

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年1月27日(27.01.2022)



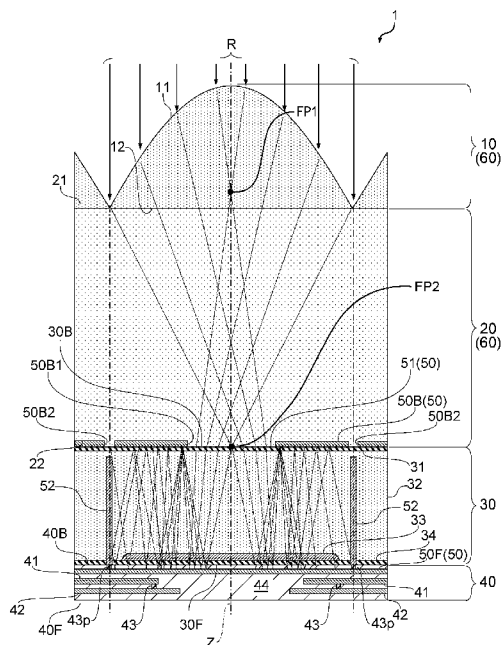
(10) 国際公開番号

WO 2022/019307 A1

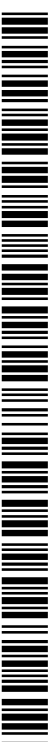
- (51) 国際特許分類:
G02B 3/00 (2006.01) *H01L 31/056* (2014.01)
G02B 3/02 (2006.01) *H01L 27/146* (2006.01)
H01L 31/054 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/027180
- (22) 国際出願日: 2021年7月20日(20.07.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-125723 2020年7月22日(22.07.2020) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人静岡大
学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION
SHIZUOKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒4228529
静岡県静岡市駿河区大谷8 3 6 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者: 川人 祥二 (KAWAHITO Shoji);
〒4328561 静岡県浜松市中区城北3丁目5-1
国立大学法人静岡大学内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki
et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二
丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A
(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特
許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,

(54) Title: PHOTOELECTRIC CONVERSION ELEMENT

(54) 発明の名称: 光電変換素子



(57) Abstract: This photoelectric conversion element 1 comprises: a photoelectric conversion unit 30 that receives light and generates an electrical charge; an electrical charge accumulation detector 70 that accumulates electric charges received from the photoelectric conversion unit 30; an optical confinement unit 50 having a back-surface-side reflection layer 50B and a front-surface-side reflection layer 50F provided on the photoelectric conversion unit 30, the optical confinement unit 50 confining light in the photoelectric conversion unit 30 so that the light reciprocates in the photoelectric conversion



WO 2022/019307 A1

EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

unit 30; and a light direction conversion unit 60 including an outer lens 10 positioned on the back-surface-side-reflection-layer 50B side, the light direction conversion unit 60 determining the direction in which the light in the photoelectric conversion unit 30 advances. The light direction conversion unit 60 is positioned on the outer side of a region sandwiched by the back-surface-side reflection layer 50B and the front-surface-side reflection layer 50F, and causes light to advance in a direction away from the optical axis Z of the outer lens 10 each time reflection of the light between the back-surface-side reflection layer 50B and the front-surface-side reflection layer 50F is repeated.

(57) 要約 : 光電変換素子 1 は、光を受けて電荷を発生させる光電変換部 30 と、光電変換部 30 から受けた電荷を蓄積する電荷蓄積検出部 70 と、光電変換部 30 に設けられる裏面側反射層 50B 及び表面側反射層 50F を有し、光が光電変換部 30 において往復するように、光を光電変換部 30 に閉じ込める光閉じ込め部 50 と、裏面側反射層 50B 側に配置されたアウターレンズ 10 を含み、光電変換部 30 における光の進行方向を決める光方向変換部 60 と、を備える。光方向変換部 60 は、裏面側反射層 50B 及び表面側反射層 50F に挟まれた領域の外側に配置されて、裏面側反射層 50B 及び表面側反射層 50F との間での光の反射が繰り返されるごとにアウターレンズ 10 の光軸 Z から離れる方向に光を進行させる。

明 細 書

発明の名称：光電変換素子

技術分野

[0001] 本発明は、光電変換素子に関する。

背景技術

[0002] 太陽光のスペクトルは、水蒸気による吸収の影響により940nmの波長付近に大きな強度の落ち込みを有する。TOFカメラといった撮像装置は、この波長帯域を利用することにより、太陽光の影響を軽減している。撮像装置を構成する材料としてシリコンがよく用いられている。シリコンの光吸収係数は、940nmの波長帯域において可視光の1/10程度である。つまり、光の吸収効率が低い。例えば、撮像装置が備える光電変換部の厚さ(x)を、 $5 \times 10^{-4} \text{ cm}$ ($5 \mu\text{m}$) であるとする。この厚さは、一般的なCMOSイメージセンサのものである。そして、波長帯域が940nmにおけるシリコンの光吸収係数(α)を 250 cm^{-1} であるとする。式(1)によれば、仮定した光電変換部の厚さ($x = 5 \times 10^{-4} \text{ cm}$)及び光吸収係数($\alpha = 250 \text{ cm}^{-1}$)から得られる光吸収率(B)は、11.8%である。

[数1]

$$B = 1 - e^{-\alpha x} \dots (1)$$

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表2018-525837号公報

特許文献2：特開2019-114642号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] シリコンにおける吸光度は、シリコンの内部において光が進んだ距離(光路長)に比例する。そうすると、光吸収係数(α)は低くとも、光電変換部において十分な光路長を確保することにより、シリコンに吸収される光を増

やすことができる。例えば、特許文献 1、2 に開示された素子は、光電変換部を通過した光を再び光電変換部に戻す構造を有する。これらの構造によって得られる光路長は、光電変換部を一度だけ通過する場合に比べると長くなる。しかし、当該技術分野にあっては、光電変換素子を備える撮像装置のさらなる高感度化が望まれていた。

[0005] そこで、本発明は、感度を高めることが可能な光電変換素子を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一形態である光電変換素子は、光を受けて電荷を発生させる光電変換部と、光電変換部から受けた電荷を蓄積する電荷蓄積検出部と、光電変換部の第 1 の面側に設けられると共に光を受け入れる開口を含む第 1 の反射層、及び、第 1 の面とは逆側である光電変換部の第 2 の面側に設けられた第 2 の反射層を有し、光が光電変換部において往復するように、光を光電変換部に閉じ込める光閉じ込め部と、第 1 の面側に配置された第 1 のレンズを含み、光電変換部における光の進行方向を決める光方向変換部と、を備え、光方向変換部は、第 1 の面と第 2 の面とに挟まれた領域の外側に配置されて、第 1 の面と第 2 の面との間での光の反射が繰り返されるごとに第 1 のレンズの光軸から離れる方向に光を進行させる。

[0007] この光電変換素子では、第 1 の反射層と第 2 の反射層との間で複数回の光の反射が生じる。第 1 の反射層と第 2 の反射層の間には光電変換部が存在する。つまり、光は光電変換部を複数回往復する。そうすると、光電変換部における光の光路長が伸びるので、光電変換部に光を十分に吸収させることが可能になる。その結果、感度を高めることができる。

[0008] 一形態の光電変換素子では、第 1 のレンズにおける光軸を含む断面形状において、光を受け入れる面を示す線分は、第 1 の曲線部と、第 1 の曲線部よりも光軸から遠い第 2 の曲線部とを含み、第 2 の曲線部の曲率は、第 1 の曲線部の曲率よりも小さくてもよい。この構成によれば、第 1 の面と第 2 の面との間での光の反射が繰り返されるごとに第 1 のレンズの光軸から離れる方向に進行する光を生じさせることができる。

- [0009] 一形態の光電変換素子では、第1のレンズにおける光軸を含む断面形状において、光を受け入れる面を示す線分は、円弧として規定される部分を含んでもよい。この構成によっても、第1の面と第2の面との間での光の反射が繰り返されるごとに第1のレンズの光軸から離れる方向に進行する光を生じさせることができる。
- [0010] 一形態の光電変換素子では、第1のレンズにおける光軸を含む断面形状において、光を受け入れる面を示す線分は、放物線として規定される部分を含んでもよい。この構成によっても、第1の面と第2の面との間での光の反射が繰り返されるごとに第1のレンズの光軸から離れる方向に進行する光を生じさせることができる。
- [0011] 一形態の光電変換素子では、第1のレンズにおける光軸を含む断面形状において、光を受け入れる面を示す線分は、第1の直線部と、第1の直線部よりも光軸から遠い第2の直線部とを含み、光軸に直交する仮想基準軸線と第2の直線部との間の第2の傾斜角は、仮想基準軸線と第1の直線部との間の第1の傾斜角よりも大きくてもよい。この構成によっても、第1の面と第2の面との間での光の反射が繰り返されるごとに第1のレンズの光軸から離れる方向に進行する光を生じさせることができる。
- [0012] 一形態の光電変換素子では、第1のレンズの形状は、光軸を中心とした回転対称の形状であってもよい。この構成によれば、光電変換部を平面視したときの光の進行方向を放射状とすることができる。
- [0013] 一形態の光電変換素子では、第1のレンズの形状は、断面形状を光軸に直交する方向に引き延ばした形状であってもよい。この構成によれば、光電変換部を平面視したときの光の進行方向を所望の方向に設定することができる。
- [0014] 一形態の光電変換素子では、光方向変換部は、第1のレンズに加えて、さらに、第1のレンズと第1の面との間に配置された第2のレンズを含んでもよい。この構成によっても、第1の反射層の開口から光電変換部に入射した光において、当該開口から再び出て行く光の成分を低減することができる。

従って、さらに感度を高めることができる。

[0015] 一形態の光電変換素子では、第2のレンズにおける光軸を含む断面形状において、光を受け入れる面を示す線分は、第3の曲線部と、第3の曲線部よりも光軸から遠い第4の曲線部とを含み、第4の曲線部の曲率は、第3の曲線部の曲率よりも小さくてもよい。この構成によっても、第1の面と第2の面との間での光の反射が繰り返されるごとに第1のレンズの光軸から離れる方向に進行する光を生じさせることができる。

[0016] 一形態の光電変換素子では、第2のレンズにおける光軸を含む断面形状において、光を受け入れる面を示す線分は、円弧として規定される部分を含んでもよい。この構成によっても、第1の面と第2の面との間での光の反射が繰り返されるごとに第1のレンズの光軸から離れる方向に進行する光を生じさせることができる。

[0017] 一形態の光電変換素子では、第2のレンズにおける光軸を含む断面形状において、光を受け入れる面を示す線分は、放物線として規定される部分を含んでもよい。この構成によっても、第1の面と第2の面との間での光の反射が繰り返されるごとに第1のレンズの光軸から離れる方向に進行する光を生じさせることができる。

[0018] 一形態の光電変換素子では、第2のレンズにおける光軸を含む断面形状において、光を受け入れる面を示す線分は、第3の直線部と、第3の直線部よりも光軸から遠い第4の直線部とを含み、光軸に直交する仮想基準軸線と第4の直線部との間の第4の傾斜角は、仮想基準軸線と第3の直線部との間の第3の傾斜角よりも大きくてもよい。この構成によっても、第1の面と第2の面との間での光の反射が繰り返されるごとに第1のレンズの光軸から離れる方向に進行する光を生じさせることができる。

[0019] 一形態の光電変換素子では、光方向変換部は、第2の面側に配置された反射部を含んでもよい。この構成によっても、第1の反射層の開口から光電変換部に入射した光において、当該開口から再び出て行く光の成分を低減することができる。従って、さらに感度を高めることができる。

- [0020] 一形態の光電変換素子において、光閉じ込め部は、光電変換部を囲む第1の隔壁部をさらに有し、第1の隔壁部の一方の端面は、第1の反射層と協働して光電変換部の一部を挟み、第1の隔壁部の他方の端面は、光電変換部の第2の面と面一であってもよい。この構成によれば、光電変換部に光をさらに良好に閉じ込めることができる。
- [0021] 一形態の光電変換素子において、光閉じ込め部は、光電変換部を囲む第2の隔壁部をさらに有し、第2の隔壁部の一方の端面は、光電変換部の第1の面と面一であり、第2の隔壁部の他方の端面は、第2の反射層と協働して光電変換部の一部を挟んでもよい。この構成によれば、光電変換部に光をさらに良好に閉じ込めると共に光電変換部で生じた電荷を取り出す経路を設けることもできる。
- [0022] 一形態の光電変換素子において、光閉じ込め部は、光電変換部を囲む第3の隔壁部をさらに有し、第3の隔壁部の一方の端面は、光電変換部の第1の面と面一であり、第3の隔壁部の他方の端面は、光電変換部の第2の面と面一であってもよい。この構成によれば、光電変換部に光を確実に閉じ込めることができる。
- [0023] 一形態の光電変換素子において、光電変換部は、第1の反射層の開口と重複する部分を含み、電荷蓄積検出部は、第1の反射層の開口と重複する部分を含まなくてよい。
- [0024] 一形態の光電変換素子において、光閉じ込め部は、光の入射方向から見て光電変換部が構成するpn接合部を含む光電変換領域と電荷蓄積検出部を含む電荷蓄積検出領域とを有する画素領域に、開口から入射した光を閉じ込めるように光電変換領域及び電荷蓄積検出領域を囲む外隔壁部を含んでもよい。
- [0025] 一形態の光電変換素子において、外隔壁部の一方の端面は、pn接合を構成する半導体領域に接し、外隔壁部の他方の端面は、光電変換部の第2の面と面一であってもよい。
- [0026] 一形態の光電変換素子において、外隔壁部の一方の端面は、光電変換部の

第1の面と面一であり、外隔壁部の他方の端面は、pn接合を構成する半導体領域に接してもよい。

[0027] 一形態の光電変換素子において、外隔壁部の一方の端面は、光電変換部の第1の面と面一であり、外隔壁部の他方の端面は、光電変換部の第2の面と面一であってもよい。

[0028] 一形態の光電変換素子において、光閉じ込め部は、光の入射方向から見て光電変換領域と電荷蓄積検出領域との間に設けられ、電荷蓄積検出領域を光電変換領域から光学的に隔てる内隔壁部を含んでもよい。

[0029] 一形態の光電変換素子において、内隔壁部の一方の端面は、pn接合を構成する半導体領域に接し、内隔壁部の他方の端面は、光電変換部の第2の面と面一であってもよい。

[0030] 一形態の光電変換素子において、内隔壁部の一方の端面は、光電変換部の第1の面と面一であり、内隔壁部の他方の端面は、pn接合を構成する半導体領域に接してもよい。

[0031] 一形態の光電変換素子において、内隔壁部の一方の端面は、光電変換部の第1の面と面一であり、内隔壁部の他方の端面は、光電変換部の第2の面と面一であってもよい。

発明の効果

[0032] 本発明によれば、感度を高めることが可能な光電変換素子が提供される。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]図1は、第1実施形態の光電変換素子の断面図である。

[図2]図2は、図1に示す第1の構成であるDTIを拡大して示す断面図である。

[図3]図3は、第2の構成であるDTIを拡大して示す断面図である。

[図4]図4は、第3の構成であるDTIを拡大して示す断面図である。

[図5]図5(a)はアウターレンズのレンズ主面の形状を示す等高線図であり、図5(b)は図5(a)に示すX-X'断面におけるアウターレンズの断面形状であり、図5(c)は図5(a)に示すY-Y'断面におけるアウタ

ーレンズの断面形状である。

[図6]図6は、光電変換素子における光の閉じ込めを説明するための断面図である。

[図7]図7は、アウターレンズの形状と成形された光の照射領域とを示す斜視図である。

[図8]図8は、変形例1のアウターレンズの形状を説明するための図である。

[図9]図9は、変形例1のアウターレンズを適用した光電変換素子を示す図である。

[図10]図10は、変形例2のアウターレンズの形状を説明するための図である。

[図11]図11は、変形例2のアウターレンズを適用した光電変換素子を示す図である。

[図12]図12は、変形例3のアウターレンズを適用した光電変換素子を示す図である。

[図13]図13は、変形例4のアウターレンズの形状を説明するための図である。

[図14]図14は、変形例4のアウターレンズを適用した光電変換素子を示す図である。

[図15]図15は、第2実施形態の光電変換素子の断面図である。

[図16]図16は、第3実施形態の光電変換素子の断面図である。

[図17]図17は、第4実施形態の光電変換素子の断面図である。

[図18]図18は、第5実施形態の光電変換素子の断面図である。

[図19]図19は、第6実施形態の光電変換素子の断面図である。

[図20]図20は、第7実施形態の光電変換素子が備えるアウターレンズの形状と成形された光の照射領域とを示す斜視図である。

[図21]図21(a)及び図21(c)は第7実施形態における別の形状のアウターレンズの断面形状を示す図であり、図21(b)は、第7実施形態における別の形状のアウターレンズによって成形された光の照射領域を示す図

である。

[図22]図22(a)は第8実施形態の OUTER レンズの レンズ主面の形状を示す等高線図であり、図22(b)は $X1-X1'$ 断面及び $X2-X2'$ 断面における OUTER レンズの断面形状であり、図22(c)は $Y1-Y1'$ 断面及び $Y2-Y2'$ における OUTER レンズの断面形状である。

