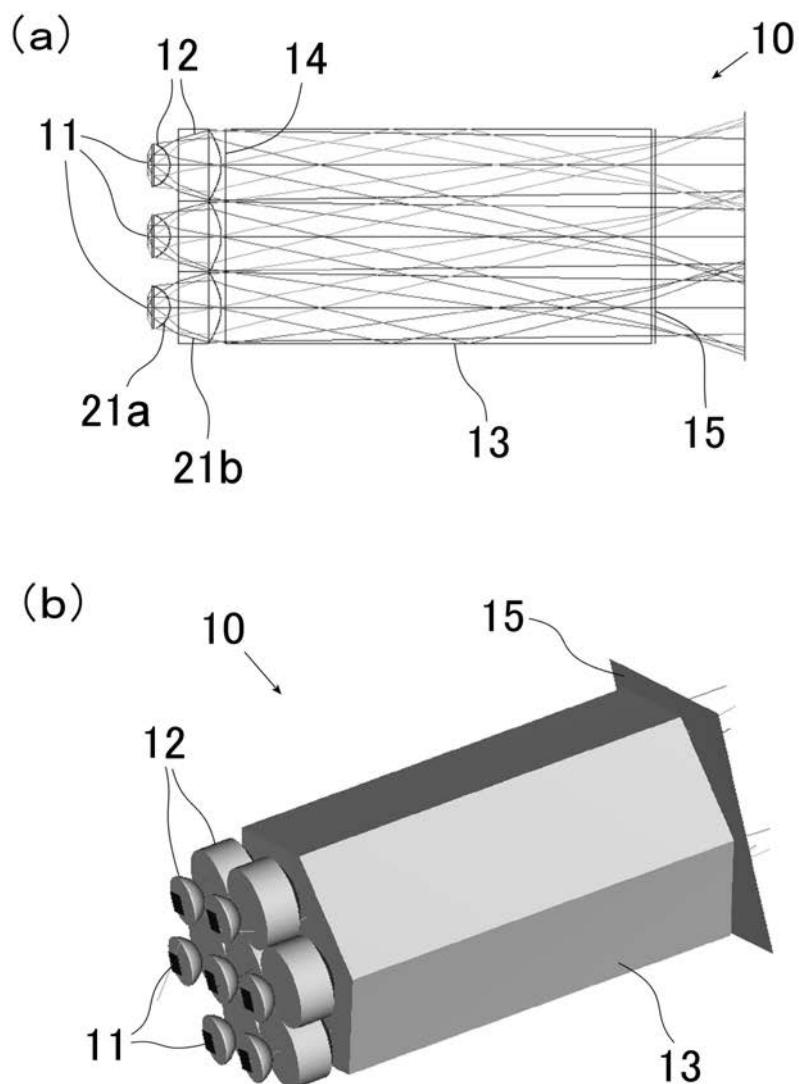
- 10、30、50 発光ダイオード照明装置  
 11 LED (発光ダイオード)  
 12 光学系  
 13 ミキシングロッド  
 14、15 照射面  
 21a、21b レンズ  
 31 テーパーロッド  
 51 複合放物面鏡  
 70 発光ダイオード照明用部材  
 71 平面基板