[図23]図23は、第8実施形態の OUTER レンズの变形例によって成形された光の照射領域を示す図である。

[図24]図24は、第9実施形態の光電変換素子の断面図である。

[図25]図25(a)は第9実施形態の光電変換素子を製造するための第1工程を示す断面図であり、図25(b)は第2工程を示す断面図である。

[図26]図26(a)は第9実施形態の光電変換素子を製造するための第3工程を示す断面図であり、図26(b)は第4工程を示す断面図である。

[図27]図27(a)は第9実施形態の光電変換素子を製造するための第5工程を示す断面図であり、図27(b)は第6工程を示す断面図である。

[図28]図28(a)は第9実施形態の光電変換素子を製造するための第7工程を示す断面図であり、図28(b)は第8工程を示す断面図である。

[図29]図29(a)は第9実施形態の光電変換素子を製造するための別の方法における第1工程を示す断面図であり、図29(b)は第2工程を示す断面図である。

[図30]図30(a)は第9実施形態の光電変換素子を製造するための別の方法における第3工程を示す断面図であり、図30(b)は第4工程を示す断面図である。

[図31]図31は第9実施形態の光電変換素子を製造するための別の方法における第5工程を示す断面図である。

[図32]図32は、第10実施形態の光電変換素子の断面図である。

[図33]図33は、第11実施形態の光電変換素子の平面図である。

[図34]図34は第11実施形態の光電変換素子の構造と成形された光の照射領域とを示す平面図である。

[図35]図35は、第11実施形態の光電変換素子の第1の配列例を示す平面図である。

[図36]図36は、第11実施形態の光電変換素子の第2の配列例を示す平面図である。

[図37]図37は第11実施形態の光電変換素子の構造と成形された光の照射領域とを示す平面図である。

[図38]図38は、第12実施形態の光電変換素子の平面図である。

[図39]図39は、第12実施形態の光電変換素子の構造と成形された光の照射領域とを示す平面図である。

[図40]図40は、計算例1、2、3に用いた解析モデルを説明する図である。

[図41]図41は、計算例1に用いたアウターレンズの斜視図である。

[図42]図42は、計算例2に用いたアウターレンズの斜視図である。

[図43]図43は、計算例3に用いたアウターレンズの斜視図である。

[図44]図44は、計算例1の結果を示す第1のコンター図である。

[図45]図45は、計算例1の結果を示す第2のコンター図である。

[図46]図46は、計算例2の結果を示す第1のコンター図である。

[図47]図47は、計算例2の結果を示す第2のコンター図である。

[図48]図48は、計算例2の結果による光線を示す図である。

[図49]図49は、計算例2の結果による光線を示す別の図である。

[図50]図50は、計算例3の結果を示す第1のコンター図である。

[図51]図51は、計算例3の結果による光線を示す図である。

[図52]図52は、計算例3の結果による光線を示す別の図である。

[図53]図53(a)は計算例3の第2のコンター図であり、図53(b)は計算例3の第3のコンター図である。

[図54]図54(a)は計算例3の第4のコンター図であり、図54(b)は計算例3の第5のコンター図である。

[図55]図55(a)は計算例3の第6のコンター図であり、図55(b)は

計算例3の第7のコンター図である。

発明を実施するための形態

- [0034] 以下、添付図面を参照しながら本発明を実施するための形態を詳細に説明する。図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。
- [0035] 図1に示す光電変換素子1は、いわゆる裏面照射型の画素である。光電変換素子1は、アウターレンズ10（第1のレンズ、光方向変換部60）と、メインスペーサ20と、光電変換部30と、配線部40と、光閉じ込め部50と、を有する。
- [0036] アウターレンズ10は、メインスペーサ20とともに光電変換部30に入射させる光Rの方向を決める。つまり、アウターレンズ10は、メインスペーサ20とともに光方向変換部60を構成する。アウターレンズ10は、レンズ入射面11と、レンズ出射面12と、を有する。アウターレンズ10の屈折率は、一例として $n=1.58$ である。アウターレンズ10の詳細については、後述する。
- [0037] メインスペーサ20は、アウターレンズ10から光電変換部30までの距離を決める。メインスペーサ20の屈折率は、一例として $n=1.58$ である。つまり、メインスペーサ20の屈折率は、アウターレンズ10の屈折率と同じである。メインスペーサ20は、スペーサ入射面21と、スペーサ出射面22と、を有する。
- [0038] 本実施形態の光電変換素子1において、光電変換部30で多重反射を生じさせるためには、光電変換部30に対する光の入射位置及び入射角度が重要である。これらの入射位置及び入射角度は、光が通過する光学部品の形状や特性（屈折率）に応じて決まる。光電変換素子1の場合には、アウターレンズ10及びメインスペーサ20がこれに該当する。つまり、光電変換素子1は、アウターレンズ10及びメインスペーサ20によって構成される光方向変換部60を有する。つまり、光方向変換部60は、多重反射を生じさせるように光電変換部30へ光を導く構成である。光方向変換部60は、光電変

換部30へ光を導く構成であるから、光電変換部30の外側に配置される。

[0039] 光電変換部30は、光Rを吸収する。光電変換部30は、吸収した光Rに応じた電荷を発生させる。光電変換部30は、裏面30B（第1の面）と、表面30F（第2の面）と、を有する。光電変換部30は、シリコンにより構成される。シリコンによれば、光電変換部30の屈折率は、 $n = 3.64$ である。つまり、光電変換部30の屈折率は、アウターレンズ10の屈折率より大きい。また、光電変換部30の屈折率は、メインスペーサ20の屈折率より大きい。

[0040] 光電変換部30は、p+型の第1半導体領域31と、p-型の第2半導体領域32と、n型の第3半導体領域33と、p+型の第4半導体領域34と、を有する。第1半導体領域31は、光電変換部30の裏面30Bを構成する。第1半導体領域31は、第2半導体領域32に接する。第2半導体領域32は、第1半導体領域31、第3半導体領域33及び第4半導体領域34にそれぞれ接する。第3半導体領域33は、第2半導体領域32及び第4半導体領域34に接する。第2半導体領域32及び第3半導体領域33は、pn接合部を構成し、フォトダイオードとして機能する。つまり、光Rを吸収するシリコンからなる光電変換部30は、フォトダイオードを含む。フォトダイオードの構造は、埋め込みフォトダイオードであることが好ましいが、フォトゲート等の受光素子であってもよい。第4半導体領域34は、光電変換部30の表面30Fを構成する。第4半導体領域34は、第2半導体領域32及び第3半導体領域33に接する。また、第4半導体領域34は、配線部40の裏面40Bに接する。

[0041] 光閉じ込め部50は、裏面側反射層50B（第1の反射層）と、表面側反射層50F（第2の反射層）と、反射防止層51と、DTI52（Deep Trench Isolation、第1の隔壁部）と、を有する。反射防止層51は、光電変換部30の裏面30Bに形成される。反射防止層51は、例えば、酸化シリコン（ SiO_2 ）及び窒化シリコン（ Si_3N_4 ）によって構成される。反射防止層51は、DTI52によって規定される画素領域の全体を覆う。

[0042] 裏面側反射層50B及び表面側反射層50Fは、金属によって構成される。つまり、裏面側反射層50B及び表面側反射層50Fは、金属層である。裏面側反射層50B及び表面側反射層50Fは、例えば、アルミニウム（Al）、銅（Cu）又はタングステン（W）によって構成される。裏面側反射層50Bは、反射防止層51に形成される。裏面側反射層50Bは、入射開口50B1と、境界開口50B2と、を含む。入射開口50B1は、光軸Zと交差する。境界開口50B2の位置は、DT152の位置に対応する。入射開口50B1及び境界開口50B2を介して、反射防止層51が露出する。反射防止層51は、入射開口50B1及び境界開口50B2を介してメインスペーサ20に接する。表面側反射層50Fは、配線部40の内部に形成される。

[0043] DT152は、隣り合う光電変換素子1を光学的に仕切る。DT152は、光電変換部30を構成するシリコン基板に形成したトレンチに、シリコン（屈折率3.64@940nm）に比べて、屈折率の小さい物質を埋め込んだものである。屈折率の小さい物質として、例えばSiO₂（屈折率約1.45）が挙げられる。その結果、DT152は、光Rを反射する機能を奏する。つまり、DT152は、斜めに入射する光Rを全反射する。

[0044] DT152は、第3半導体領域33を囲む。一方のDT152から他方のDT152までの幅は、第3半導体領域33の幅よりも大きい。図2は、一方のDT152を拡大して示す図である。DT152は、第2半導体領域32及び第4半導体領域34に形成される。DT152の表面側端面52sは、配線部40に接する。DT152は、第4半導体領域34を貫通する。配線部40において表面側端面52sが接する部分には、電極43pが設けられている。電極43pは、DT152を表面側反射層50Fに対して電氣的に接続する。DT152は、第2半導体領域32の表面（光電変換部30の表面30F）から第2半導体領域32の裏面（光電変換部30の裏面30B）に向けて延びる。このような構造のDT152は、光電変換部30の表面30Fからの加工によって形成されている。DT152の裏面側端面52t

は、第2半導体領域32に位置する。裏面側端面52tと第1半導体領域31との間には、第2半導体領域32の一部が存在する。つまり、DT152は、第2半導体領域32を貫通しない。

[0045] DT152は、図2示す構成に限定されない。DT152は、裏面側端面52tと光電変換部30の裏面30Bとの関係及び表面側端面52sと光電変換部30の表面30Fとの関係において、図2に示す第1の構成を含めて3つの構成を採用できる。

[0046] 図3は、第2の構成であるDT152A（第3の隔壁部）の拡大図である。第2の構成であるDT152Aでは、裏面側端面52tが光電変換部30の裏面30Bと面一であると共に表面側端面52sが光電変換部30の表面30Fと面一である。つまり、DT152Aは、光電変換部30を貫通している。裏面側端面52tは、反射防止層51に接する。また、裏面側端面52tの上方におけるわずかな領域には、裏面側反射層50Bが設けられていない。つまり、裏面側反射層50Bは、隙間である境界開口50B2を有する。表面側端面52sは、配線部40の裏面40Bに露出する電極43pに電氣的に接続されている。DT152Aは、光電変換部30の内部を光学的に隔てる。従って、第2の構成であるDT152Aは、光吸収効率を高める点で有利である。さらに、DT152Aは、光電変換部30の内部を電氣的に隔てる。つまり、DT152Aは、電荷の移動を阻む。

[0047] 図4は、第3の構成であるDT152B（第2の隔壁部）の拡大図である。第3の構成であるDT152Bは、裏面側端面52tが光電変換部30の裏面30Bと面一である。裏面側端面52tは、反射防止層51に接触する。一方、表面側端面52sは光電変換部30の表面30Fと面一ではない。表面側端面52sは、光電変換部30の表面30Fから離間する。つまり、DT152Bは、光電変換部30を貫通しない。このようなDT152Bは、光電変換部30の裏面30Bからの加工によって形成される。表面側端面52sは、光電変換部30の第2半導体領域32に接する。そうすると、表面側端面52sの下方において光電変換部30の第2半導体領域32は分離

されていない。この第2半導体領域32の一部32sは、電荷の移動経路として利用することが可能である。つまり、DT152Bが貫通していない領域(32s)は、MOSトランジスタ構造を経由した電荷蓄積検出部70(図33参照)への電荷の転送に利用できる。なお、DT152Bが貫通していない領域からは、光Rの漏れが生じ得る。この場合には、光Rの漏れの対策を適宜講じればよい。

[0048] 再び図1を参照する。配線部40は、裏面40Bと、表面40Fと、を有する。配線部40は、第1配線層41と、第2配線層42と、電極43、43pと、酸化シリコン領域44と、を有する。酸化シリコン領域44は、配線部40の裏面40B及び配線部40の表面40Fを構成する。第1配線層41、第2配線層42及び電極43、43pは、酸化シリコン領域44に埋め込まれている。また、表面側反射層50Fも酸化シリコン領域44に埋め込まれている。第1配線層41は、電極43を介して第2配線層42に対して電氣的に接続されている。

[0049] アウターレンズ10についてさらに詳細に説明する。アウターレンズ10のレンズ入射面11は、場所に応じて曲率が異なる。つまり、レンズ入射面11は、一定の曲率を有する曲面ではない。例えば、アウターレンズ10の曲率については、アウターレンズ10における光軸Zを含む断面形状において、光を受け入れる面を示す線分は、第1の曲線部と、第1の曲線部よりも光軸Zから遠い第2の曲線部とを含み、第2の曲線部の曲率は、第1の曲線部の曲率よりも小さいとして説明できる。例えば、図5(a)に示すように、レンズ入射面11において、第1領域L5aが第1の曲線部に対応し、第2領域L5bが第2の曲線部に対応する。そして、第2領域L5bの曲率は、第1領域L5aの曲率よりも小さい。この構成は、図5(a)、図5(b)及び図5(c)を参照すると容易に理解できる。

[0050] 図5(a)は、レンズ入射面11を平面視した等高線図である。図5(a)に示すように、アウターレンズ10は、光軸Zを中心とした回転対称の形状を有する。図5(b)及び図5(c)は、等高線の位置を示す断面図であ

る。図5 (b) の断面10 aは、図5 (a) におけるX1-X1' 断面に対応する。図5 (b) の断面10 bは、図5 (a) におけるX2-X2' 断面に対応する。図5 (c) の断面10 cは、図5 (a) におけるY1-Y1' 断面に対応する。図5 (c) の断面10 dは、図5 (a) におけるY2-Y2' 断面に対応する。図5 (b) 及び図5 (c) の軸線は、図5 (a) の等高線の位置を示す。例えば、図5 (b) 及び図5 (c) の軸線の数字は、図5 (a) の等高線に付した数字に対応する。図5 (a) では、例えば、等高線(11)に囲まれた領域を第1領域L5 aと定義すると共に等高線(1)から等高線(6)に囲まれた領域を第2領域L5 bと定義してもよい。そうすると、第1領域L5 aは、光軸Zと交差する。また、第2領域L5 bは、第1領域L5 aを囲む。

[0051] このような形状を有するアウターレンズ10は、複数の焦点位置を有するとも言える。例えば、図1に示すように、アウターレンズ10の頂部(第1領域L5 a)における焦点FP1の位置は、アウターレンズ10の周辺部(第2領域L5 b)における焦点F2の位置よりも光電変換部30から遠い。換言すると、アウターレンズ10の頂部における焦点距離は、アウターレンズ10の周辺部における焦点距離よりも短い。

[0052] 図6及び図7を参照しながら、光電変換素子1における光吸収の様子を説明する。光R6 a、R6 bは、平行光であるとする。光R6 a、R6 bの方向は、光軸Zに平行である。

[0053] マイクロレンズであるアウターレンズ10の形状は、頂点が丸められた円錐形状であるとも言える。このようなレンズ形状によれば、アウターレンズ10を通った光R6 a、R6 bは、入射開口50 B1から光電変換部30へ入射する。そして、表面側反射層50 Fにおいてドーナツ状(リング状)の反射光となる。その後は、表面付近でそのリングの径が拡大されながら一旦はより細かいリング形状となる。そして、その半径とリングの直径を広げながら、表面側反射層50 Fと裏面側反射層50 Bとの間で反射を繰り返す。結果として、光R6 a、R6 bがシリコンからなる光電変換部30にとどまる

限り、光 R 6 a、R 6 b は光電変換部 30 に吸収され続けるので、光電変換が継続する。

[0054] 図 6 を参照しながら、具体的な第 1 例として、レンズ入射面 11 における第 2 領域 L 5 b に入射した光 R 6 a の様子を説明する。光 R 6 a がレンズ入射面 11 を通るとき、光 R 6 a の進行方向が変わる。進行方向の変化は、レンズ入射面 11 に対する光 R 6 a の入射角に基づく。さらに、進行方向の変化は、空気の屈折率とアウターレンズ 10 の屈折率との屈折率差にも基づく。光 R 6 a は、レンズ出射面 12 からメインスペーサ 20 に入射する。アウターレンズ 10 の屈折率は、メインスペーサ 20 の屈折率と同じである。つまり、アウターレンズ 10 とメインスペーサ 20 との間に屈折率差はないので、光 R 6 a の進行方向は変化しない。光 R 6 a は、裏面側反射層 50 B の入射開口 50 B 1 を通過したのちに、反射防止層 51 を通過する。その後、光 R 6 a は、光電変換部 30 に入射する。光電変換部 30 の第 1 半導体領域 31 の屈折率は、メインスペーサ 20 の屈折率と一致しない。従って、光電変換部 30 への入射に際して、光 R 6 a の進行方向が変化する。光電変換部 30 に入射した光 R 6 a は、第 1 半導体領域 31、第 2 半導体領域 32、第 3 半導体領域 33 及び第 4 半導体領域 34 を通過する。そして、配線部 40 へ入射する。これらの複数の半導体層は、有意な屈折率差を有しない。従って、光 R 6 a の進行方向は、実質的に変化しない。つまり、光 R 6 a は、光電変換部 30 において直進する。

[0055] 光電変換部 30 の屈折率 (3.64) は、配線部 40 の酸化シリコン領域 44 の屈折率 (1.45) と異なる。従って、配線部 40 への入射に際して、屈折率の差に応じて光 R 6 a の進行方向が変化する。配線部 40 に入射した光 R 6 a は、表面側反射層 50 F に至る。表面側反射層 50 F において光 R 6 a が入射する位置は、光軸 Z から離れている。光 R 6 a は、表面側反射層 50 F において、反射する。

[0056] 反射後の光 R 6 a の進行方向は、表面側反射層 50 F への光 R 6 a の入射角に応じる。反射した光 R 6 a は、配線部 40 から光電変換部 30 に入射す

る。光R6aは、光電変換部30において直進する。そして、光R6aは、裏面側反射層50Bに至る。つまり、表面側反射層50Fにおいて反射した光R6aは、入射開口50B1に戻らない。裏面側反射層50Bにおいて反射した光R6aは、再び光電変換部30を通過した後に、表面側反射層50Fに至る。以後、光R6aは、裏面側反射層50Bと表面側反射層50Fとの間を往復しながら、DT152に近づく。そして、DT152に至った光R6aは、DT152において反射する。その後、光R6aは、再び裏面側反射層50Bと表面側反射層50Fとの間を往復しながら、DT152から離間する。最終的に、光電変換部30で吸収されなかった光R6aの成分が、入射開口50B1を介して光電変換部30からメインスペーサ20に至る。

[0057] 図6に示す構造では、光電変換部30の厚さとピクセルサイズ（受光領域の幅）との比を1：2として示している。一例として、光電変換部30の厚さは $5\mu\text{m}$ であり、ピクセルサイズ（受光領域の幅）は $10\mu\text{m}$ である。そうすると、光R6aは、光電変換部30を8回通過する。この場合には、光R6aの光路長は、 $40.8\mu\text{m}$ である。光電変換部30において、波長が 940nm である光の吸収長は、約 $40\mu\text{m}$ である。つまり、反射による損失がないとすれば、量子効率、約64%まで高めることができる。