10

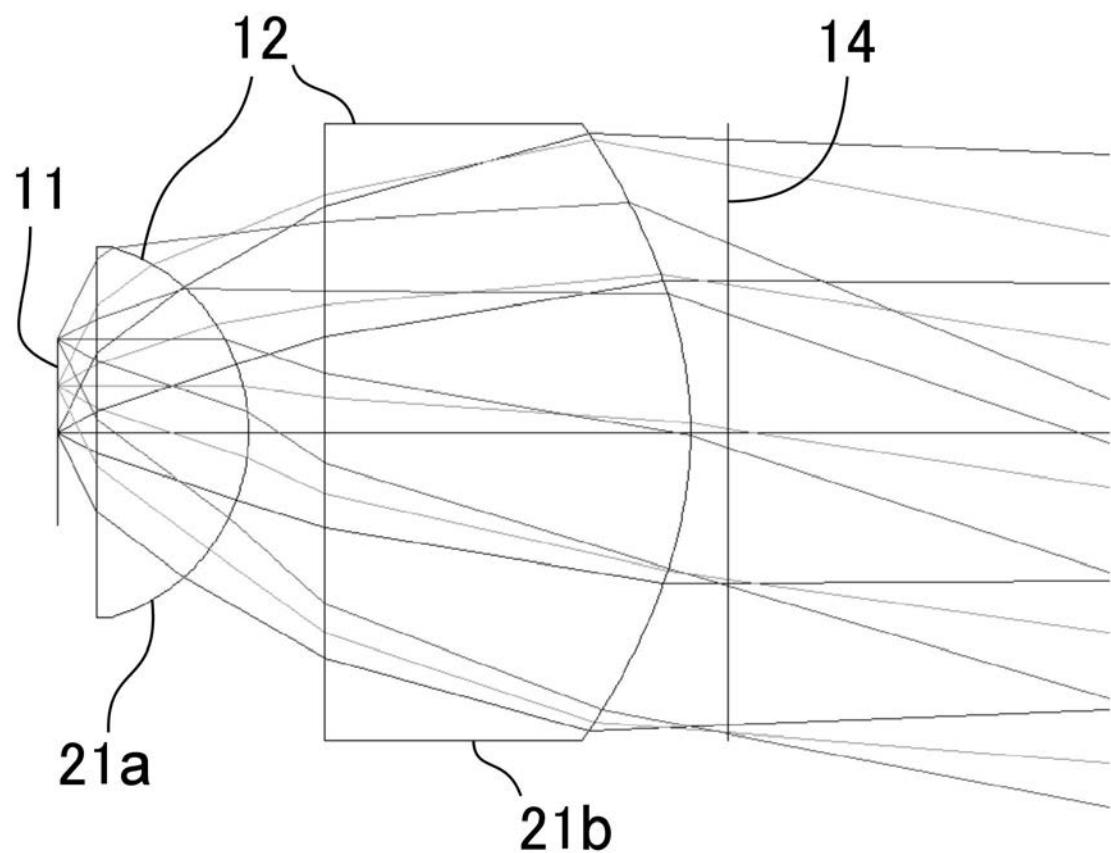
## 【図16】



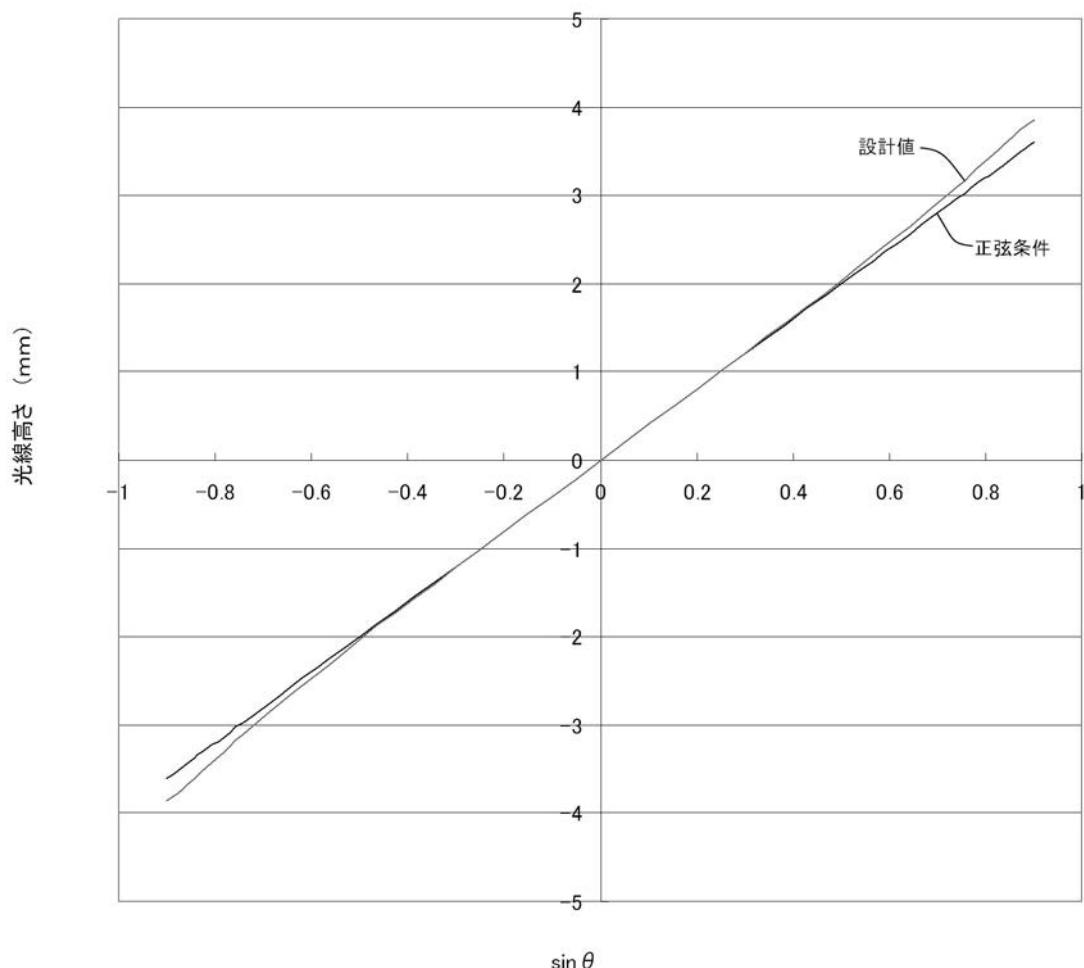
【図1】



【図2】