[0058] 次に、第2例として、レンズ入射面11における第1領域L5aに入射した光R6bの様子を説明する。光R6bも、第1領域L5aに入射した光R6bと同様に、入射開口50B1から光電変換部30に入射する。そして、光R6bは、光電変換部30を複数回往復する。第2例では、光R6bが入射開口50B1を通過して最初に表面側反射層50Fに入射するときの入射角が、第1例より小さい。その結果、光電変換部30における光R6bの反射回数は、22回である。つまり、光R6bの光電変換部30を往復する回数は、第1例の光R6aが往復する回数よりも多い。そうすると、第2例における光電変換部30の光路長は、約 $110\mu\text{m}$ である。反射による損失がないとすれば、量子効率、約94%まで高めることができる。

[0059] 光電変換素子 1 を全体として見たとき、反射回数（光路長）は、第 1 例と第 2 例の間に存在すると仮定できる。そうすると、光電変換素子 1 の量子効率率は、約 80% まで高めることが可能である。

[0060] 図 7 は、第 2 の例を別の表現によって図示する斜視図である。図 7 には、ひとつの光 R 7 a の光線を例示する。アウターレンズ 10 は、図 7 にも示すように、光軸 Z の周りに対称な形状を有する。そうすると、光軸 Z に沿う同じ位置に入射した光 R 7 a は、表面側反射層 50 F に到達したとき、光軸 Z から等距離の位置に入射する。換言すると、表面側反射層 50 F に入射する位置は、光軸 Z を中心とする円である。そして、それぞれの位置において光 R 7 a の入射角は互いに等しいので、表面側反射層 50 F から裏面側反射層 50 B に向かう方向も等価である。その結果、再び表面側反射層 50 F に入射する位置も同様の円である。この場合には、光 R 7 a は、DT 152 に近づいているから、換言すると、2 回目に表面側反射層 50 F に光 R 7 a が入射する位置の半径は、1 回目に表面側反射層 50 F に光 R 7 a が入射する位置の半径よりも大きい。このような反射が繰り返されることによって、表面側反射層 50 F において光 R 7 a が入射する位置は、同心円を描く。以下の説明において、表面側反射層 50 F において光軸 Z から等距離の位置に入射するように光 R 7 a の進行方向を変換することを、「光の成形」と称する。

[0061] <作用効果>

対象物に光を照射し、その光が対象物で反射して戻ってくる間の飛行時間を計測することによって距離を測定する TOF カメラの光源には、太陽光が存在する屋外での距離測定に対応するために、大気中の水蒸気の吸収により比較的太陽光のスペクトル強度が低くなる 940 nm 帯のレーザー光などがよく用いられる。しかしながら、この波長帯の光に対して半導体であるシリコンの吸収係数は十分に大きいとは言えない。そこで、従来の CMOS イメージセンサの数 μm から 10 数 μm 程度の光電変換層では量子効率を高くすることができなかった。従って、屋外での距離測定に対して十分な感度が達成できているとは言えなかった。

- [0062] 光電変換素子 1 は、裏面側反射層 50B と表面側反射層 50F との間で複数回の光 R の反射が生じる。裏面側反射層 50B と表面側反射層 50F との間には光電変換部 30 が存在する。つまり、光 R は光電変換部 30 を複数回往復する。そうすると、光電変換部 30 における光 R の光路長が伸びるので、光電変換部 30 に光 R を十分に吸収させることが可能になる。その結果、感度を高めることができる。
- [0063] つまり、第 1 実施形態の光電変換素子 1 は、表面側反射層 50F と入射開口 50B1 を設けた裏面側反射層 50B との間で、光 R を複数回反射させる。その結果、シリコンからなる光電変換部 30 の内部での実質的な光路長を長くすることが可能になるので、近赤外感度を向上させることができる。第 1 実施形態のアウトターレンズ 10 によれば、表面側反射層 50F における光強度の分布を、円環状（ドーナツ状）とすることが可能である。この強度分布によると、光 R のほとんどが、裏面側反射層 50B に投射される。頂部の曲率が大きく、且つ側部の曲率が小さい第 1 実施形態のアウトターレンズ 10 と、アウトターレンズ 10 と光電変換部 30 との間に配置されるメインスペーサ 20 と、の組み合わせによって、円環状の光強度の分布を得ることが可能である。その結果、本実施形態の光電変換素子 1 によれば、屋外での距離測定に対して十分な感度が達成できる。
- [0064] シリコンにより構成される光電変換部 30 の内部において多重反射を引き起こすためのメインスペーサ 20 から光電変換部 30 への屈折角及び入射開口 50B1 に対する入射位置は、アウトターレンズ 10 に入射する光の入射角と入射面における反射面の傾きとによって直接的に決まる。なお、反射面とは、アウトターレンズ 10 の表面の法線に垂直な面である。
- [0065] アウトターレンズ 10 における光軸 Z を含む断面形状において、光を受け入れる面は、当該面を示す線分が複数の直線を含む場合であっても多重反射を生じさせる条件が存在する。さらに、アウトターレンズ 10 の光を受け入れる面を示す線分が曲線であり、当該曲線の曲率が同じでも多重反射を生じさせる条件は存在する。つまり、光方向変換部を構成するアウトターレンズは、第

1実施形態のアウトターレンズ10に限定されない。アウトターレンズは、その他の光学部品と協働して、光電変換部30の裏面30Bと光電変換部30の表面30Fとの間での光の反射が繰り返されるごとに光軸Zから離れる方向に光が進行するように、光の進行方向を変えることが可能な構成を採用してよい。以下、アウトターレンズの変形例をいくつか説明する。変形例1~4のアウトターレンズを採用する場合にも、アウトターレンズに入射した光軸Zに平行な光が、入射開口50B1を通過したのちに、表面側反射層50Fで反射し、さらに入射開口50B1の周囲の裏面側反射層50Bで反射する。つまり、アウトターレンズを含む光方向変換部は、多重反射を生じさせることが可能である。本明細書でいう「多重」とは、少なくとも2回以上の反射を意味する。

[0066] <変形例1>

図8及び図9を参照しながら、変形例1のアウトターレンズ10S1について説明する。アウトターレンズ10S1は、複合円錐形状である。以下の説明において、複合円錐形状とは、複数の角度の傾斜を有する多段の形状をいう。つまり、変形例1のアウトターレンズ10S1の断面形状では、光軸Zからの距離が大きくなるにつれて傾斜角が大きくなる。ここでいう傾斜角とは、光軸Zを含むアウトターレンズ10S1の断面形状において光軸Zと直交する仮想基準軸線ZAに対する輪郭線の角度をいう。傾斜角は、より好ましくは有限の角度である。

[0067] なお、図8及び図9に示すアウトターレンズ10S1は、複合円錐形状を有するアウトターレンズの一例である。従って、具体的な数値は、図8及び図9に示す例及び以下に説明する具体的な数値に限定されない。具体的な数値は、光電変換素子1S1の具体的な構成に応じて、適宜設定してよい。

[0068] 図8は、複合円錐形状を説明するための概略図である。図8に示す線分C1は、変形例1のアウトターレンズ10S1の断面形状において、光を受け入れる面を示す。線分C1は、頂点C1tから端点C1eの間に、第1の直線部分C1a、第2の直線部分C1b及び第3の直線部分C1cを有する。第

1の直線部分C1aは、頂点C1tを含む。第3の直線部分C1cは、端点C1eを含む。第2の直線部分C1bは、第1の直線部分C1aと第3の直線部分C1cとの間に配置される。つまり、第2の直線部分C1bは、第1の直線部分C1aを第3の直線部分C1cにつなげる。

[0069] 第1の直線部分C1aは、第1の傾斜角A1aを有する。傾斜角とは、光軸Zに対して直交する仮想基準軸線ZAと第1の直線部分C1aとの間の角度である。同様に、第2の直線部分C1bは、第2の傾斜角A1bを有し、第3の直線部分C1cは、第3の傾斜角A1cを有する。第2の傾斜角A1bは、第1の傾斜角A1aよりも大きい。第3の傾斜角A1cは、第2の傾斜角A1bよりも大きい。

[0070] 図9は、図8にて説明した複合円錐形状を有するアウターレンズ10S1を備えた光電変換素子1S1の要部を示す断面図である。光電変換素子1S1は、アウターレンズ10S1と、メインスペーサ20と、光電変換部30と、を有する。

[0071] 光電変換素子1S1が備えるそれぞれの構成要素について、以下の数値が例示できる。

アウターレンズ：厚さ $t_1 = 2.8 \mu\text{m}$ 、幅 $t_4 = 10 \mu\text{m}$ 、屈折率 $n = 1.8$ 。

メインスペーサ：厚さ $t_2 = 7 \mu\text{m}$ 、幅 $t_4 = 10 \mu\text{m}$ 、屈折率 $n = 1.8$ 。

光電変換部：厚さ $t_3 = 20 \mu\text{m}$ 、幅 $t_4 = 10 \mu\text{m}$ 、屈折率 $n = 3.6$ 。

[0072] また、図9には、アウターレンズ10S1に入射する光を示す光線を図示する。入射する位置におけるレンズ表面の法線Nと光軸Zに平行な軸線との角度を、それぞれ角度A2a、A2b、A2cとして示す。それぞれの角度の数値として以下が例示できる。

角度 $A_{2a} = 20^\circ$

角度 $A_{2b} = 30^\circ$

角度 $A2c = 40^\circ$

[0073] アウターレンズ10S1の光軸Zの近傍から入射した光は、表面側反射層50Fで反射されたのちに、裏面側反射層50Bに入射する。つまり、光軸Zの近傍から入射した光は、1回目の表面側反射層50Fでの反射によって、入射開口50B1から光電変換部30の外へ出射されない。同様に、アウターレンズ10S1の端部から入射した光も、表面側反射層50Fで反射されたのちに、裏面側反射層50Bに入射する。つまり、アウターレンズ10S1の端部から入射した光も、1回目の表面側反射層50Fでの反射によって、入射開口50B1から光電変換部30の外へ出射されない。従って、変形例1のアウターレンズ10S1を備えた光電変換素子1S1も、光を好適に光電変換部30に閉じ込めることができる。

[0074] <変形例2>

図10及び図11を参照しながら、変形例2のアウターレンズ10S2について説明する。アウターレンズ10S2の輪郭を示す断面形状において光を受け入れる部分は、曲線部分を含む。変形例2において曲線とは、円弧である。そして、アウターレンズ10S2の輪郭を示す断面形状において光を受け入れる部分の全体は、光軸Zを対称軸として当該曲線を複写した形状を呈する。曲線の一部は、光軸Zと平行な円弧の軸を含まなくてもよい。

[0075] 図10に示す線分C2は、変形例2のアウターレンズ10S2における光軸Zを含む断面形状において、光を受け入れる面を示す。アウターレンズ10S2における光軸Zを含む断面形状において、光を受け入れる面を示す線分C2は、円弧として規定される部分を含む。より詳細には、線分C2は、円弧CAの一部CA1に対応する。円弧CAは、光軸Zに対して平行な仮想基準軸線ZAを有している。この仮想基準軸線ZAと光軸Zとは、光軸Zと直交する方向に互いに離間している。このような線分C2は、曲率としては、ひとつの値を有するものであり、この点において、複数の曲率を含む曲線により示される実施形態のアウターレンズ10とは相違する。

[0076] 図11は、図10にて説明したアウターレンズ10S2を備えた光電変換

素子 1 S 2 の要部を示す断面図である。光電変換素子 1 S 2 は、アウターレンズ 1 0 S 2 と、メインスペーサ 2 0 と、光電変換部 3 0 と、を有する。

[0077] 光電変換素子 1 S 2 が備えるそれぞれの構成要素について、以下の数値が例示できる。

アウターレンズ：厚さ $t_1 = 2.9 \mu\text{m}$ 、幅 $t_4 = 10 \mu\text{m}$ 、屈折率 $n = 1.8$ 。

メインスペーサ：厚さ $t_2 = 6 \mu\text{m}$ 、幅 $t_4 = 10 \mu\text{m}$ 、屈折率 $n = 1.8$ 。

光電変換部：厚さ $t_3 = 20 \mu\text{m}$ 、幅 $t_4 = 10 \mu\text{m}$ 、屈折率 $n = 3.6$ 。

[0078] また、図 1 1 には、図 9 と同様にアウターレンズ 1 0 S 2 に入射する光を示す光線を図示する。入射する位置におけるレンズ表面の法線 N と光軸 Z に平行な軸線との角度を、それぞれ角度 A_{3a} 、 A_{3b} 、 A_{3c} 、 A_{3d} 、 A_{3e} として示す。それぞれの角度の数値として以下が例示できる。

角度 $A_{3a} = 20^\circ$

角度 $A_{3b} = 25^\circ$

角度 $A_{3c} = 30^\circ$

角度 $A_{3d} = 35^\circ$

角度 $A_{3e} = 40^\circ$

[0079] アウターレンズ 1 0 S 2 の光軸 Z の近傍から入射した光（例えば光 L_{ar} ）は、表面側反射層 5 0 F で反射されたのちに、裏面側反射層 5 0 B に入射する。つまり、アウターレンズ 1 0 S 2 の光軸 Z の近傍から入射した光は、入射開口 5 0 B 1 から光電変換部 3 0 の外へ出射されない。同様に、アウターレンズ 1 0 S 2 の端部から入射した光（例えば光 L_{br} 、 L_{bl} ）も、表面側反射層 5 0 F で反射されたのちに、裏面側反射層 5 0 B に入射する。つまり、アウターレンズ 1 0 S 2 の端部から入射した光も、入射開口 5 0 B 1 から光電変換部 3 0 の外へ出射されない。従って、変形例 2 のアウターレンズ 1 0 S 2 を備えた光電変換素子 1 S 2 も、光を好適に光電変換部 3 0 に閉

じ込めることができる。

[0080] 図11に示すアウターレンズ10S2において、紙面右側のレンズ右端E_rと、紙面左側のレンズ左端E_lと、を定義する。レンズ右端E_rには、光L_{b r}が入射する。レンズ左端E_lには、光L_{b l}が入射する。光L_{b r}、L_{b l}は、光軸Zに対して平行であるとする。さらに、光軸Zに対してわずかに右寄りの位置に対して光L_{a r}が入射する。

[0081] 光L_{b r}は、位置L_{b r p 1}において、光電変換部30に入射する。そして、光L_{b r}は、表面側反射層50Fにおいて反射したのちに、裏面側反射層50Bにおける位置L_{b r p 2}に入射する。また、光L_{b l}は、位置L_{b l p 1}において、光電変換部30に入射する。そして、光L_{b l}は、表面側反射層50Fにおいて反射したのちに、裏面側反射層50Bにおける位置L_{b l p 2}に入射する。さらに、光L_{a r}は、位置L_{a r p 1}において、光電変換部30に入射する。そして、光L_{a r}は、表面側反射層50Fにおいて反射したのちに、裏面側反射層50Bにおける位置L_{a r p 2}に入射する。

[0082] ここで、光軸Zから位置L_{b l p 1}までの距離と、光軸Zから位置L_{b r p 2}までの距離とを比較すると、光軸Zから位置L_{b r p 2}までの距離は、光軸Zから位置L_{b l p 1}までの距離よりも大きい。さらに、光軸Zから位置L_{b l p 1}までの距離と、光軸Zから位置L_{a r p 2}までの距離とを比較すると、光軸Zから位置L_{a r p 2}までの距離は、光軸Zから位置L_{b l p 1}までの距離よりも大きい。そして、入射開口50B1は、位置L_{b r p 1}と位置L_{b l p 1}とを通るように設けられる。

[0083] つまり、変形例2のアウターレンズ10S2において、入射開口50B1の開口端は、光軸Zから遠い位置に入射する光L_{b r}、L_{b l}が光電変換部30に入射する位置（位置L_{b r p 1}、L_{b l p 1}）によって決まっている。

[0084] 要するに、アウターレンズ10S2における光L_{a r}、L_{b r}に対するレンズ面の接線の傾き、アウターレンズ10S2のレンズ材料の屈折率及びメインスペーサ20の厚さは、右側のレンズ最外周の光L_{b r}及び光軸Zより

右側で光軸Zに略重なる光L a rがシリコン（光電変換部30）に入射した後に、第2の反射層（表面側反射層50F）で1回反射して第1の反射層（裏面側反射層50B）で2回目の反射をする位置L b r p 2及び位置L a r p 2が、反対側（左側）のレンズ最外周の光L b lが光電変換部30へ入射する位置L b l p 1よりも光軸Zから遠い位置になるように設定されている。そして、画素の左端から位置L b r p 2（または位置L a r p 2）と位置L b l p 1の間まで第1の反射層を構成する裏面側反射層50Bの一部を設ける。これと光軸Zを軸対象に反対側にも第1の反射層を構成する裏面側反射層50Bの別の一部を設ける。

[0085] <変形例3>

図12は、入射開口50B1の開口端が別の要因によって決まるアウターレンズ10S3を備えた光電変換素子1S3の要部を示す断面図である。光電変換素子1S3は、アウターレンズ10S3と、メインスペーサ20と、光電変換部30と、を有する。

[0086] 光電変換素子1S3が備えるそれぞれの構成要素について、以下の数値が例示できる。

アウターレンズ：厚さ $t_1 = 3.9 \mu\text{m}$ 、幅 $t_4 = 10 \mu\text{m}$ 、屈折率 $n = 1.56$ 。

メインスペーサ：厚さ $t_2 = 12.5 \mu\text{m}$ 、幅 $t_4 = 10 \mu\text{m}$ 、屈折率 $n = 1.56$ 。

光電変換部：厚さ $t_3 = 5 \mu\text{m}$ 、幅 $t_4 = 10 \mu\text{m}$ 、屈折率 $n = 3.6$ 。

[0087] また、図12には、図9と同様にアウターレンズ10S3に入射する光を示す光線を図示する。入射する位置におけるレンズ表面の法線Nと光軸Zに平行な軸線との角度を、それぞれ角度 A_{4a} 、 A_{4b} として示す。それぞれの角度の数値として以下が例示できる。

角度 $A_{4a} = 20^\circ$

角度 $A_{4b} = 55^\circ$

[0088] さらに、光電変換素子1S3が備えるそれぞれの構成要素について、以下

の数値が追加にて例示できる。

アウターレンズを規定する円弧の半径 $t_5 = 10.5 \mu\text{m}$ 。

円弧の軸 Z B と光軸 Z とのずれ $t_6 = 3.7 \mu\text{m}$ 。

裏面側反射層の幅 $t_7 = 2.9 \mu\text{m}$ 。

入射開口の直径 $t_8 = 4.2 \mu\text{m}$ 。

[0089] 変形例 2 のアウターレンズ 10 S 2 は、入射開口 50 B 1 が光軸 Z から遠い位置に入射する光 L b r、L b l が光電変換部 30 に入射する位置によって決まっていた。これに対して、変形例 3 のアウターレンズ 10 S 3 は、入射開口 50 B 1 が光軸 Z に近い位置に入射する光 L a r が光電変換部 30 に入射する位置によって決まっている。

[0090] 具体的には、光 L b r は、位置 L b r p 1 において、光電変換部 30 に入射する。そして、光 L b r は、表面側反射層 50 F において反射したのちに、裏面側反射層 50 B における位置 L b r p 2 に入射する。さらに、光 L a r は、位置 L a r p 1 において、光電変換部 30 に入射する。そして、光 L a r は、表面側反射層 50 F において反射したのちに、裏面側反射層 50 B における位置 L a r p 2 に入射する。

[0091] 光軸 Z から位置 L a r p 1 までの距離と、光軸 Z から位置 L b r p 2 までの距離とを比較すると、光軸 Z から位置 L b r p 2 までの距離は、光軸 Z から位置 L a r p 1 までの距離よりも大きい。そして、入射開口 50 B 1 は、その端部が位置 L b r p 2 と位置 L a r p 1 との間を通るように設けられる。

[0092] 要するに、レンズ最外周（右側）の光 L b r がシリコン（光電変換部 30）に入射した後に第 2 の反射層（表面側反射層 50 F）で 1 回反射し、第 1 の反射層（裏面側反射層 50 B）で 2 回目の反射をする位置 L b r p 2 が、光軸 Z より右側で光軸 Z に略重なる光 L a r がシリコン（光電変換部 30）へ入射する位置 L a r p 1 よりも光軸 Z から遠い位置になるように、レンズ面の接線の傾き、アウターレンズ 10 S 3 であるマイクロレンズを構成する材料の屈折率、メインスペーサ 20 の厚さを決める。そして、画素の左端か

ら位置 L_{brp2} と位置 L_{arp1} の間の位置まで第 1 の反射層（裏面側反射層 50B）を設ける。これと光軸 Z を軸対象に反対側にも第 1 の反射層（裏面側反射層 50B）を設ける。

[0093] <変形例 4>

変形例 2、3 では、曲線が円弧の一部である例を説明した。曲線は、円弧に限定されない。図 13 に示すように、変形例 4 のアウターレンズ 10S4 の輪郭を示す断面形状において光を受け入れる部分を示す線分 C4 は、放物線 CB として規定される部分を含んでもよい。つまり、アウターレンズ 10S4 の輪郭を示す断面形状は、光軸 Z と平行な軸を有する放物線 CB の一部を、光軸 Z を対称軸に複写した形状としてもよい。放物線 CB の一部 CB1 は、光軸 Z と平行な放物線 CB の軸 ZB を含まなくてもよい。なお、多重反射しない光がある程度発生することを許容できる場合には、光軸 Z と平行な放物線 CB の軸 ZC を含んでもよい。

[0094] 図 14 は、放物線 CB として規定される線分 C4 を含むアウターレンズ 10S4 を備えた光電変換素子 1S4 の要部を示す断面図である。光電変換素子 1S4 は、アウターレンズ 10S4 と、メインスペーサ 20 と、光電変換部 30 と、を有する。

[0095] 光電変換素子 1S4 が備えるそれぞれの構成要素について、以下の数値が例示できる。

アウターレンズ：厚さ $t_1 = 3 \mu\text{m}$ 、幅 $t_4 = 10 \mu\text{m}$ 、屈折率 $n = 1.8$ 。

メインスペーサ：厚さ $t_2 = 6 \mu\text{m}$ 、幅 $t_4 = 10 \mu\text{m}$ 、屈折率 $n = 1.8$ 。

光電変換部：厚さ $t_3 = 20 \mu\text{m}$ 、幅 $t_4 = 10 \mu\text{m}$ 、屈折率 $n = 3.6$ 。

[0096] また、図 14 には、図 9 と同様にアウターレンズ 10S4 に入射する光を示す光線を図示する。入射する位置におけるレンズ表面の法線 N と光軸 Z に平行な軸線との角度を、それぞれ角度 A_{5a} 、 A_{5b} 、 A_{5c} 、 A_{5d} 、A

5 eとして示す。それぞれの角度の数値として以下が例示できる。

角度A 5 a = 20°

角度A 5 b = 25°

角度A 5 c = 30°

角度A 5 d = 35°

角度A 5 e = 40°

[0097] 変形例4のアウトターレンズ10S4によっても、光軸Zの近傍から入射した光及び光軸Zから離れた位置から入射した光のいずれも、1回目の反射の結果、入射開口50B1から光電変換部30の外へ出射されない。従って、変形例4のアウトターレンズ10S4を備えた光電変換素子1S4も光を好適に光電変換部30に閉じ込めることができる。

[0098] <第2実施形態>

第1実施形態の光電変換素子1では、表面側反射層50Fで1回目に反射した光Rはすべて裏面側反射層50Bに至った。つまり、表面側反射層50Fで1回目に反射した光Rは、入射開口50B1に至ることがない。このような光Rは、第1実施形態ではアウトターレンズ10の形状によって実現された。しかし、表面側反射層50Fで1回目に反射した光Rを裏面側反射層50Bに導くことが可能な構成は、アウトターレンズ10の形状とは別の構成によっても実現可能である。

[0099] 図15に示すように、第2実施形態の光電変換素子1Aは、アウトターレンズ10Aと、メインスペーサ20Aと、インナーレンズ61A（第2のレンズ、光方向変換部60A）と、インナースペーサ62Aと、光電変換部30Aと、配線部40Aと、を備える。第2実施形態の光電変換素子1Aは、第2の構成であるDT152A（図3参照）を有する。光電変換素子1Aは、アウトターレンズ10Aの構成が第1実施形態の光電変換素子1と相違する。

[0100] さらに、光電変換素子1Aは、インナーレンズ61A及びインナースペーサ62Aをさらに備える点が第1実施形態の光電変換素子1と相違する。光電変換素子1Aは、第1実施形態の光電変換素子1が備えていないインナー

レンズ61Aを備える。インナーレンズ61Aは、第1実施形態のアウト
レンズ10に相当する形状を有する。つまり、第2実施形態の光電変換素子
1Aは、アウトレンズ10Aとインナーレンズ61Aとを備えた、二重マ
イクロレンズ構造を採用する。第2実施形態の光電変換素子1Aは、光Rの
取り込みのためのアウトレンズ10Aとして球面状のマイクロレンズを採用
すると共に、インナーレンズ61Aとして頂点が丸められた円錐形状といっ
たマイクロレンズを採用する。つまり、第2実施形態では、光電変換部30
Aに光を導く構成部品は、アウトレンズ10A、メインスペーサ20A、
インナーレンズ61A及びインナースペーサ62Aである。これらの光学部
品は、第2実施形態における光方向変換部60Aを構成する。

[0101] 光電変換素子1Aは、表面側反射層50Fで1回目に反射した光Rを裏面
側反射層50Bに導く。光電変換部30A及び配線部40Aは、第1実施形
態の光電変換部30及び配線部40と同じであるから、詳細な説明は省略す
る。以下、アウトレンズ10A、インナーレンズ61A及びインナースペ
ーサ62Aについて詳細に説明する。

[0102] 第2実施形態のアウトレンズ10Aは、球面状のレンズ入射面11Aを
有する。このアウトレンズ10Aの焦点は、光電変換部30Aの内部に設
定される。アウトレンズ10Aとインナーレンズ61Aとの位置関係は、
メインスペーサ20Aによって調整できる。インナーレンズ61Aは、光軸
Zを含む。例えば、インナーレンズ61Aの光軸は、アウトレンズ10A
の光軸と一致する。また、インナーレンズ61Aの光入射面には、アウト
レンズ10Aを通過する光Rの光線がすべて交差する。

[0103] 第2実施形態の光電変換素子1Aは、アウトレンズ10Aと、インナ
ーレンズ61Aと、を備える。インナーレンズ61Aは、第1実施形態のアウト
レンズ10と同じ機能を発揮する。つまり、インナーレンズ61Aの形
状として、第1実施形態のアウトレンズ10の形状を採用してもよい。ま
た、インナーレンズ61Aの形状として、変形例1~4のアウトレンズ1
0S1~10S4のうちいずれか一つの形状を採用してもよい。インナー

ペーサ62Aは、インナーレンズ61Aと光電変換部30Aとの位置関係を調整する。インナーレンズ61A及びインナーペーサ62Aの屈折率(n_2)は、アウターレンズ10Aの屈折率(n_1)よりも大きい。逆にいえば、アウターレンズ10Aの屈折率は、インナーレンズ61Aの屈折率よりも小さい。換言すると、インナーレンズ61A及びインナーペーサ62Aの屈折率(n_2)は、メインペーサ20Aの屈折率(n_1)よりも大きい($n_2 > n_1$)。アウターレンズ10Aの屈折率の範囲は、1.55から1.6程度である。そうすると、インナーレンズ61Aの屈折率は2.0程度である。その結果、光Rがメインペーサ20Aからインナーレンズ61Aに入射するときに、屈折が生じる。つまり、光Rの進行方向が変化する。

[0104] インナーレンズ61A及びインナーペーサ62Aは、メインペーサ20Aと光電変換部30Aとの間に配置されている。インナーペーサ62Aの裏面は、裏面側反射層50B及び反射防止層51に接する。そして、インナーペーサ62Aの主面には、インナーレンズ61Aが設けられている。インナーレンズ61A及びインナーペーサ62Aは、一体物である。インナーレンズ61Aの主面及びインナーペーサ62Aの主面は、メインペーサ20Aに接する。なお、メインペーサ20Aは、省略することもできる。

[0105] 第2実施形態の光電変換素子1Aも、第1実施形態の光電変換素子1と同様に、感度を高めることができる。

[0106] さらに、インナーレンズ61Aを備えた光電変換素子1Aは、裏面側反射層50Bの入射開口50B1において、光Rのスポット径SDが小さくなる。カメラのレンズを開放した場合(小さいFナンバーに設定した場合)には、光Rの入射角が大きくなる。光電変換素子1Aでは上述したような小さいスポット径SDが実現されるので、光Rの入射角が大きくなっても、光Rがメインペーサ20A側から裏面側反射層50Bに照射されない。従って、第2実施形態の光電変換素子1Aは、光Rの損失が抑制されるので高感度化において有利である。

[0107] 換言すると、第2実施形態の光電変換素子1Aは、第1実施形態の光電変換素子1と比べると、入射開口50B1における光Rのスポット径SDを小さくすることができる。この態様によれば、光Rの入射角が変化した場合であっても、入射開口50B1に確実に光Rを通過させることができる。換言すると、インナーレンズ61Aを通過した光Rが裏面側反射層50Bに到達することにより光電変換部30Aに入射しない、という状態を抑制できる。従って、入射した光Rは、すべて光電変換部30Aに導かれるので、入射角の変化に起因する感度の低下を抑制することができる。

[0108] また、光Rの入射方向が一定であるような使用態様である場合には、入射開口50B1の面積を縮小してもよい。この構成によれば、光電変換部30Aの内部を往復する光Rが入射開口50B1から再びインナースペーサ62Aへ出てゆくことを好適に抑制できる。従って、光Rを光電変換部30Aにさらに良好に閉じ込めることができる。

[0109] <第3実施形態>

例えば、第1実施形態の光電変換素子1は、さらにインナーレンズ61Bを追加して備えてもよい。図16に示すように、第3実施形態の光電変換素子1Bは、アウターレンズ10Bと、メインスペーサ20Bと、インナーレンズ61Bと、インナースペーサ62Bと、光電変換部30B1と、配線部40B1と、を備える。これらのうち、アウターレンズ10B、メインスペーサ20B、インナーレンズ61B及びインナースペーサ62Bは、光方向変換部60Bを構成する。第3実施形態の光電変換素子1Bは、第1の構成であるDT152（図2参照）を有する。アウターレンズ10B、メインスペーサ20B、光電変換部30B1及び配線部40B1は、第1実施形態のアウターレンズ10、メインスペーサ20、光電変換部30及び配線部40と同じであるから、詳細な説明は省略する。以下、インナーレンズ61B及びインナースペーサ62Bについて詳細に説明する。

[0110] インナーレンズ61Bの主面は、球面状である。光電変換素子1Bは、アウターレンズ10Bと、インナーレンズ61Bと、を備える。インナーレン

ズ61B及びインナースペーサ62Bの屈折率(n_2)は、アウターレンズ10B及びメインスペーサ20Bの屈折率(n_1)よりも大きい($n_2 > n_1$)。

[0111] 第3実施形態の光電変換素子1Bも、第1実施形態の光電変換素子1と同様に、感度を高めることができる。

[0112] なお、第2実施形態の光電変換素子1Aは、アウターレンズ10Aと、インナーレンズ61Aと、を備えていた。第3実施形態の光電変換素子1Bは、アウターレンズ10Bと、インナーレンズ61Bと、を備えていた。例えば、光電変換素子1Bは、アウターレンズ10Aと、インナーレンズ61Bと、を備えるものであってもよい。つまり、第3実施形態の光電変換素子1Aは、アウターレンズの形状として第1実施形態のアウターレンズ10の形状を採用してもよい。また、アウターレンズの形状として、変形例1~4のアウターレンズ10S1~10S4のうちいずれか一つの形状を採用してもよい。さらに、インナーレンズの形状として第1実施形態のアウターレンズ10の形状を採用してもよい。また、インナーレンズの形状として、変形例1~4のアウターレンズ10S1~10S4のうちいずれか一つの形状を採用してもよい。

[0113] <第4実施形態>

第3実施形態の光電変換素子1Bでは、インナーレンズ61Bの屈折率(n_2)は、アウターレンズ10Bの屈折率(n_1)よりも大きい。この屈折率の関係は逆であってもよい。つまり、図17に示す第4実施形態の光電変換素子1Cのように、インナーレンズ61Cの屈折率(n_2)がアウターレンズ10Cの屈折率(n_1)より小さくてもよい。第4実施形態の光電変換素子1Cは、インナーレンズ61Cの屈折率(n_2)がアウターレンズ10Cの屈折率(n_1)よりも小さい場合($n_2 < n_1$)の構成例である。

[0114] 第4実施形態の光電変換素子1Cは、アウターレンズ10Cと、メインスペーサ20Cと、インナーレンズ61Cと、インナースペーサ62Cと、光電変換部30Cと、配線部40Cと、を備える。これらのうち、アウターレ

レンズ10C、メインスペーサ20C、インナーレンズ61C及びインナースペーサ62Cは、光方向変換部60Cを構成する。アウターレンズ10C、メインスペーサ20C、光電変換部30C及び配線部40Cは、第1実施形態のアウターレンズ10、メインスペーサ20、光電変換部30及び配線部40と同じであるから、詳細な説明は省略する。この場合には、インナーレンズ61Cは、凹レンズである。第4実施形態の光電変換素子1Cも、第1実施形態の光電変換素子1と同様に、感度を高めることができる。

[0115] <第5実施形態>

第1～第4実施形態では、アウターレンズ又はインナーレンズによって、光Rを成形した。より詳細には、表面側反射層50Fに到達する前に、光Rを成形した。つまり、光電変換部30に入射する前に光Rの成形は完了しており、表面側反射層50Fで1回目に反射した光Rはすべて裏面側反射層50Bに至る。光Rの成形は、この構成に限定されない。具体的には、光Rの成形は、1回目の反射の際に行われてもよい。以下、図18を参照しながら、1回目の反射の際に光Rの成形を行う構成について詳細に説明する。第5実施形態の光電変換素子1Dは、アウターレンズ10に代えて、凸型の形状を持ったミラー63（反射部）を含む。

[0116] 第5実施形態の光電変換素子1Dは、アウターレンズ10Dと、メインスペーサ20Dと、光電変換部30Dと、配線部40Dと、光閉じ込め部50Dと、を有する。メインスペーサ20Dは、アウターレンズ10Dから光電変換部30Dまでの距離を所定の値に設定する。その結果、アウターレンズ10Dの焦点が光電変換部30Dの内部に位置する。光電変換部30D及び配線部40Dは、第1実施形態の光電変換部30及び配線部40と同様であるから、詳細な説明は省略する。

[0117] ミラー63は、第1実施形態のアウターレンズ10と同様の機能を奏する。第5実施形態では、アウターレンズ10D、メインスペーサ20D及びミラー63が光方向変換部60Dを構成する。ミラー63は、光軸Zと交差する位置に設けられる。ミラー63は、光軸Zと平行な向きに対して傾く。つ

まり、反射板であるミラー63の表面に斜面を形成するものである。例えば、光軸Zを向く方向を内向きとし、その逆方向を外向きとすれば、ミラー63は外向きである。ミラー63の主面は、円錐面であるともいえる。ミラー63の法線は、光軸Zに対して、0度ではない所定の角度を有する。本実施形態では、ミラー63は、表面側反射層50FDと一体化されている。ミラー63は、配線部40Dに埋め込まれている。例えば、ミラー63は、表面側反射層50FDの一部を円錐状に突出させた凸部であるといってもよい。

[0118] 仮に、アウターレンズ10Dを通過した光Rが、光軸Zに対して垂直である反射面に入射すると、反射した光Rは光軸Z上において集光する。そして、光Rは、再び入射開口50B1を介して光電変換部30Dから出て行く。

[0119] 一方、アウターレンズ10Dを通過した光Rが、光軸Zに対して傾くミラー63に入射すると、光Rの入射角は、光軸Zに対して垂直である反射面における入射角とは異なる。より詳細には、入射角は、大きくなるので、反射角も大きくなる。つまり、光Rの進行方向は、より外向きに偏る。その結果、反射した光Rは、光軸Z上の一点に集光しない。反射した光Rは、光軸Zを中心とする円周上に集光する。そして、反射したすべての光Rは、裏面側反射層50Bに至るので、その後は裏面側反射層50Bと表面側反射層50FDとの間で往復する。