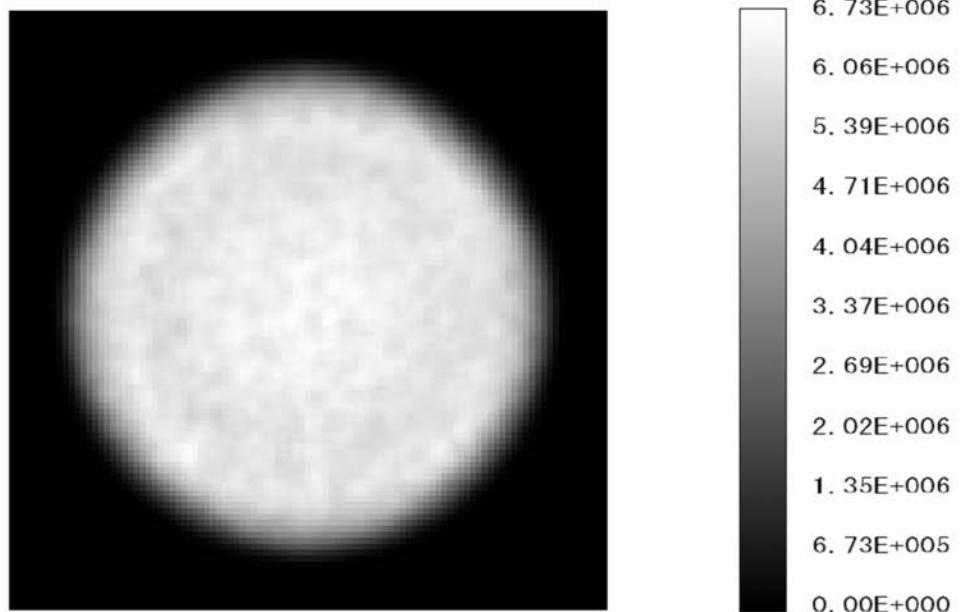


【図3】

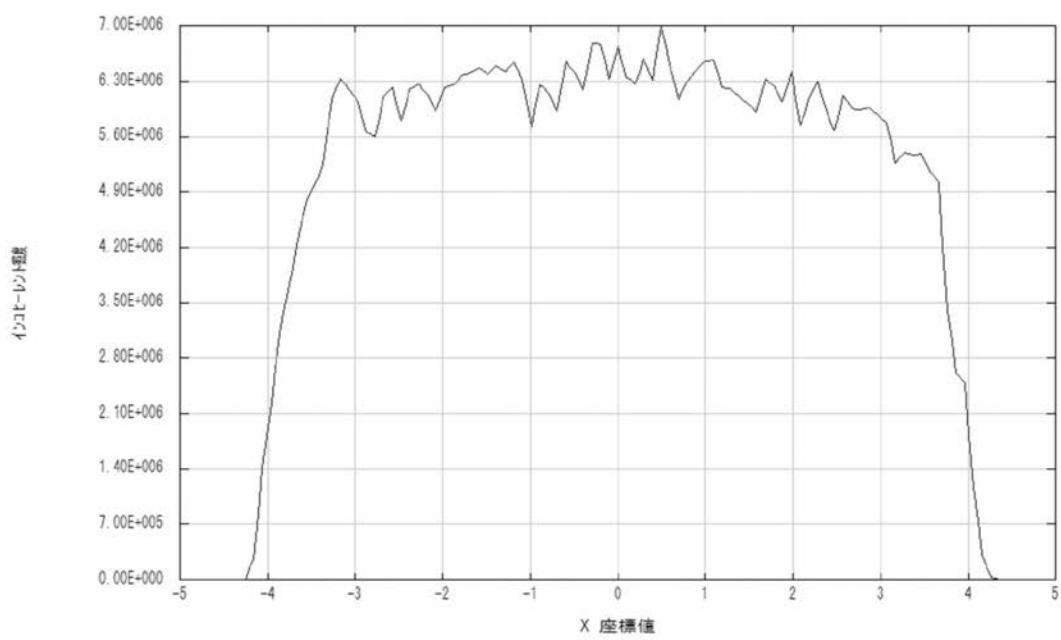


【図4】

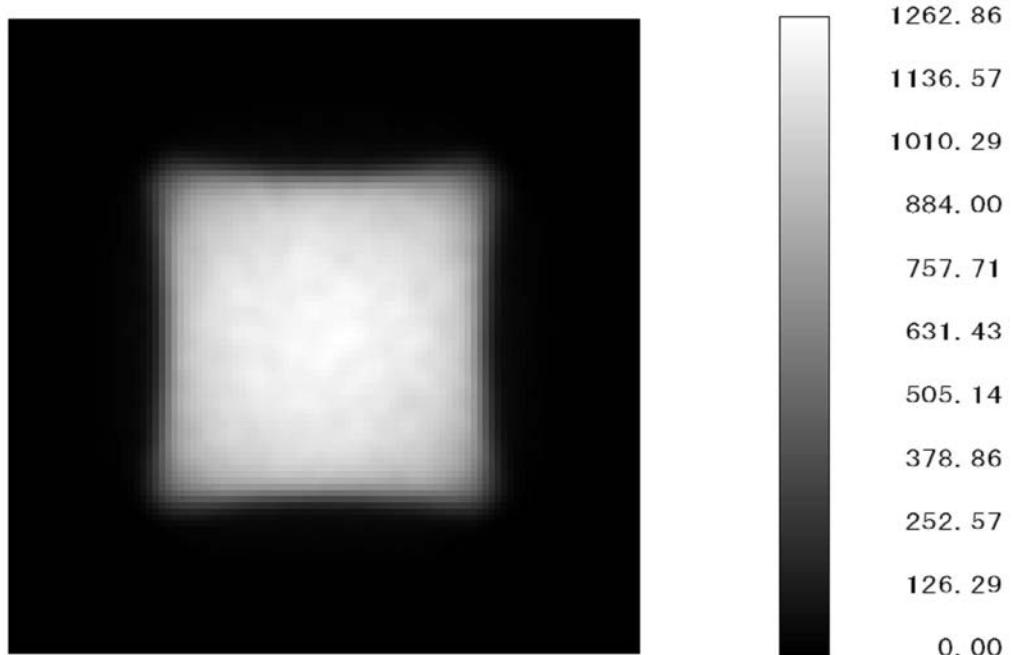
(a)



(b)