[0120] 第5実施形態の光電変換素子1Dは、ミラー63を専用の工程を追加して形成する。ミラー63を形成する工程において、反射回数が増える反射角度となるようにミラー63を形成する。その結果、アウターレンズ10を採用する第1実施形態の光電変換素子1と同様の効果が期待できる。つまり、第5実施形態の光電変換素子1Dも、第1実施形態の光電変換素子1と同様に、感度を高めることができる。

[0121] <第6実施形態>

反射によって光Rを成形する構成は、第5実施形態のミラー63に限定されない。光軸Zを中心とする円周上に反射した光Rを集光することが可能な構成を適宜採用してよい。例えば、図19は、第5実施形態のミラー63に

代わる別の反射構造を有する第6実施形態の光電変換素子1Eを示す。第6実施形態の光電変換素子1Eは、第5実施形態のミラー63をイメージセンサ及び集積回路に用いる配線層の一部を用いて疑似的に実現する。

[0122] 第6実施形態の光電変換素子1Eは、アウターレンズ10Eと、メインスペーサ20Eと、光電変換部30Eと、配線部40Eと、光閉じ込め部50Eと、を有する。これらのうち、アウターレンズ10E、メインスペーサ20E及び疑似ミラー構造64は、光方向変換部60Eを構成する。光電変換部30E及び配線部40Eは、第1実施形態の光電変換部30及び配線部40と同様であるから、詳細な説明は省略する。

[0123] 疑似ミラー構造64は、配線部40Eにおける酸化シリコン領域44と配線層45a、45b、45c、45dとによって構成される疑似的な反射構造である。疑似ミラー構造64は、酸化シリコン領域44と配線層45a、45b、45c、45dとの積層構造である。配線層45a、45b、45c、45dの幅は、光軸Zに沿って裏面側から表面側に向かって長くなる。換言すると、配線部40Eの表面40F側に配置された配線層45dは、配線部40Eの裏面40B側に配置された配線層45aよりも、幅が広い。配線層45a、45b、45c、45dの両端は、酸化シリコン領域44に接する。つまり、疑似ミラー構造64として用いられる配線層45a、45b、45c、45dは、電気的な接続に用いられる配線層41、42とは、物理的に切り離されている。光Rは、酸化シリコン領域44を透過するが、配線層45a、45b、45c、45dは透過しない。このような構成によれば、光Rを配線部40Eの表面40F側にまで到達させることができる。そして、配線層45a、45b、45c、45dの配置は、階段状であると言える。この階段構造の一つの段差（ステップ）の大きさが、光Rの波長に対して十分に小さい場合には、その斜面の角度の反射面であるとして近似できる。

[0124] 第6実施形態の光電変換素子1Eも、第1実施形態の光電変換素子1と同様に、感度を高めることができる。

[0125] <第7実施形態>

第1実施形態のアウトターレンズ10は、光軸Zを含む断面形状が同一であった。換言すると、アウトターレンズ10は、光軸Zを中心として所定の断面形状を回転させた回転体であった。アウトターレンズ10は、このような回転体に限定されない。例えば、アウトターレンズの形状の別の例として、図20及び図21に示すシリンドリカル型のアウトターレンズ10Fが挙げられる。この形状を採用した場合には、光Rは、入射開口50B1から光電変換部30に入射する。そして、図21に示すように、表面側反射層50Fに至る光Rは、2つの細長い葉巻状の領域に照射される。反射光は、表面付近において一旦より細くなり、裏面側反射層50Bにおいて反射する。その後、その長軸及び短軸の径を広げながら、表面側反射層50Fと裏面側反射層50Bの間で反射を繰り返す。結果として、光Rがシリコンからなる光電変換部30にとどまる限り、光Rは光電変換部30に吸収され、光電変換が継続する。

[0126] より詳細には、図20のアウトターレンズ10Fは、所定の断面形状を光軸Zと直交する掃引軸線SLに沿って引き延ばした形状である。このような立体形状は、シリンドリカル型と称することもできる。そうすると、アウトターレンズ10Fの掃引軸線SLに直交する断面形状は、いずれの場所においても同一である。そして、掃引軸線SLに直交する断面形状は、例えば、第1実施形態のアウトターレンズ10の断面と同じであってもよいし、掃引軸線KLに直交する断面形状は、略台形形状であってもよい。図21のアウトターレンズ10Fは、第1領域L14aと第2領域L14bとを有する。アウトターレンズ10Fにおいても、第2領域L14bの第2の曲率は、第1領域L14aの第1の曲率よりも小さい。第1実施形態のアウトターレンズ10は、第1領域L5aを第2領域L5bが円環状に囲んでいた。一方、第7実施形態のアウトターレンズ10Fは、第1領域L14aを第2領域L14bが挟んでいる。より詳細には、光軸Z及び掃引軸線SLの両方に直交する軸線KLに沿って第2領域L14bは、第1領域L14aを挟む。

[0127] 図21のアウターレンズ10Fによれば、表面側反射層50Fには楕円形状に光Rが照射される。楕円状の照射領域IRの長軸方向は、掃引軸線SLの方向に沿っている。一方、楕円状の照射領域IRの短軸方向は、軸線KLの方向に沿っている。一对の照射領域IRは、掃引軸線SLを挟んで線対称である。つまり、掃引軸線SLを挟んで互に対応する一对の照射領域IRが形成される。照射領域IRは、その短軸の長さ及び長軸の長さを拡大しながら、次第に光軸Zから遠ざかる。その結果、光電変換部30F1における光Rの光路長を十分に確保できる。

[0128] <第8実施形態>

アウターレンズのさらに好適な例について説明する。図22に示すアウターレンズ10Gは、垂直方向（掃引軸線SLの方向）の断面形状を滑らかに曲率が変わる略三角形（図22（b）参照）とすることによって光Rを多重反射させる。一方、アウターレンズ10Gは、水平方向（軸線KLの方向）の断面形状を略球面型（図22（c）参照）とすることによって、水平方向に反射する光の成分を低減する。

[0129] 図22（a）は、アウターレンズ10Gを平面視した等高線図である。図22（b）及び図22（c）は、等高線の位置を示す断面図である。図22（b）の断面15aは、図5（a）におけるX1-X1'断面に対応する。図22（b）の断面15bは、図22（a）におけるX2-X2'断面に対応する。図22（c）の断面15cは、図22（a）におけるY1-Y1'断面に対応する。図22（c）の断面15dは、図22（a）におけるY2-Y2'断面に対応する。図22（b）及び図22（c）の軸線は、図22（a）の等高線の位置を示す。等高線（8）に囲まれた領域は、第1領域L15aに相当する。そして、掃引軸線SLに沿って第1領域L15aを挟むように第2領域L15bが形成される。

[0130] 図23は、アウターレンズ10Gによって成形された光Rの照射領域IRを平面視して概略的に示す。例えば、Y1-Y1'断面に照射された光Rは、第1の反射光が、スポット形状（IR1参照）となる。スポット形状とさ

れた光成分は、光電変換部30の内部において1回の往復により吸収される。その後、光Rは光電変換部30から出て行くので損失が生じる。しかし、損失となる光の成分は、光電変換部30に入射する光の全体からすると、相対的に十分に小さい。

[0131] <第9実施形態>

第1実施形態の光電変換素子1は、いわゆる裏面照射型である。第1実施形態の光電変換素子1に採用したアウターレンズ10は、図24に示すような表面照射型の光電変換素子1Hに採用してもよい。つまり、表面照射型の光電変換素子1Hでも、アウターレンズを採用することによって、量子効率を高めることが可能である。

[0132] 図24に示すように、第9実施形態の光電変換素子1Hは、アウターレンズ10Hと、メインスペーサ20Hと、光電変換部30Hと、配線部40Hと、光閉じ込め部50Hと、支持基板71Hと、を有する。このうちアウターレンズ10H、メインスペーサ20H及び配線部40Hは、光方向変換部60Hを構成する。光電変換素子1Hは、光電変換部30H及び配線部40Hの配置が第1実施形態の光電変換素子1とは異なる。また、光電変換素子1Hは、支持基板71Hを備える点で、第1実施形態の光電変換素子1とは異なる。

[0133] 光電変換素子1Hは、メインスペーサ20Hと光電変換部30Hとの間に配線部40Hが設けられている。第9実施形態の光電変換素子1Hは、第1の構成であるDT152（図2参照）を有する。配線部40Hの表面40Fは、メインスペーサ20Hに接する。配線部40Hの裏面40Bは、光電変換部30Hの裏面30Bに設けられた反射防止層51に接する。配線部40Hにおいて、光軸Z近傍の光透過領域46Hは、光Rが透過する。従って、この光透過領域46Hには、光Rを通さない第1配線層41及び第2配線層42は形成されない。つまり、光透過領域46Hは、配線部40の裏面40Bから配線部40の表面40Fまでが一体の酸化シリコンにより構成される。そして、配線部40Hにおいて最も光電変換部30H寄りには、表面側反

射層50Fが埋め込まれている。表面側反射層50Fは、光透過領域46Hを構成する部分に設けられた入射開口50F1を有する。

[0134] 第9実施形態の光電変換素子1Hも、第1実施形態の光電変換素子1と同様に、感度を高めることができる。

[0135] 次に、第9実施形態の光電変換素子1Hを備える撮像装置101を製造する方法を説明する。撮像装置101を製造する方法は、まず標準的な表面照射型の撮像装置を形成する工程により、中間ウェハを準備する。次に、中間ウェハをフォトダイオードのための低濃度の層（第2半導体領域32）と、電極のためのp+層（第4半導体領域34）を残して、薄層化する。次に、裏面側反射層50Bを形成する。次に、裏面から支持基板を接着する。最後に、アウターレンズ10Gを含むレンズユニットを形成する。その結果、シリコンからなる光電変換部30の内部で光Rが多重反射する構造を備えた光電変換素子1Hが得られる。以下、より詳細に撮像装置101を製造する方法を説明する。

[0136] 図25(a)は、CMOSを形成する工程(CIS工程)が終了した直後の様子を示す。図25(a)の例では、配線部40H、光電変換部30Hを構成する第2半導体領域32、第3半導体領域33及び第4半導体領域34が示されている。まず、半導体領域31S上に後の第2半導体領域32となる半導体層を設ける。半導体層の厚さは、例えば20 μ mである。そして、当該半導体層に第3半導体領域33及び第4半導体領域34をそれぞれ設ける。その後、DT152を形成する工程を行う。DT152は、互いに隣接して形成された第4半導体領域34の間にそれぞれ形成される。その結果、光電変換部30Hを構成する第2半導体領域32、第3半導体領域33及び第4半導体領域34がそれぞれ形成される。続いて、配線部40Hを形成する。配線部40Hの厚さは、例えば5 μ mである。

[0137] 次に、図25(b)に示すように第1支持基板81を接着する。第1支持基板81は、配線部40の表面40Fに接着される。

[0138] 次に、図26(a)に示すように、第1支持基板81が下側に位置するよ

うに裏返す。続いて、上側に位置する半導体領域 31 S を薄膜化する。薄膜化されて残った半導体層は、第 1 半導体領域 31 である。第 1 半導体領域 31 の厚さは、 $1\ \mu\text{m}$ 以上 $2\ \mu\text{m}$ 以下としてよい。また、第 1 半導体領域 31 の厚さは、 $3\ \mu\text{m}$ 以上 $5\ \mu\text{m}$ 以下としてもよい。

[0139] 次に、図 26 (b) に示すように、裏面側反射層 50 B を設ける。裏面側反射層 50 B は、アルミニウム層としてもよい。次に、図 27 (a) に示すように、第 2 支持基板 82 を接着する。第 2 支持基板 82 は、裏面側反射層 50 B に接着する。次に、図 27 (b) に示すように、第 2 支持基板 82 が下側に位置するように裏返す。続いて、第 1 支持基板 81 を取り除く。

[0140] 次に、図 28 (a) に示すように、配線部 40 H にレンズユニット 83 を形成する。レンズユニット 83 は、複数のアウターレンズ 10 H が一体化されたものである。続いて、図 28 (b) に示すように、パッケージ 84 にウェハを收容する。このとき、第 2 支持基板 82 の裏面をパッケージ 84 の底面に固定する。次に、配線部 40 H の周辺部に設けられた電極パッド 45 に対してワイヤ 85 をボンディングする。最後に、パッケージ 84 の開口を光 R に対して透明な板 86 によって閉鎖する。以上の工程を経て、複数の光電変換素子 1 H を含む撮像装置 101 が得られる。

[0141] 複数の光電変換素子 1 H を含む撮像装置 101 は、さらに簡易な工程によって製造することもできる。

[0142] 図 29 (a) に示す中間ウェハ 104 を準備する。中間ウェハ 104 は、半導体基板 87 a、第 2 半導体領域 32、第 3 半導体領域 33、第 4 半導体領域 34 を含む半導体層 87 b と、配線部 40 H と、を有する。半導体層 87 b には、DT152 が形成されている。配線部 40 H には、表面側反射層 50 F が形成されている。ここまでの製造工程を、例えば、「前工程」と称してもよい。次に、図 29 (b) に示すように、半導体基板 87 a を薄膜化する。具体的には、半導体基板 87 a の厚さを $750\ \mu\text{m}$ から $200\ \mu\text{m}$ まで削る。つまり、半導体基板 87 a の全体を薄膜化する。次に、半導体基板 87 a において光電変換素子 1 H を構成する構造が設けられた領域 L22 a

を薄膜化する。半導体基板 87a の部分的な薄膜化は、領域 L22a に対応する部分の厚さを 200 μm から 21 μm 以上 25 μm 程度にまで削る。半導体基板 87a を部分的に削る工程として、例えばエッチング処理を採用できる。薄膜化された部分は、第 1 半導体領域 31 となる。

[0143] 続いて、図 30 (a) に示すように、裏面側反射層 50B を形成する。裏面側反射層 50B は、スパッタ法によって形成されるアルミニウム膜である。次に、図 30 (b) に示すように配線部 40H の表面 40F に複数のアウターレンズ 10H を含むレンズユニット 83H を形成する。そして、図 31 に示すように、パッケージ 84 に実装する。図 30 (b) に示す工程及び図 31 に示す工程の具体的な手順は、前述した図 28 (a) 及び図 28 (b) に示す工程と同様としてよい。

[0144] <第 10 実施形態>

第 2 実施形態の光電変換素子 1A も、いわゆる裏面照射型である。第 2 実施形態の光電変換素子 1A に採用したインナーレンズ 61A は、図 32 に示すような表面照射型の光電変換素子 1K に採用してもよい。つまり、第 10 実施形態の光電変換素子 1K は、アウターレンズ 10K と、インナーレンズ 61K と、を備える。

[0145] 第 10 実施形態の光電変換素子 1K は、アウターレンズ 10K と、メインスペーサ 20K と、インナーレンズ 61K と、インナースペーサ 62K と、配線部 40K と、光電変換部 30K と、光閉じ込め部 50K と、支持基板 71K と、を有する。これらのうちアウターレンズ 10K、メインスペーサ 20K、インナーレンズ 61K、インナースペーサ 62K 及び配線部 40K は、光方向変換部 60K を構成する。光電変換素子 1K は、光電変換部 30K 及び配線部 40K の配置が第 2 実施形態の光電変換素子 1A とは異なる。また、光電変換素子 1K は、支持基板 71K を備える点で、第 2 実施形態の光電変換素子 1A とは異なる。

[0146] 第 10 実施形態の光電変換素子 1K も、第 1 実施形態の光電変換素子 1 と同様に、感度を高めることができる。

[0147] <第11実施形態>

図33は、第11実施形態の光電変換素子1Tの平面図である。第11実施形態では、特にDTI構造55Tに注目する。

[0148] 図33に示すDTI構造55Tは、光電変換部30における電荷の発生に寄与する光Rの吸収をより高めることを意図したものである。DTI構造55Tによって囲まれた画素領域90Tは、一つの画素に対応する。画素領域90Tは、光電変換領域91Tと、電荷蓄積検出領域92Tと、を含む。光電変換領域91Tの平面形状は、正八角形である。電荷蓄積検出領域92Tの平面形状は、正方形である。正八角形である光電変換領域91Tの一つの辺が外方向に突出しており、当該突出した部分が電荷蓄積検出領域92Tである。電荷蓄積検出領域92Tの一辺の長さは、光電変換領域91Tの一辺の長さと等しい。

[0149] 光電変換領域91Tは、第2半導体領域32と第3半導体領域33と（図1参照）により形成されるフォトダイオードを含む。さらに、光電変換領域91Tの中心は、入射開口50B1の中心と一致する。例えば入射開口50B1の形状は、正八角形としてよい。換言すると、光電変換領域91Tの平面形状は、入射開口50B1の平面形状の相似形であってもよい。

[0150] 電荷蓄積検出領域92Tは、複数の電荷蓄積検出部70を含む。より詳細には、複数の電荷蓄積検出部70は、そのすべてが電荷蓄積検出領域92Tに配置されており、光電変換領域91には配置されない。複数の電荷蓄積検出部70は、第2半導体領域32と第3半導体領域33とにより形成されるフォトダイオードに接続されている。電荷蓄積検出部70には、所定のタイミングごとに光電変換部30で生じた電荷が振り分けられる。

[0151] 図34を参照することにより、第11実施形態の光電変換素子1Tの作用効果を容易に理解できる。図34は、図33に示す平面視した光電変換素子1Tに、図7に示す表面側反射層50Fにおける光Rの照射領域IRを重ねたものである。第11実施形態の光電変換素子1Tは、アウターレンズを備える。なお、第11実施形態の光電変換素子1Tは、光電変換素子1A等が

備える別の光成形部品（インナーレンズ61A等）を備えてもよい。つまり、第11実施形態の光電変換素子1Tは、光Rを同心円状に成形する構成を備えていればよい。

[0152] そうすると、光Rは、光軸Zを中心とした複数の円環領域に照射され、次第に外側に広がる。光電変換領域91Tは、正八角形であるから、光軸ZからDT1構造55Tまでの距離は、8つの方向において等しい。つまり、特定の方向において、光Rの進行が阻害されない。その結果、反射を繰り返す光Rを好適に光電変換部30Tに吸収させることができる。

[0153] ここで、電荷蓄積検出部70に光Rが入射すると、電荷蓄積検出部70においても電荷が生じることがあり得る。電荷蓄積検出部70は、所定の規則に基づいて振り分けられた電荷を蓄積しているので、規則に従うことなく蓄積された電荷はノイズである。電荷蓄積検出領域92Tは、光電変換領域91Tに隣接するように配置されている。この配置によれば、電荷蓄積検出部70は、光軸Zから十分に離れている。その結果、光Rが反射を繰り返して、電荷蓄積検出領域92Tに到達するまでの間に十分に吸収される。従って、電荷蓄積検出領域92Tに入射する光Rは、実質的に無視することができる。

[0154] なお、図33では、光電変換領域91Tと電荷蓄積検出領域92Tとの境界には、DT1構造55Tを図示していない。電荷蓄積検出領域92Tは、光電変換領域91Tに対して光学的に分離されており、電氣的に接続されていることを要する。従って、例えば、光電変換領域91Tと電荷蓄積検出領域92Tとの境界には、図4に示す第3の構造のDT152Bを設けてもよい。この配置によれば、光電変換領域91Tから電荷蓄積検出領域92Tに移動する光Rをさらに低減すると共に、光Rを光電変換領域91Tに閉じ込めることができる。つまり、DT152Bは、電荷蓄積検出領域92Tに影を作ることになるので、電荷蓄積検出領域92Tを構成するPN接合部に光Rを当たりにくくすることができる。その結果、電荷蓄積検出部70の寄生感度を低減させることができる。

[0155] 一方、光電変換領域 9 1 T を囲む隔壁として、第 2 の構造の D T 1 5 2 A を採用してよい。同様に、電荷蓄積検出領域 9 2 T を囲む隔壁として、第 2 の構造の D T 1 5 2 A を採用してよい。第 2 の構造の D T 1 5 2 A によれば、互いに隣接する光電変換素子 1 T 同士を光学的及び電氣的に確実に分離することができる。

[0156] 図 3 3 に示す D T 1 構造 5 5 T によれば、図 3 5 に示すように複数の光電変換素子 1 T を格子状に配置した撮像装置 1 0 1 T を構成できる。格子状の配置とは、互いに直交する軸線に沿って、複数の光電変換素子 1 T が並んでいる状態を意味する。例えば、ある光電変換素子 1 T において、電荷蓄積検出領域 9 2 T を構成する 3 つの辺は、光電変換素子 1 T に縦方向、横方向及び斜め方向に隣接するそれぞれの光電変換素子 1 T の光電変換領域 9 1 T の辺にそれぞれ接する。格子状の配置によれば、水平方向に沿う光電変換素子 1 T の間隔（ピッチ）を等しくすることができる。同様に、垂直方向に沿う光電変換素子 1 T の間隔（ピッチ）を等しくすることもできる。

[0157] 第 1 1 実施形態の光電変換素子 1 T を備えた撮像装置 1 0 1 T は、光電変換部 3 0 T において光の多重反射を生じさせるアウターレンズ 1 0 T を備える。図 3 3 に示す D T 1 構造 5 5 T は、裏面側反射層 5 0 B の入射開口 5 0 B 1 から電荷蓄積検出部 7 0 までの距離が最も遠い。また、D T 1 構造 5 5 T は、光 R が回り込む体積を小さくする。従って、D T 1 構造 5 5 T は、非復調成分光が直接に電荷蓄積検出領域 9 2 T に入射することに起因する寄生感度を良好に低減することができる。その結果、第 1 1 実施形態の光電変換素子 1 T は、近赤外光に対して高い量子効率を発揮することができる。

[0158] なお、図 3 3 に示す D T 1 構造 5 5 T によれば、図 3 6 に示すような別の配置を採用することもできる。図 3 6 に示す配置は、千鳥配置である。また、図 3 6 に示す配置は、いわゆるハニカム構造配置であるともいえる。水平方向にあるピッチ（P）をもって光電変換素子 1 T が配置されているとき、垂直方向に隣接する光電変換素子 1 T は、あるピッチ（P）の $1/2$ の位置に配置される。このような配置によれば、水平方向及び垂直方向の解像度を

高めることができる。

[0159] また、光電変換素子 1 T は、図 2 2 に示す形状を有するアウターレンズを備えてもよい。図 3 7 は、図 3 3 に示す平面視した光電変換素子 1 T に、図 2 3 に示す表面側反射層 5 0 F における光 R の照射領域 I R を重ねたものである。図 2 2 に示す形状を有するアウターレンズを備える場合には、アウターレンズの掃引軸線 S L が光電変換領域 9 1 T と電荷蓄積検出領域 9 2 T とを結ぶ軸線と平行になるように配置される。そうすると、光 R の照射領域 I R は、入射開口 5 0 B 1 から電荷蓄積検出領域 9 2 T に向かって進行しない。従って、電荷蓄積検出領域 9 2 T への光 R の入射に起因するノイズの発生を好適に抑制することができる。

[0160] <第 1 2 実施形態>

第 1 1 実施形態では、正八角形の光電変換領域 9 1 T を形成する D T I 構造 5 5 T を例示した。光電変換領域 9 1 T の形状は、正八角形に限定されない。図 3 8 に示すように、光電変換領域 9 1 R は、矩形であってもよい。図 3 8 は、4 タップ 1 ドレインの T O F 型の光電変換素子 1 R の平面図である。図 3 9 は、図 3 8 の光電変換素子 1 R に図 2 1 (b) に示す照射領域 I R を重ねたものである。電荷蓄積検出部 7 0 への寄生感度を減らすために、D T I 構造 5 5 R によって影を作る。さらに、第 7 実施形態で示したアウターレンズ 1 0 F によって、電荷蓄積検出部 7 0 の方向と直交する方向に反射光を進行させる。その結果、光 R は、光電変換部 3 0 に閉じ込められるので、電荷蓄積検出領域 9 2 R に直接に光 R が入射することが抑制される。

[0161] 第 1 2 実施形態の光電変換素子 1 R において、画素領域 9 0 R の形状は、平面視して略矩形である。そして、画素領域 9 0 R は、矩形の光電変換領域 9 1 R と、矩形の電荷蓄積検出領域 9 2 R と、を有する。画素領域 9 0 R に D T I 5 2 A が設けられることによって、光電変換領域 9 1 R と電荷蓄積検出領域 9 2 R とに仕切られている。画素領域 9 0 R を囲む 4 つの隔壁として、D T I 5 2 A が採用される。なお、図 3 8 には図示していないが、画素領域 9 0 R を仕切る D T I 5 2 A の間には、例えば、図 4 に示す第 3 の構造の

DT152Bを設けてもよい。

[0162] 光電変換領域91Rには、第2半導体領域32と第3半導体領域33とにより形成されるフォトダイオードが配置される。さらに、図38の例示では、一对のドレイン72が光電変換領域91Rに配置される。その他の電荷蓄積検出部70は、電荷蓄積検出領域92Rに配置される。

[0163] このような画素領域90Rを採用する場合において、光電変換素子1Rは、第7実施形態の光成形部品を採用する。図39に示すように、成形された光は、所定の軸線KLに沿って反射を繰り返す。軸線KLは、図38の例示であるときに光電変換領域91Rと電荷蓄積検出領域92Rが並ぶ方向と直交する。従って、アウターレンズ10Pは、光電変換領域91Rと電荷蓄積検出領域92Rが並ぶ方向と掃引軸線SLが一致するように配置される。そうすると、成形された光が入射する領域は、光電変換領域91Rと電荷蓄積検出領域92Rが並ぶ方向と直交する方向に並ぶ。このように、光が拡散する方向が特定の方向である場合には、光電変換領域91Rを矩形とするとよい。

[0164] 以下、アウターレンズの効果を確認するためのいくつかの計算（計算例2、3、4）を行った結果を説明する。また、比較例であるアウターレンズの効果を確認するための計算（計算例1）を行った結果も併せて説明する。

[0165] まず、図40を参照しながら、シミュレーションに用いた解析モデルについて説明する。図40に示すように、解析モデル103Pは、アウターレンズ10Pを含む。解析モデル103Mは、アウターレンズ10Mを含む。解析モデル103Nは、アウターレンズ10Nを含む。図40では、3つのアウターレンズ10P、10M、10Nを重ねて図示している。メインスペーサ20及び光電変換部30の構成は、計算例1～4で共通である。

[0166] 計算例1のアウターレンズ10Pの形状を規定するパラメータとして、以下を設定した。図41は、計算例1に用いたアウターレンズ10Pの斜視図である。

レンズ直径：8.4 μm

レンズ厚 : 5.0 μm
土台厚 : 0.8 μm
オフセット : 1
ベース : 1
レート : 1

[0167] 計算例2の OUTERLENS10M の形状を規定するパラメータとして、以下を設定した。計算例1の OUTERLENS10P と比較すると理解できるように、計算例2の OUTERLENS10M は、頂部の曲率が大きく且つ側部の曲率が小さい。図42は、計算例2に用いた OUTERLENS10M の斜視図である。

レンズ直径 : 8.4 μm
レンズ厚 : 5.0 μm
土台厚 : 0.8 μm
オフセット : 1000
ベース : 1
レート : 1

[0168] 計算例3の OUTERLENS10N の形状を規定するパラメータとして、以下を設定した。図43は、計算例3に用いた OUTERLENS10N の斜視図である。OUTERLENS10N のレンズ厚は、OUTERLENS10M のレンズ厚と異なる。その他の OUTERLENS10N のパラメータは、OUTERLENS10M のパラメータと同じである。

レンズ直径 : 8.4 μm
レンズ厚 : 3.0 μm
土台厚 : 0.8 μm
オフセット : 1000
ベース : 1
レート : 1

[0169] なお、OUTERLENS10P、10M、10N の屈折率は、1.58とし

た。

[0170] 第1層L1は、メインスペーサ20に対応する。第1層L1、第2層L2の詳細は以下のとおりである。

第1層L1：マイクロレンズ材料、屈折率（1.54～1.58）

第2層L2：誘電体多層膜（材料：窒化シリコン、酸化シリコン）、屈折率（1.46～1.92）

[0171] 第3層L3は、光電変換部30に対応する。第3層L3の詳細は以下のとおりである。

第3層L3：材料／シリコン（Si）、屈折率（自動設定）

[0172] アウターレンズ10P、10M、10Nに入射する光の条件は、以下を設定した。

波長：870nm

方向：垂直入射（ $\zeta = 0^\circ$ 、 $\phi = 0^\circ$ ）

光強度：1W/cm²

入射位置：二次元配置（60点（X）×60点（Y）＝3600点）

[0173] 上記の条件を用いて、レイトレーシング法による数値シミュレーションを行った。そして、数値シミュレーションの結果として、光強度の分布をコンター図として得た。

[0174] <計算例1（比較例）>

計算例1では、アウターレンズ10Pを採用した。図44及び図45は、光強度の分布のコンター図である。図44のコンター図において、領域A37aが最も光強度が強く、領域A37bに近づくに従って光強度が下がることがわかった。また、図44によれば、光電変換部30の表面の近傍（Z＝0.0μm）において、光強度が強い領域A37aが現れた。また、図45は、図44のZ＝15μmである部分を断面視したコンター図である。例えば、Z＝15μmである位置は、表面側反射層50F（図1参照）が配置される位置とみなすこともできる。そうすると、図45によれば、光強度が強い領域は、中心付近の領域A38a及び周辺付近の領域A38bに生じるこ

とがわかった。つまり、アウターレンズ10Pは、光強度の分布が円環形状とならないことがわかった。このような分布によれば、中心付近の領域A38aに照射される光Rは、表面側反射層50Fにおいて反射した後に、入射開口50B1（図1参照）を介して光電変換部30から出て行ってしまふ。つまり、入射した光Rのうち、光電変換部30において電荷を発生させない光成分を生じさせてしまふ。

[0175] <計算例2>

計算例2では、アウターレンズ10Mを採用した。図46及び図47は、光強度の分布のコンター図である。図46のコンター図において、領域A39aが最も強度が強く、領域A39bに近づくに従って強度が下がることがわかった。また、図46によれば、光電変換部30の表面の近傍（ $Z=0.0\mu\text{m}$ ）において、光強度が強い領域A39aが現れた。また、図47は、図46における $Z=15\mu\text{m}$ である部分を断面視したコンター図である。計算例2では、中心近傍の領域A40aの光強度が弱く、外側に向かうにつれて次第に大きくなり、領域A40bにおいて最大値となったのちに強度が低下していくことがわかった。つまり、アウターレンズ10Mは、光強度の分布が円環形状となることがわかった。このような分布によれば、例えば、領域A40bに照射される光は、表面側反射層50Fにおいて反射すると入射開口50B1を介して光電変換部30から出ることなく、裏面側反射層50Bに向かって進む。従って、アウターレンズ10Mは、光Rを光電変換部30に好適に閉じ込めるように進行方向を変化させ得ることがわかった。

[0176] ところで、再び図46のコンター図を参照する。図46のコンター図において第3層L3の光強度の分布に注目すると、光Rは第3層L3（光電変換部30）において広がっていることがわかった（矢印S39参照）。第3層L3における光Rの広がり、図48の光線図を見るとより理解できる。この光Rの広がり、原因を考察した。図49は、図48に示す光線の一つだけを図示したものである。光線L41aは、入射光を示す。光線L41cは屈折光を示す。図49に示すように、光Rの広がり、原因は、アウターレンズ

10Mの光軸Zと光線L41a、L41cの交点L41pが第3層L3の表面に位置していることが原因であると考えられる。

[0177] <計算例3>

そこで、光Rの広がりを抑制する要素の検討を行った。光Rの広がりを抑制する要素として、レンズ厚に注目した。計算例3では、アウターレンズ10Nの厚さを $3\mu\text{m}$ とした。

[0178] 図50に示すコンター図によれば、第3層L3における光強度の分布は、 $Z=0\mu\text{m}\sim 10.0\mu\text{m}$ の範囲L43aで広がることなく、逆に絞られていることがわかった。この様子は、図51の光線図における領域L44aによっても明確に理解できる。この光Rの分布の原因を考察した。図52は、図51に示す光線の一つだけを図示したものである。光線L45aは、入射光を示す。光線L45cは屈折光を示す。図52に示すように、光Rの分布の原因は、アウターレンズ10Nの光軸Zと光線L45cの交点L45pが第3層L3の内部に位置していることが原因であると考えられる。

[0179] また、第3層L3における光強度の分布の形状を確認した。図53、図54及び図55は、異なる断面位置における光強度のコンター図である。図53(a)は $Z=0\mu\text{m}$ に対応し、図53(b)は $Z=5\mu\text{m}$ に対応する。図54(a)は $Z=10\mu\text{m}$ に対応し、図54(b)は $Z=15\mu\text{m}$ に対応する。図55(a)は $Z=20\mu\text{m}$ に対応し、図55(b)は $Z=25\mu\text{m}$ に対応する。それぞれの図に示されるように、いずれの断面においても光強度の分布は円環状であることがわかった。

符号の説明

[0180] 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1H, 1K, 1R, 1T…光電変換素子、10, 10A, 10B, 10C, 10D, 10E, 10F, 10G, 10H, 10K, 10M, 10N, 10P, 10T…アウターレンズ、30, 30A, 30B1, 30C, 30D, 30E, 30F1, 30H, 30K, 30T…光電変換部、30B…光電変換部裏面(第1の面)、30F…光電変換部表面(第2の面)、50, 50D, 50E, 50H, 50K…光閉じ

込め部、61A, 61B, 61C, 61K…インナーレンズ、63…ミラー
(反射部)、L5a, L14a, L15a…第1領域、L5b, L14b,
L15b…第2領域、R, R6a, R6b, R7a…光、Z…光軸。

請求の範囲

- [請求項1] 光を受けて電荷を発生させる光電変換部と、
前記光電変換部から受けた前記電荷を蓄積する電荷蓄積検出部と、
前記光電変換部の第1の面側に設けられると共に前記光を受け入れる開口を含む第1の反射層、及び、前記第1の面とは逆側である前記光電変換部の第2の面側に設けられた第2の反射層を有し、前記光が前記光電変換部において往復するように、前記光を前記光電変換部に閉じ込める光閉じ込め部と、
前記第1の面側に配置された第1のレンズを含み、前記光電変換部における前記光の進行方向を決める光方向変換部と、を備え、
前記光方向変換部は、前記第1の面と前記第2の面とに挟まれた領域の外側に配置されて、前記第1の面と前記第2の面との間での前記光の反射が繰り返されるごとに前記第1のレンズの光軸から離れる方向に前記光を進行させる、光電変換素子。
- [請求項2] 前記第1のレンズにおける前記光軸を含む断面形状において、前記光を受け入れる面を示す線分は、第1の曲線部と、前記第1の曲線部よりも前記光軸から遠い第2の曲線部とを含み、
前記第2の曲線部の曲率は、前記第1の曲線部の曲率よりも小さい、請求項1に記載の光電変換素子。
- [請求項3] 前記第1のレンズにおける前記光軸を含む断面形状において、前記光を受け入れる面を示す線分は、円弧として規定される部分を含む、請求項1に記載の光電変換素子。
- [請求項4] 前記第1のレンズにおける前記光軸を含む断面形状において、前記光を受け入れる面を示す線分は、放物線として規定される部分を含む、請求項1に記載の光電変換素子。
- [請求項5] 前記第1のレンズにおける前記光軸を含む断面形状において、前記光を受け入れる面を示す線分は、第1の直線部と、前記第1の直線部よりも前記光軸から遠い第2の直線部とを含み、

前記光軸に直交する仮想基準軸線と前記第2の直線部との間の第2の傾斜角は、前記仮想基準軸線と前記第1の直線部との間の第1の傾斜角よりも大きい、請求項1に記載の光電変換素子。