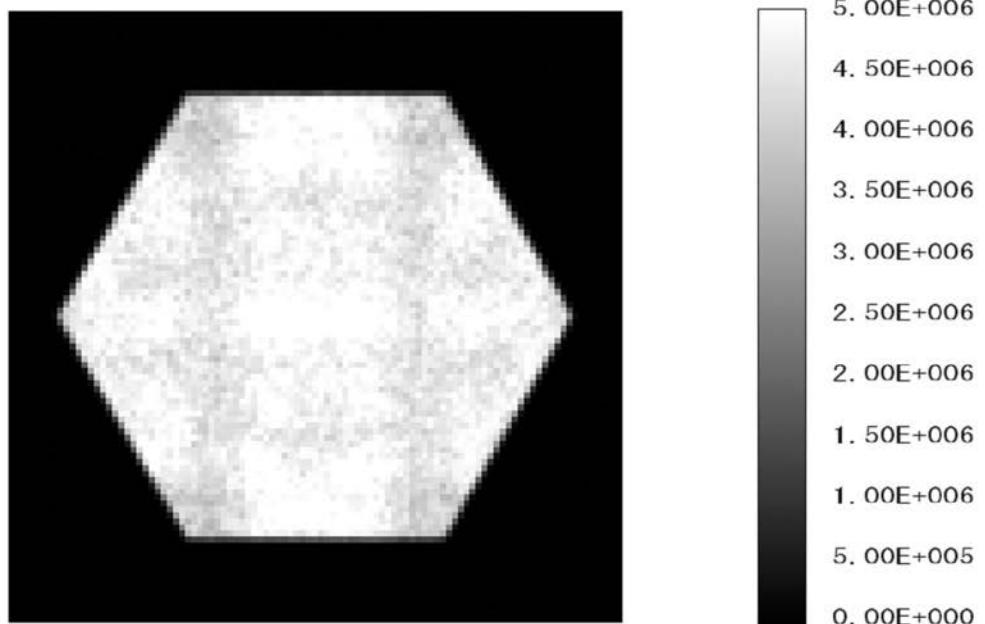


【図5】

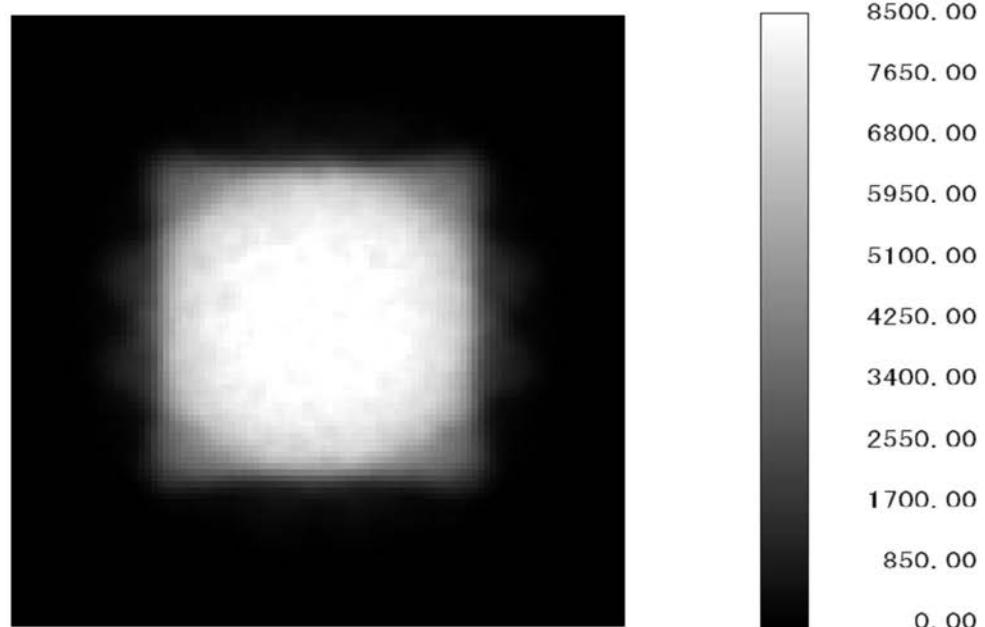


【図6】

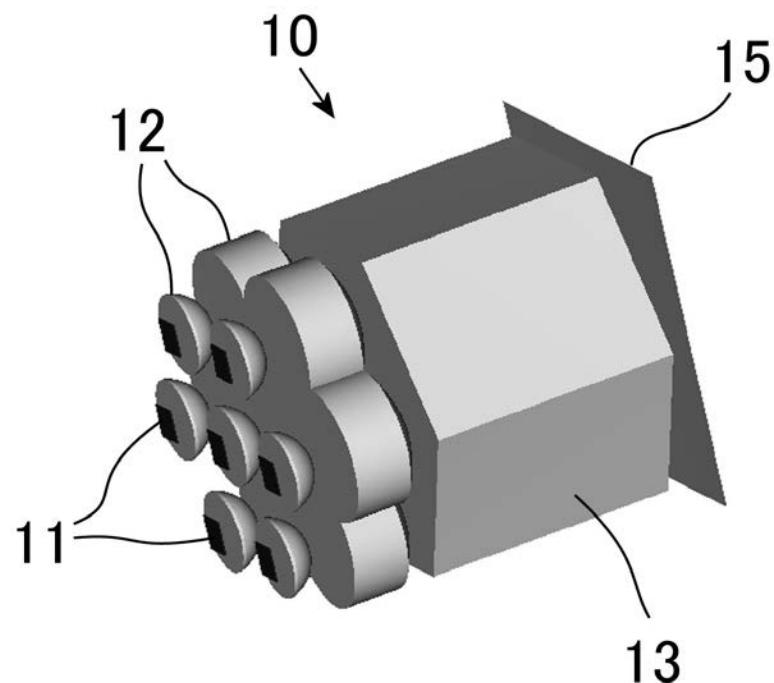
(a)



(b)