[請求項6] 前記第1のレンズの形状は、前記光軸を中心とした回転対称の形状である、請求項2～5のいずれか一項に記載の光電変換素子。

[請求項7] 前記第1のレンズの形状は、前記断面形状を前記光軸に直交する方向に引き延ばした形状である、請求項2～5のいずれか一項に記載の光電変換素子。

[請求項8] 前記光方向変換部は、前記第1のレンズに加えて、さらに、前記第1のレンズと前記第1の面との間に配置された第2のレンズを含む、請求項1～7のいずれか一項に記載の光電変換素子。

[請求項9] 前記第2のレンズにおける前記光軸を含む断面形状において、前記光を受け入れる面を示す線分は、第3の曲線部と、前記第3の曲線部よりも前記光軸から遠い第4の曲線部とを含み、

前記第4の曲線部の曲率は、前記第3の曲線部の曲率よりも小さい、請求項8に記載の光電変換素子。

[請求項10] 前記第2のレンズにおける前記光軸を含む断面形状において、前記光を受け入れる面を示す線分は、円弧として規定される部分を含む、請求項8に記載の光電変換素子。

[請求項11] 前記第2のレンズにおける前記光軸を含む断面形状において、前記光を受け入れる面を示す線分は、放物線として規定される部分を含む、請求項8に記載の光電変換素子。

[請求項12] 前記第2のレンズにおける前記光軸を含む断面形状において、前記光を受け入れる面を示す線分は、第3の直線部と、前記第3の直線部よりも前記光軸から遠い第4の直線部とを含み、

前記光軸に直交する仮想基準軸線と前記第4の直線部との間の第4の傾斜角は、前記仮想基準軸線と前記第3の直線部との間の第3の傾斜角よりも大きい、請求項8に記載の光電変換素子。

- [請求項13] 前記光方向変換部は、前記第2の面側に配置された反射部を含む、請求項1～12のいずれか一項に記載の光電変換素子。
- [請求項14] 前記光閉じ込め部は、前記光電変換部を囲む第1の隔壁部をさらに有し、
前記第1の隔壁部の一方の端面は、前記第1の反射層と協働して前記光電変換部の一部を挟み、
前記第1の隔壁部の他方の端面は、前記光電変換部の前記第2の面と面一である、請求項1～13のいずれか一項に記載の光電変換素子。
- [請求項15] 前記光閉じ込め部は、前記光電変換部を囲む第2の隔壁部をさらに有し、
前記第2の隔壁部の一方の端面は、前記光電変換部の前記第1の面と面一であり、
前記第2の隔壁部の他方の端面は、前記第2の反射層と協働して前記光電変換部の一部を挟む、請求項1～14のいずれか一項に記載の光電変換素子。
- [請求項16] 前記光閉じ込め部は、前記光電変換部を囲む第3の隔壁部をさらに有し、
前記第3の隔壁部の一方の端面は、前記光電変換部の前記第1の面と面一であり、
前記第3の隔壁部の他方の端面は、前記光電変換部の前記第2の面と面一である、請求項1～15のいずれか一項に記載の光電変換素子。
- [請求項17] 前記光電変換部は、前記第1の反射層の前記開口と重複する部分を含み、
前記電荷蓄積検出部は、前記第1の反射層の前記開口と重複する部分を含まない、請求項1～16の何れか一項に記載の光電変換素子。
- [請求項18] 前記光閉じ込め部は、前記光の入射方向から見て前記光電変換部が

構成する p n 接合部を含む光電変換領域と前記電荷蓄積検出部を含む電荷蓄積検出領域とを有する画素領域に、前記開口から入射した前記光を閉じ込めるように前記光電変換領域及び前記電荷蓄積検出領域を囲む外隔壁部を含む、請求項 1 ～ 13 の何れか一項に記載の光電変換素子。

[請求項19] 前記外隔壁部の一方の端面は、前記 p n 接合を構成する半導体領域に接し、

前記外隔壁部の他方の端面は、前記光電変換部の前記第 2 の面と面一である、請求項 18 に記載の光電変換素子。

[請求項20] 前記外隔壁部の一方の端面は、前記光電変換部の前記第 1 の面と面一であり、

前記外隔壁部の他方の端面は、前記 p n 接合を構成する半導体領域に接する、
、請求項 18 に記載の光電変換素子。

[請求項21] 前記外隔壁部の一方の端面は、前記光電変換部の前記第 1 の面と面一であり、

前記外隔壁部の他方の端面は、前記光電変換部の前記第 2 の面と面一である、請求項 18 に記載の光電変換素子。

[請求項22] 前記光閉じ込め部は、前記光の入射方向から見て前記光電変換領域と前記電荷蓄積検出領域との間に設けられ、前記電荷蓄積検出領域を前記光電変換領域から光学的に隔てる内隔壁部を含む、請求項 18 ～ 21 の何れか一項に記載の光電変換素子。

[請求項23] 前記内隔壁部の一方の端面は、前記 p n 接合を構成する半導体領域に接し、

前記内隔壁部の他方の端面は、前記光電変換部の前記第 2 の面と面一である、請求項 22 に記載の光電変換素子。

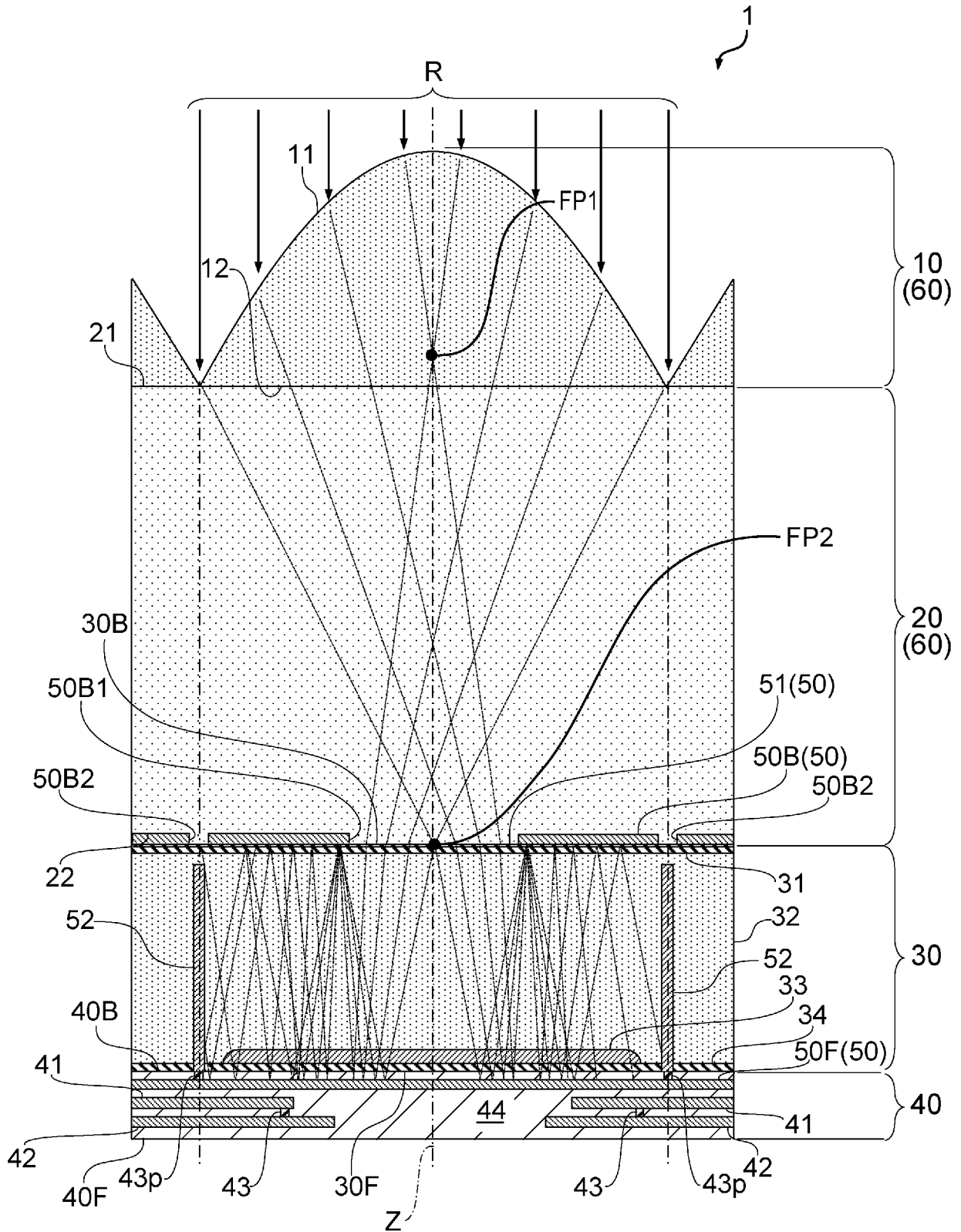
[請求項24] 前記内隔壁部の一方の端面は、前記光電変換部の前記第 1 の面と面一であり、

前記内隔壁部の他方の端面は、前記 p n 接合を構成する半導体領域に接する、請求項 22 に記載の光電変換素子。

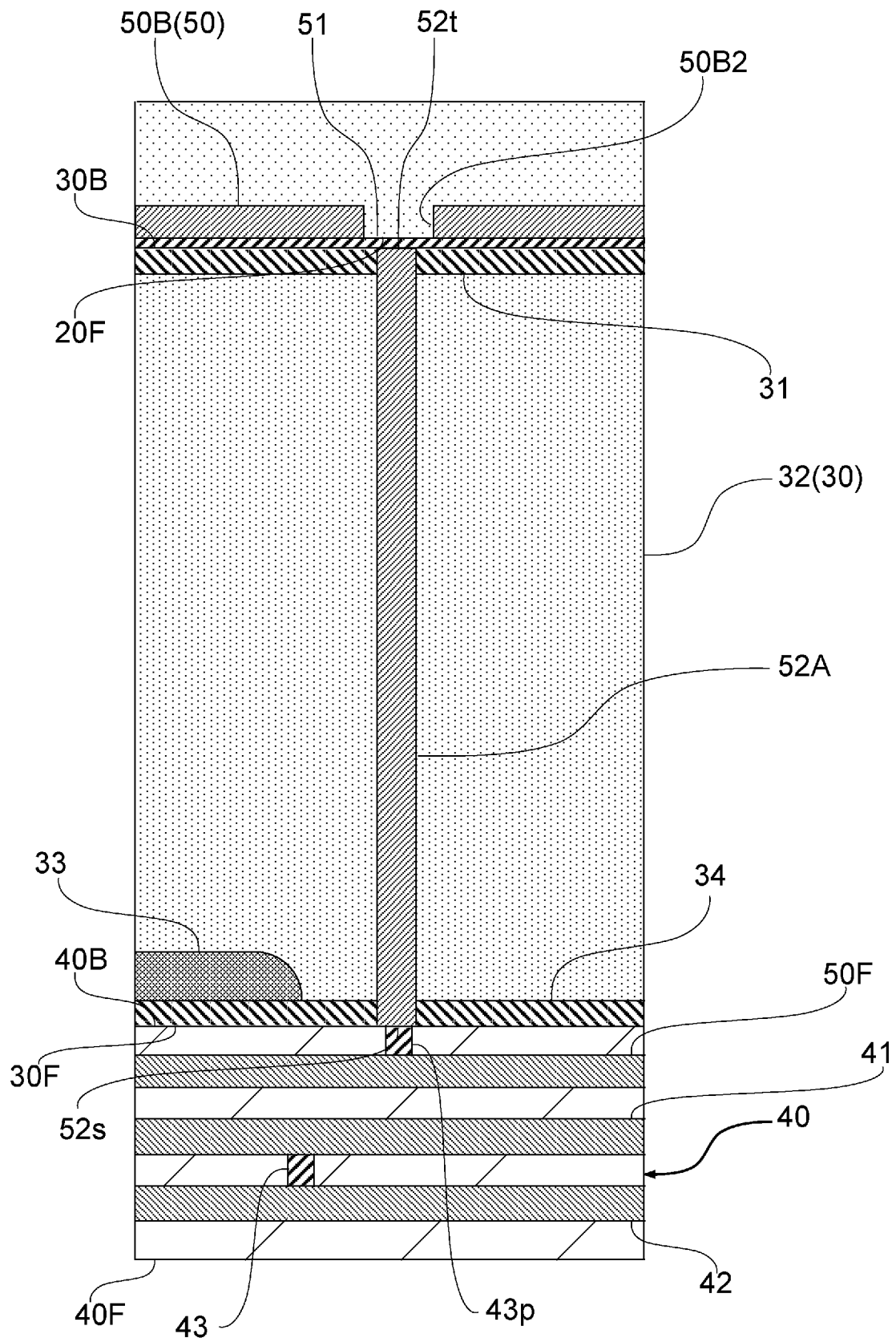
[請求項25] 前記内隔壁部の一方の端面は、前記光電変換部の前記第 1 の面と面一であり、

前記内隔壁部の他方の端面は、前記光電変換部の前記第 2 の面と面一である、請求項 22 に記載の光電変換素子。

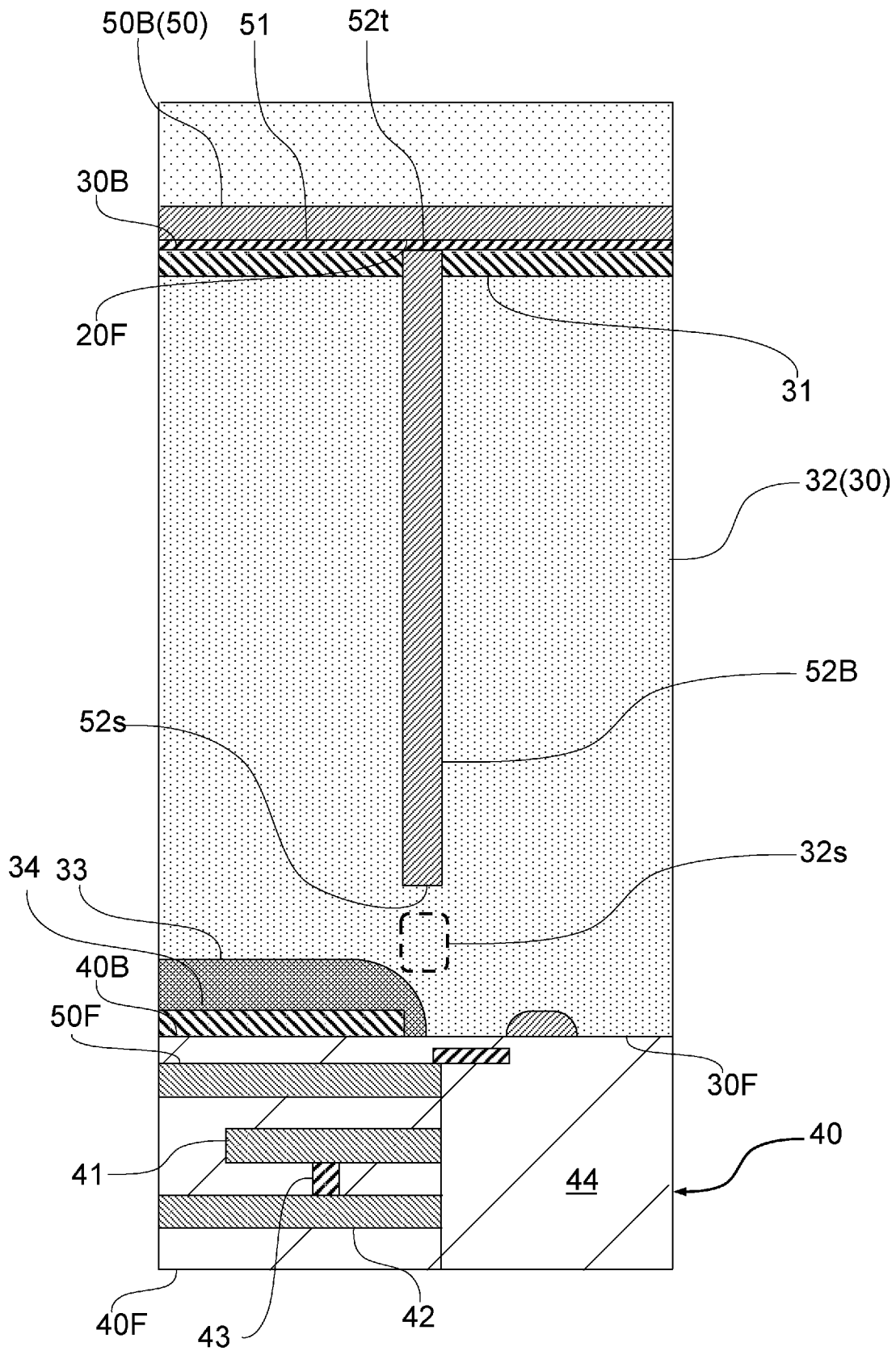
[図1]