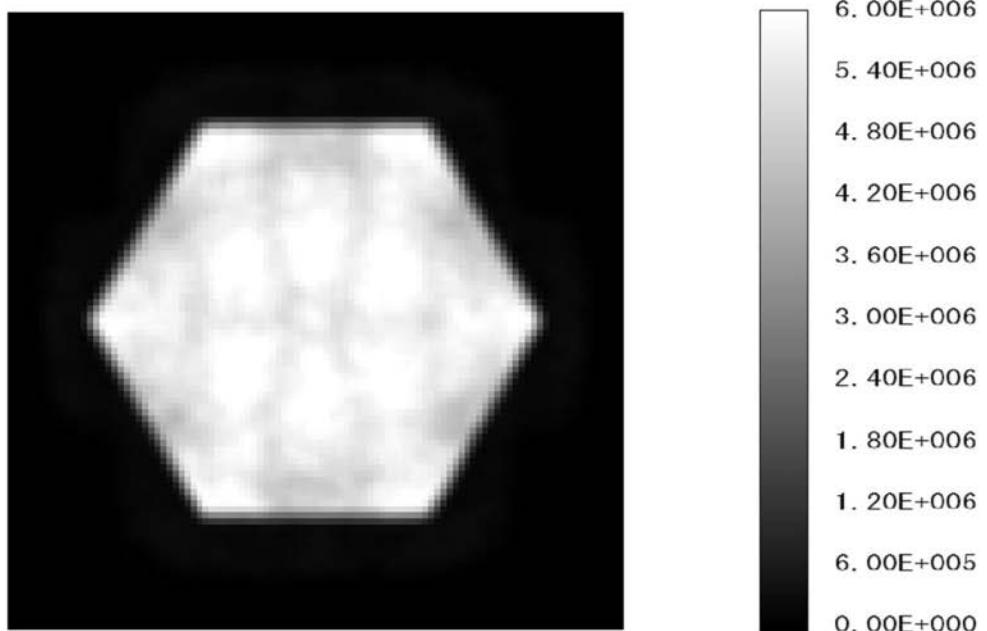


【図7】

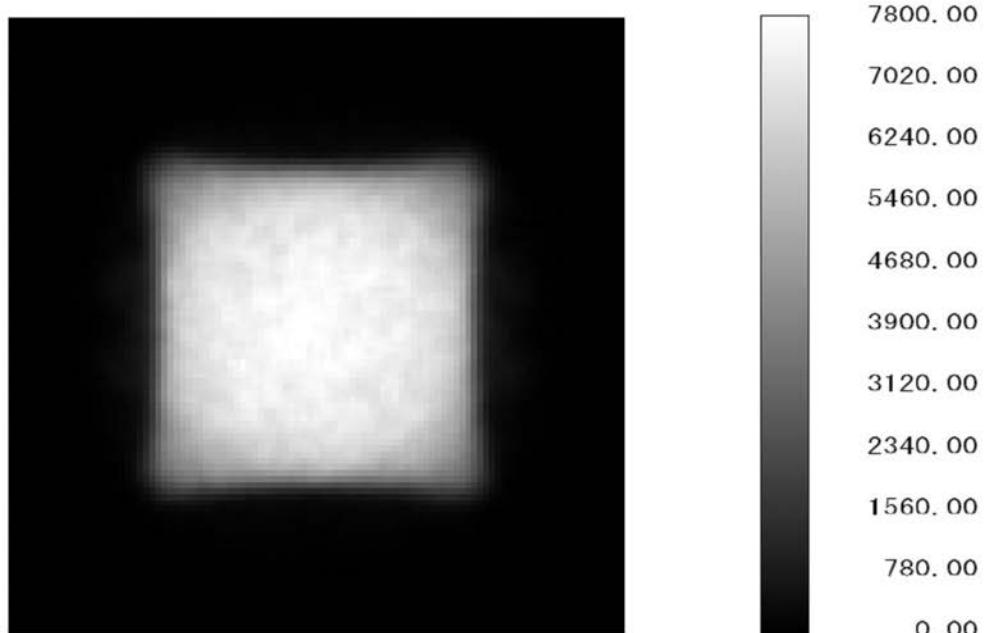


【図8】

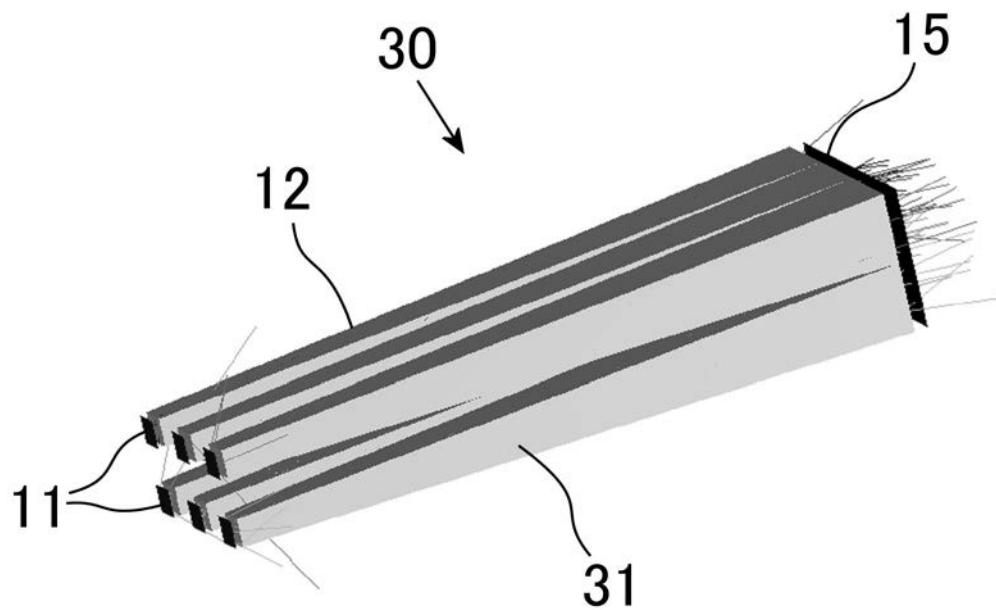
(a)



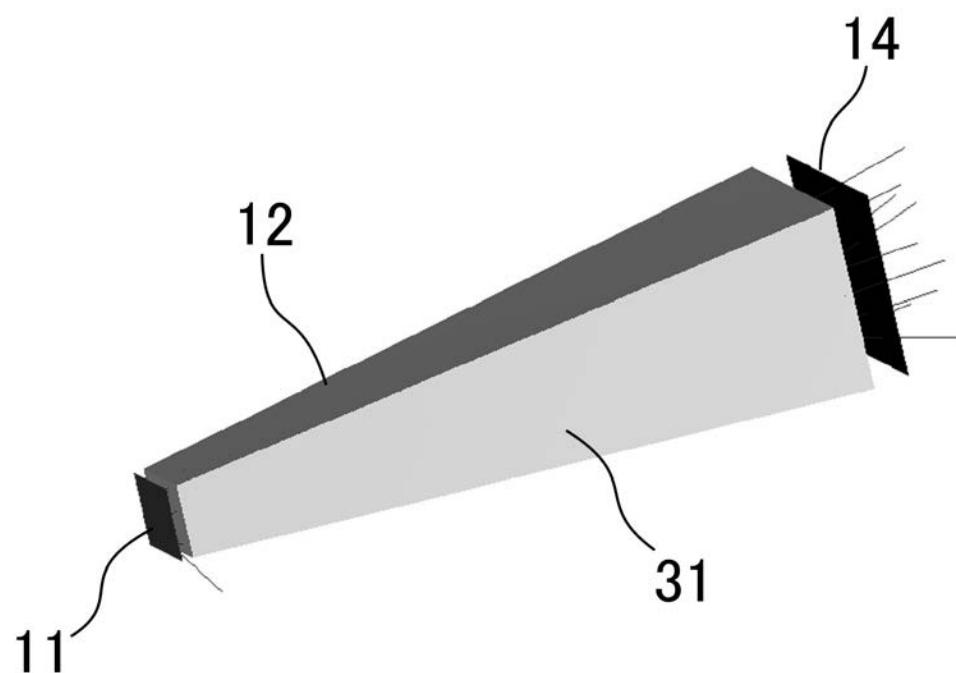
(b)



【図9】

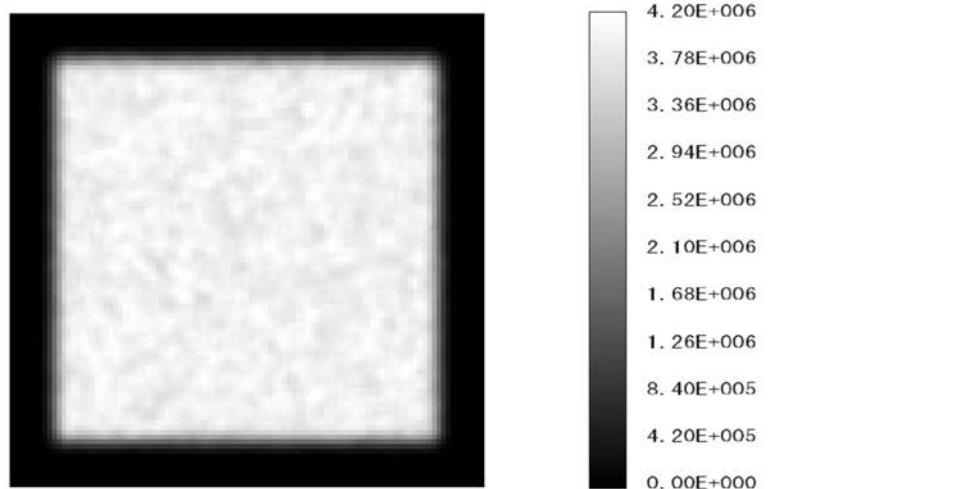


【図10】

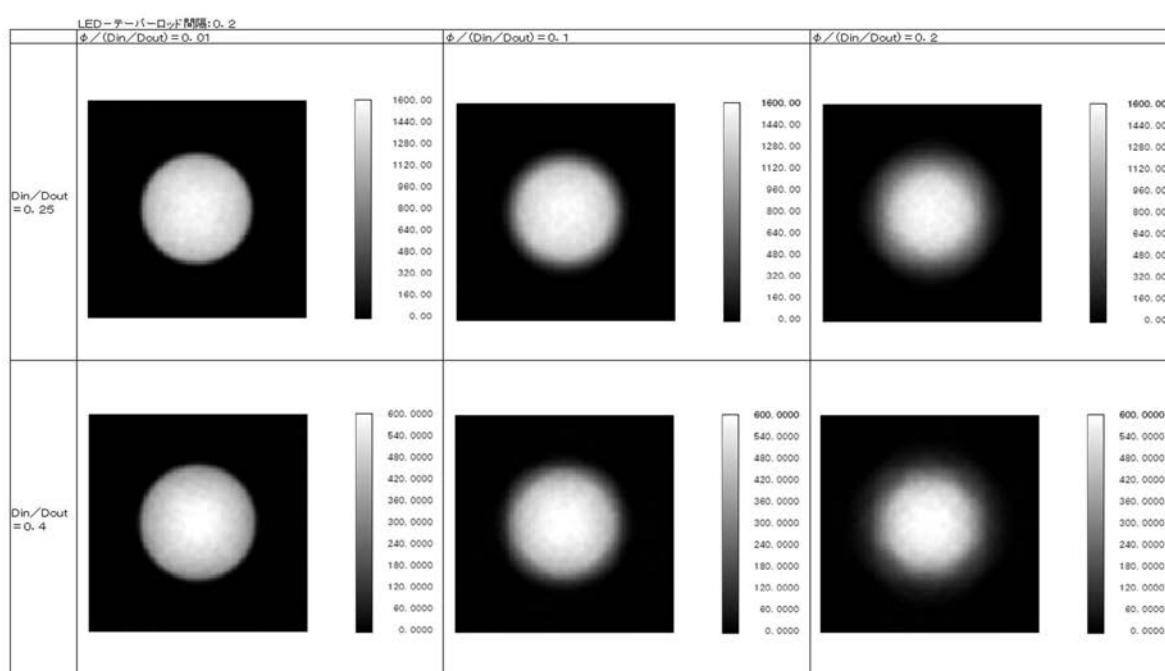


【図 11】

(a)

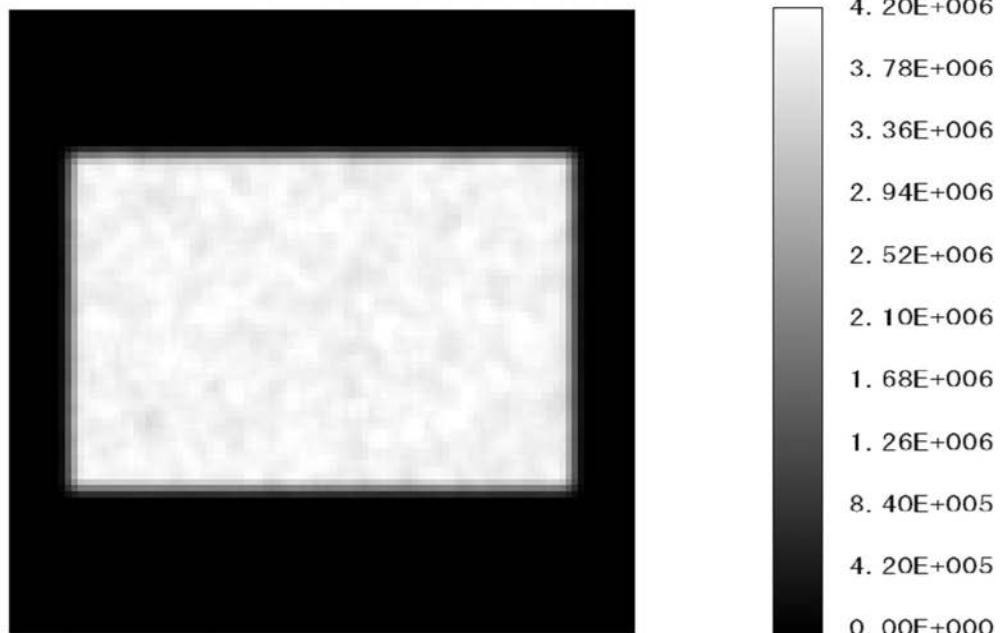


(b)

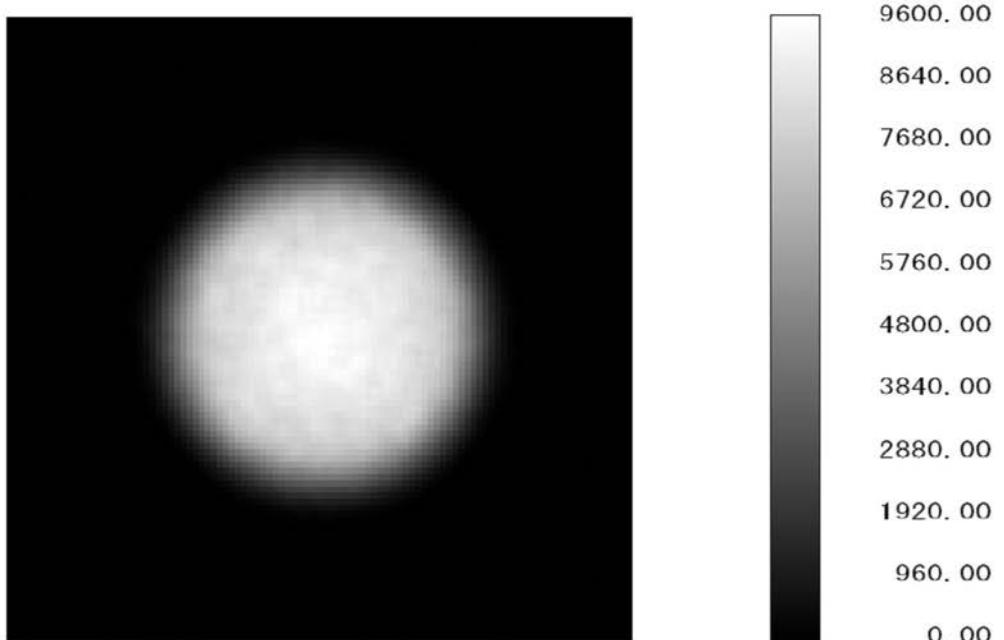


【図12】

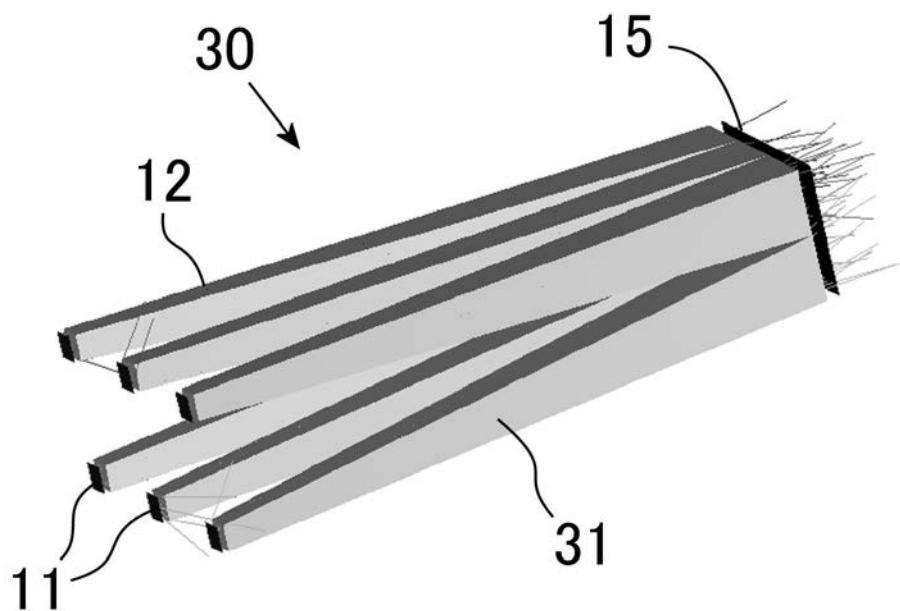
(a)



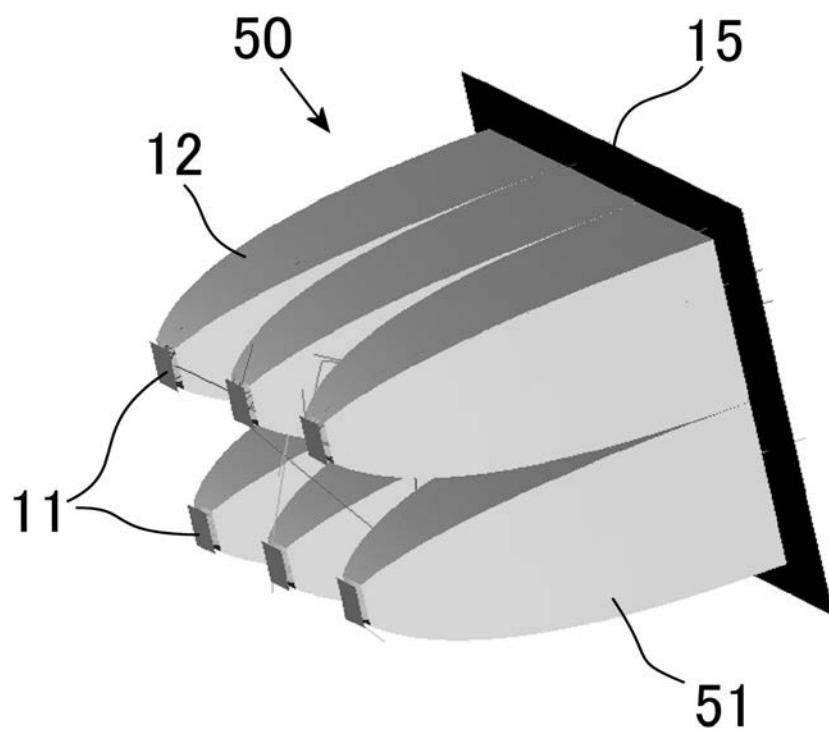
(b)



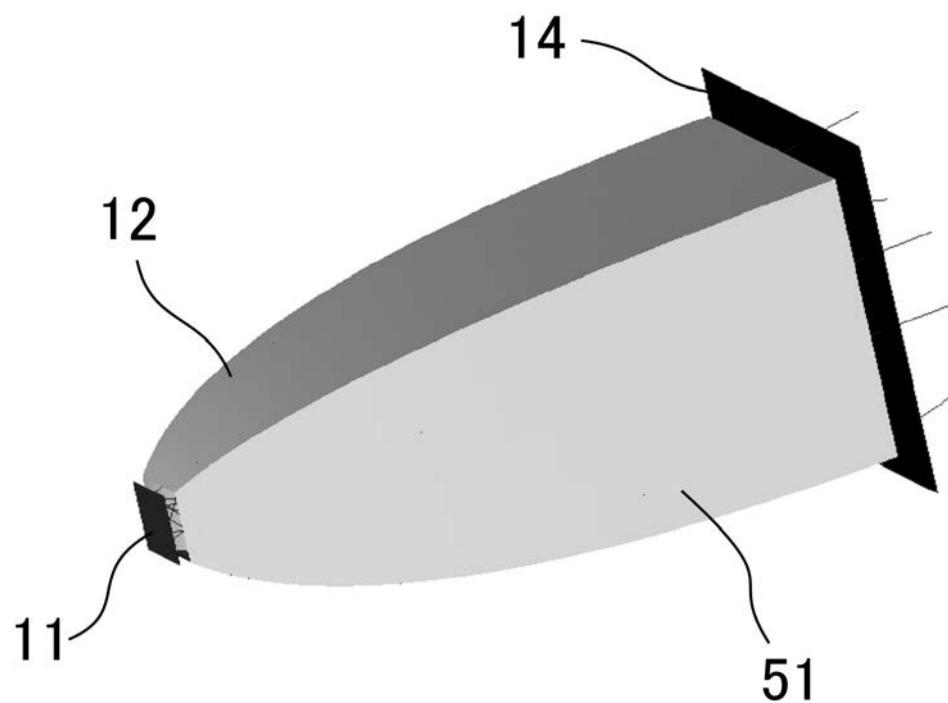
【図13】



【図14】

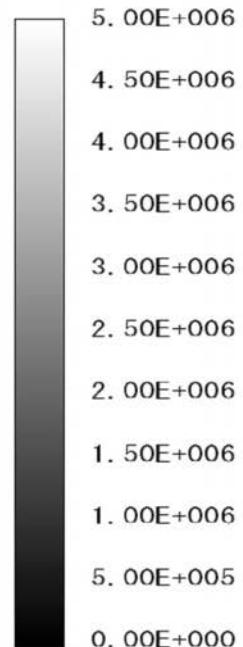
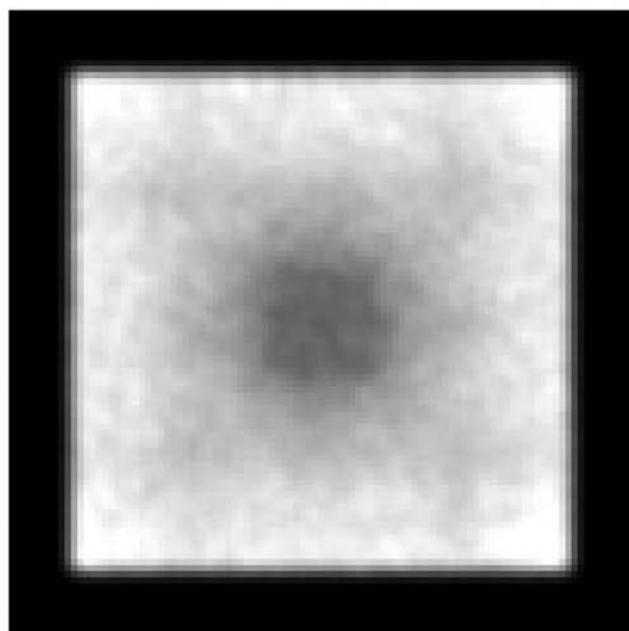


【図15】

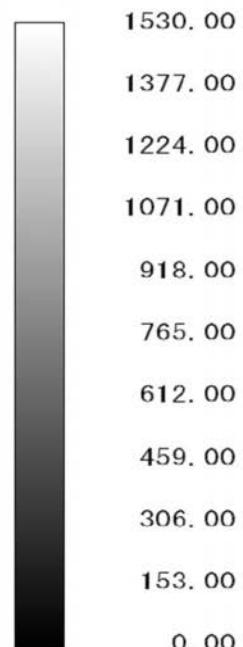
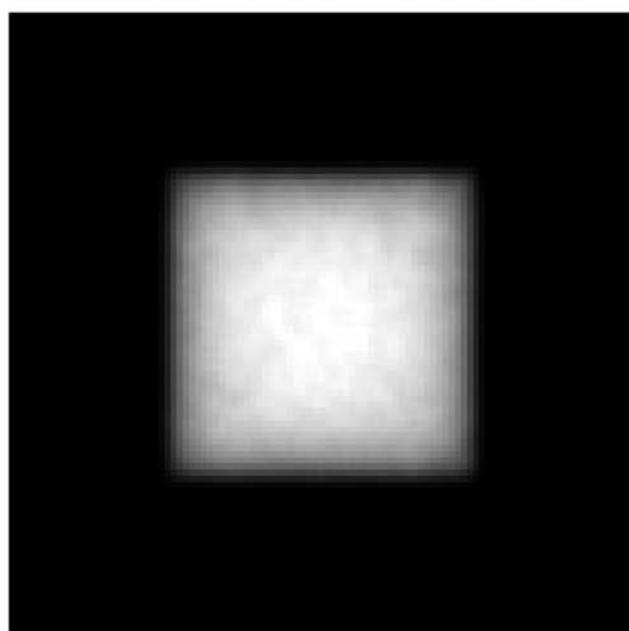


【図17】

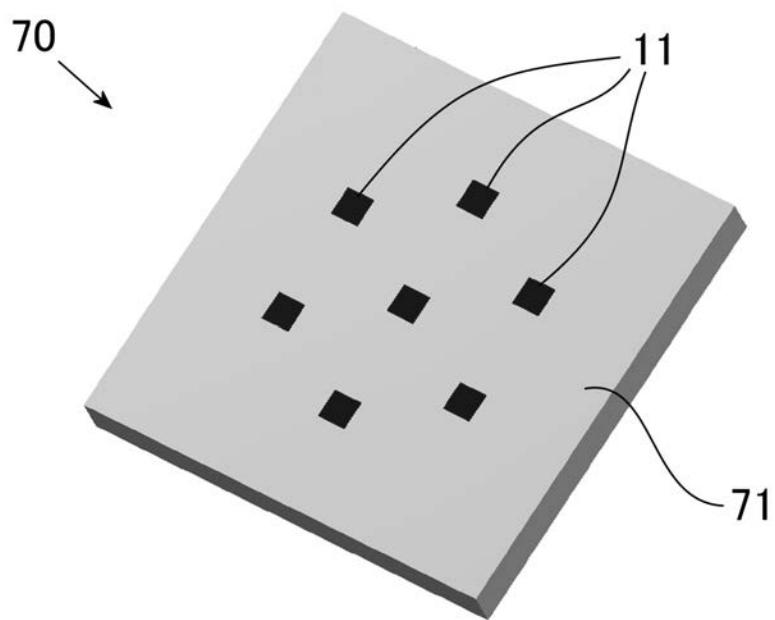
(a)



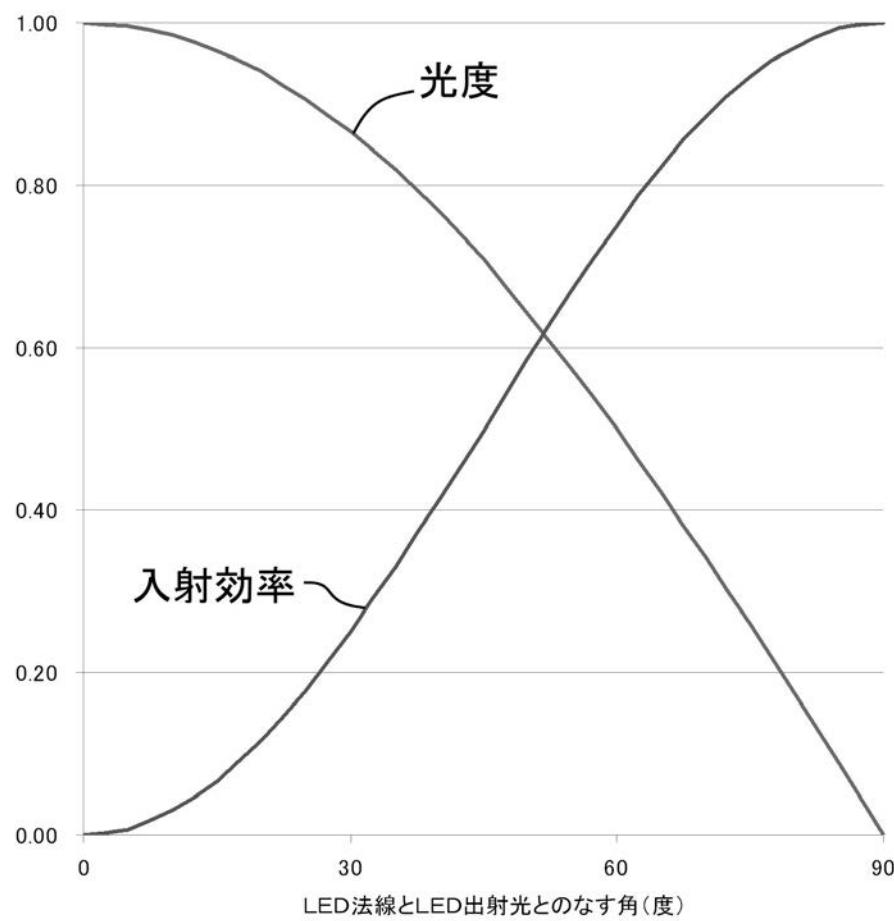
(b)



【図18】



【図19】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
F 21Y 101:02

審査官 横溝 顯範

(56)参考文献 特開2006-318922(JP,A)  
特開2007-33860(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 21V 5/00  
F 21V 5/04  
F 21V 8/00  
H 01L 33/58