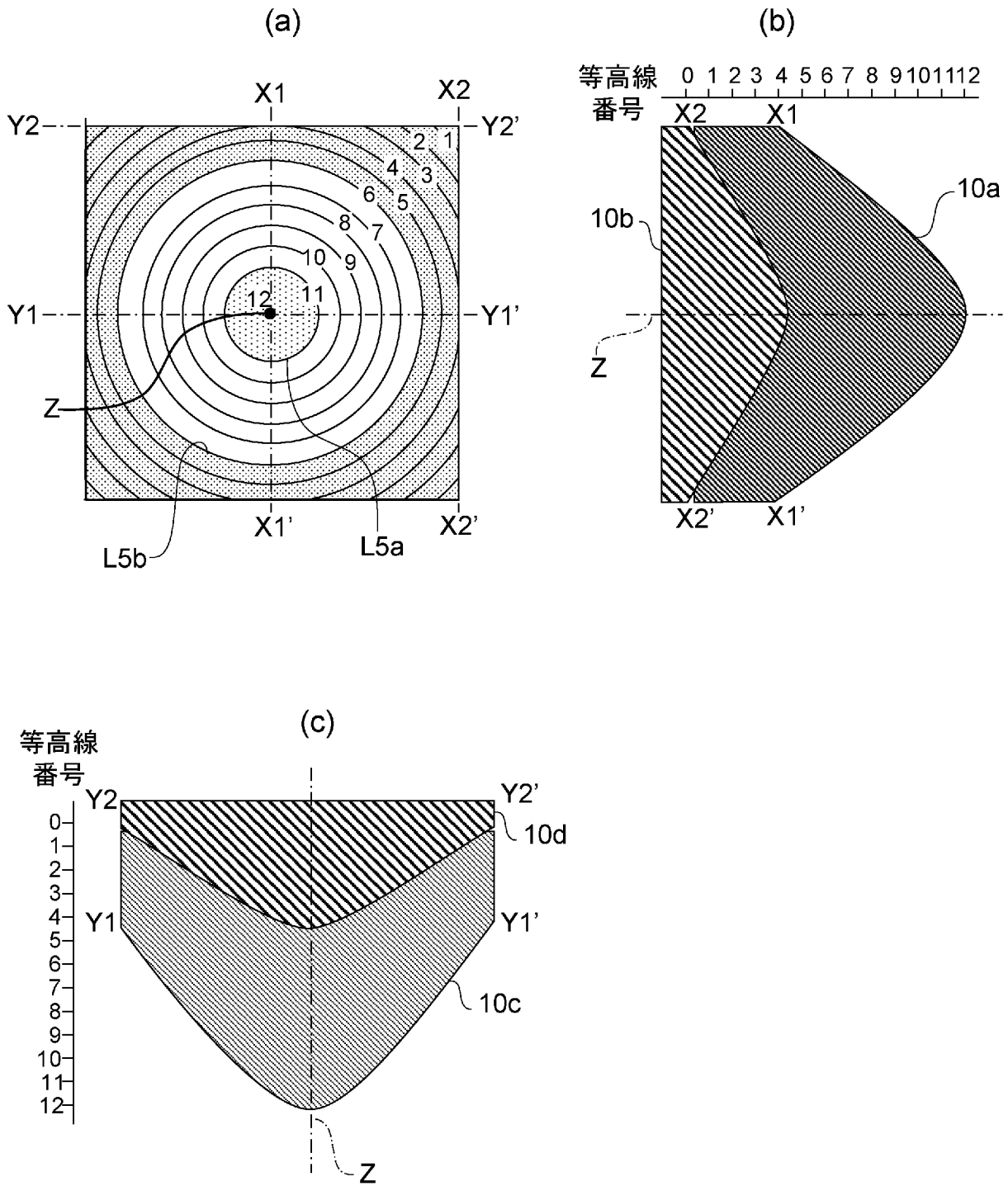
[図3]



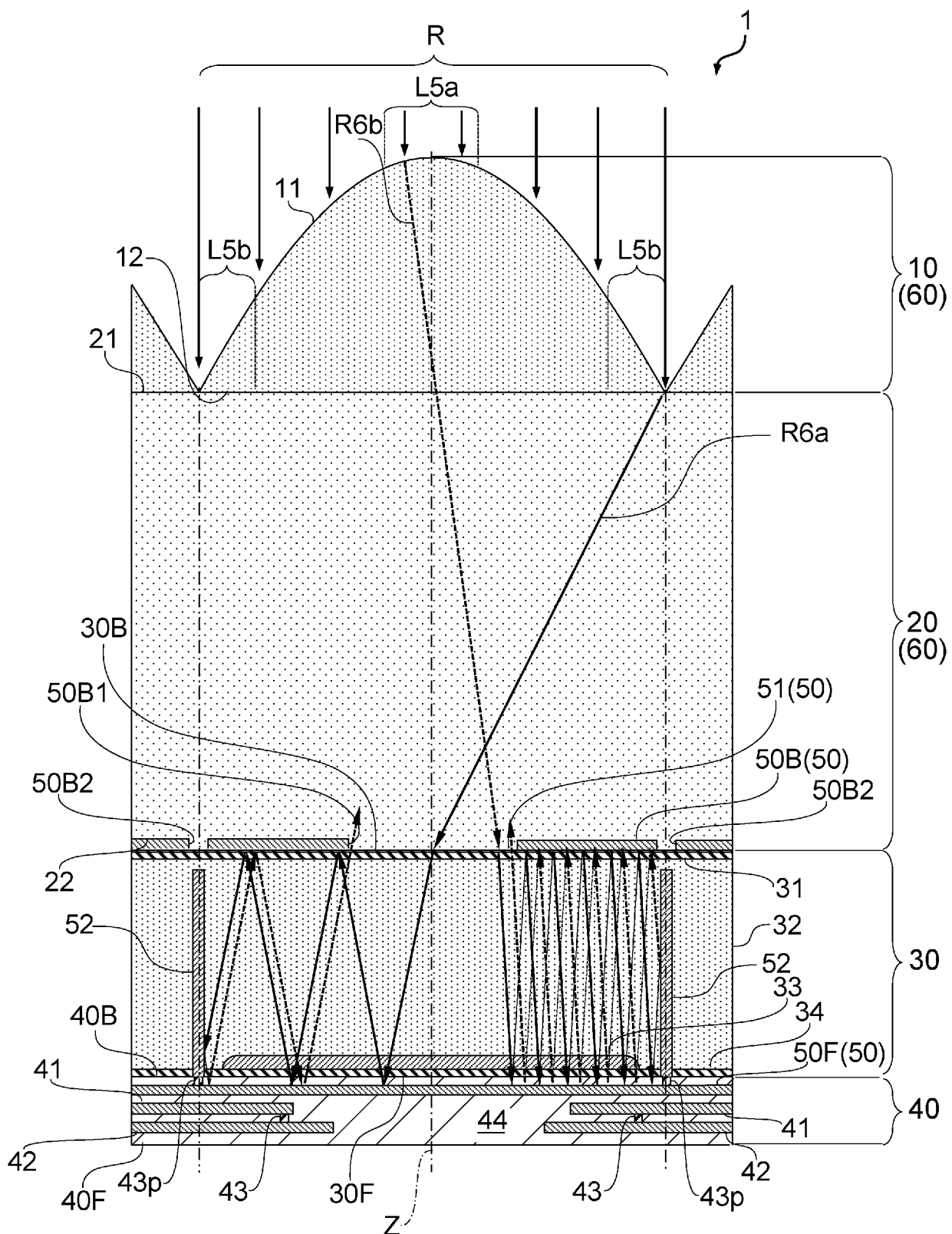
[図4]



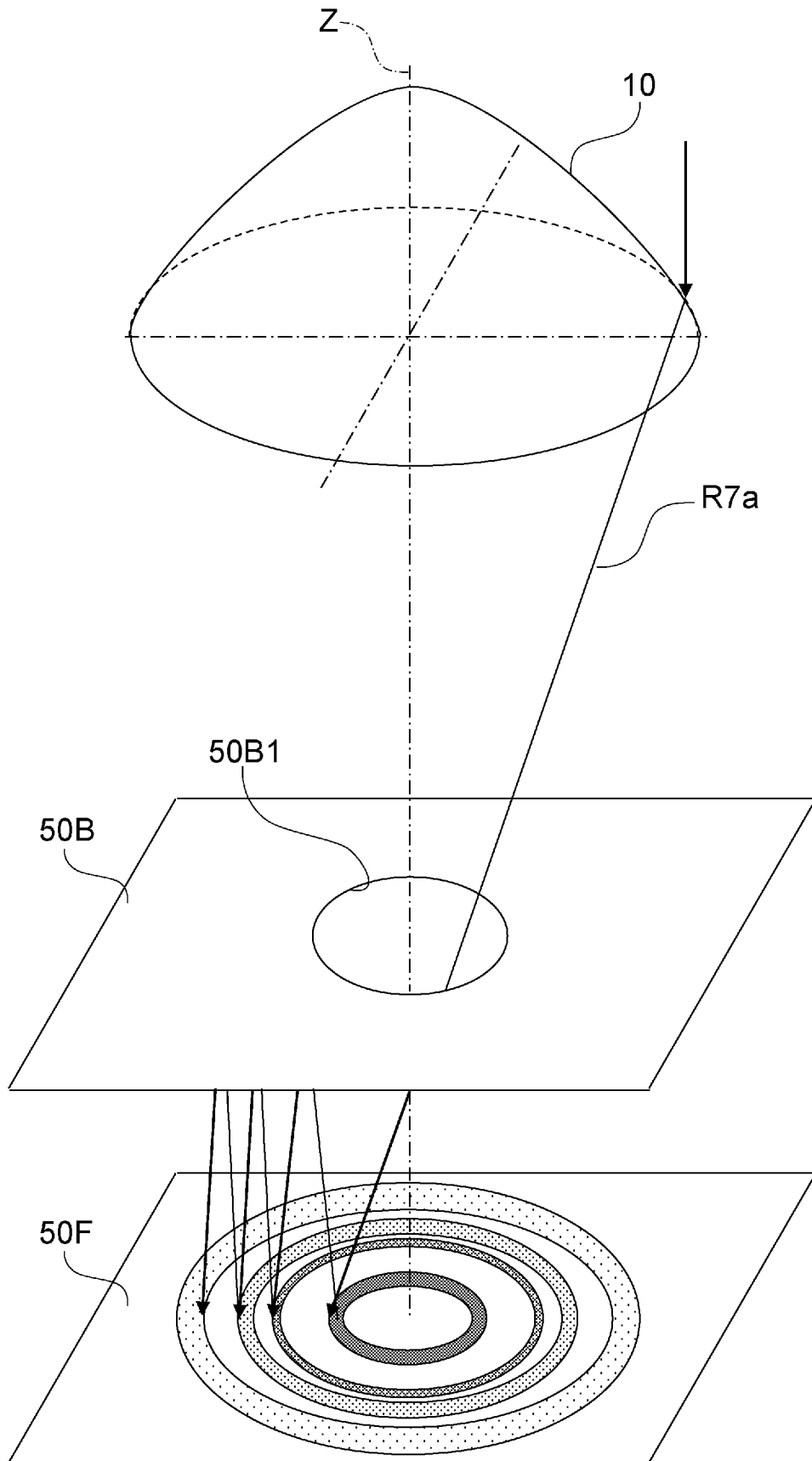
[図5]



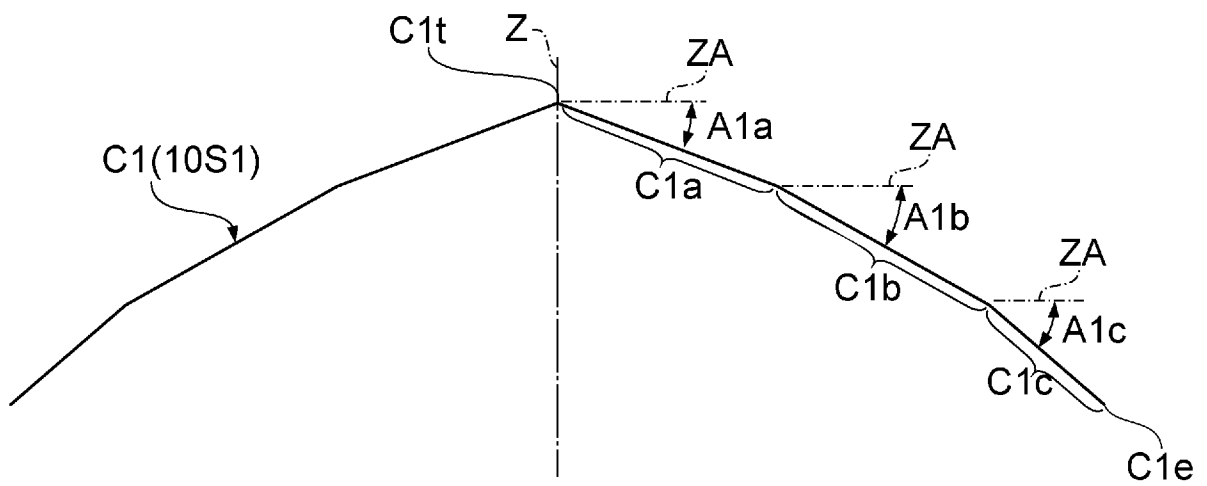
[図6]



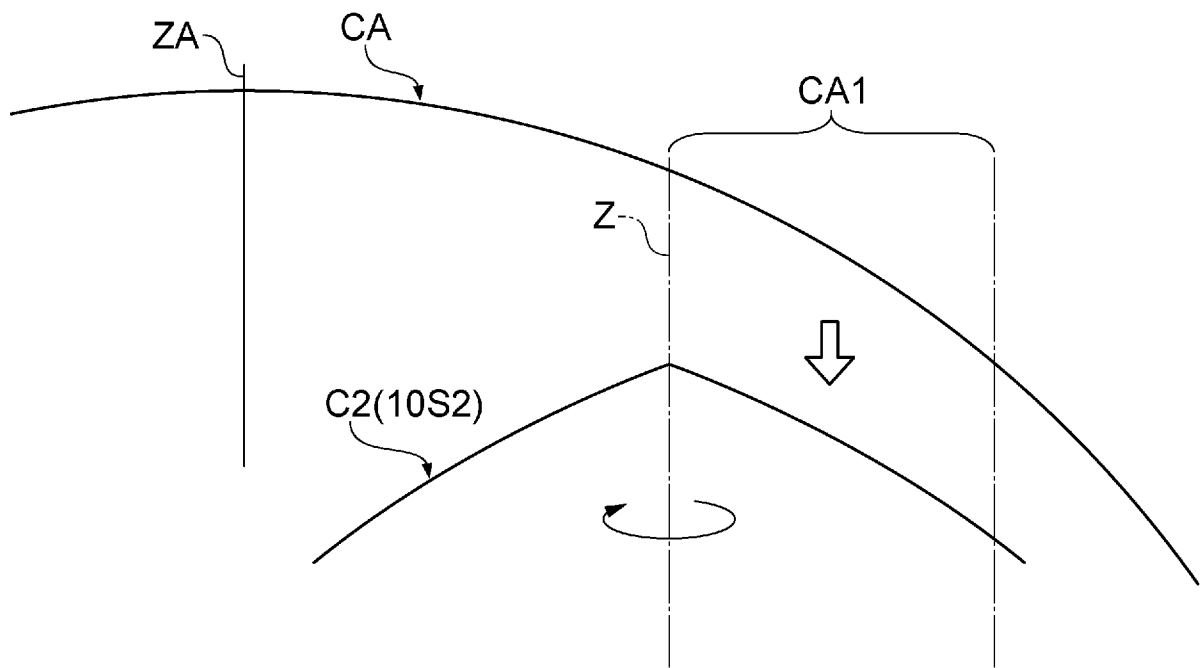
[図7]



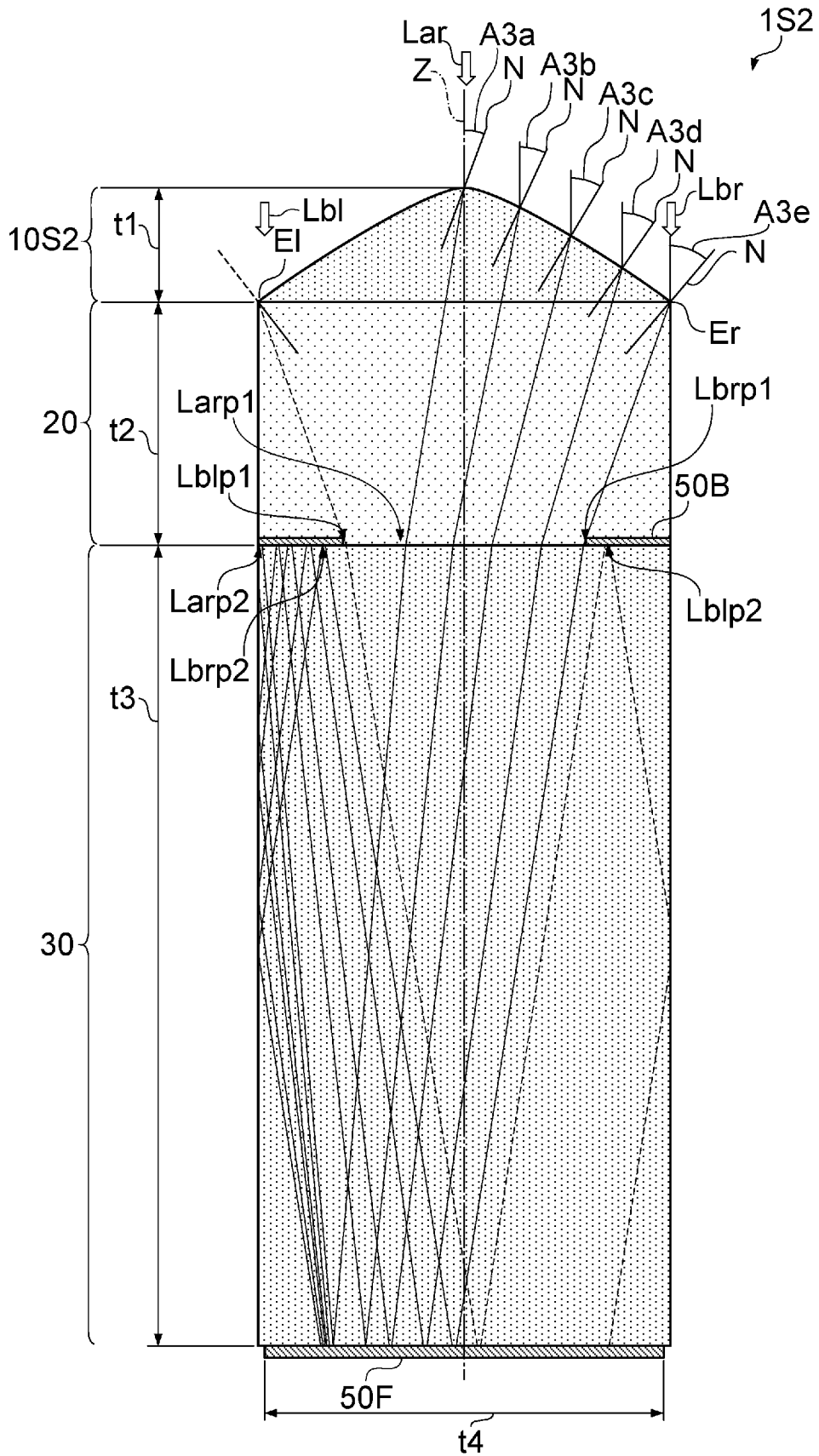
[図8]



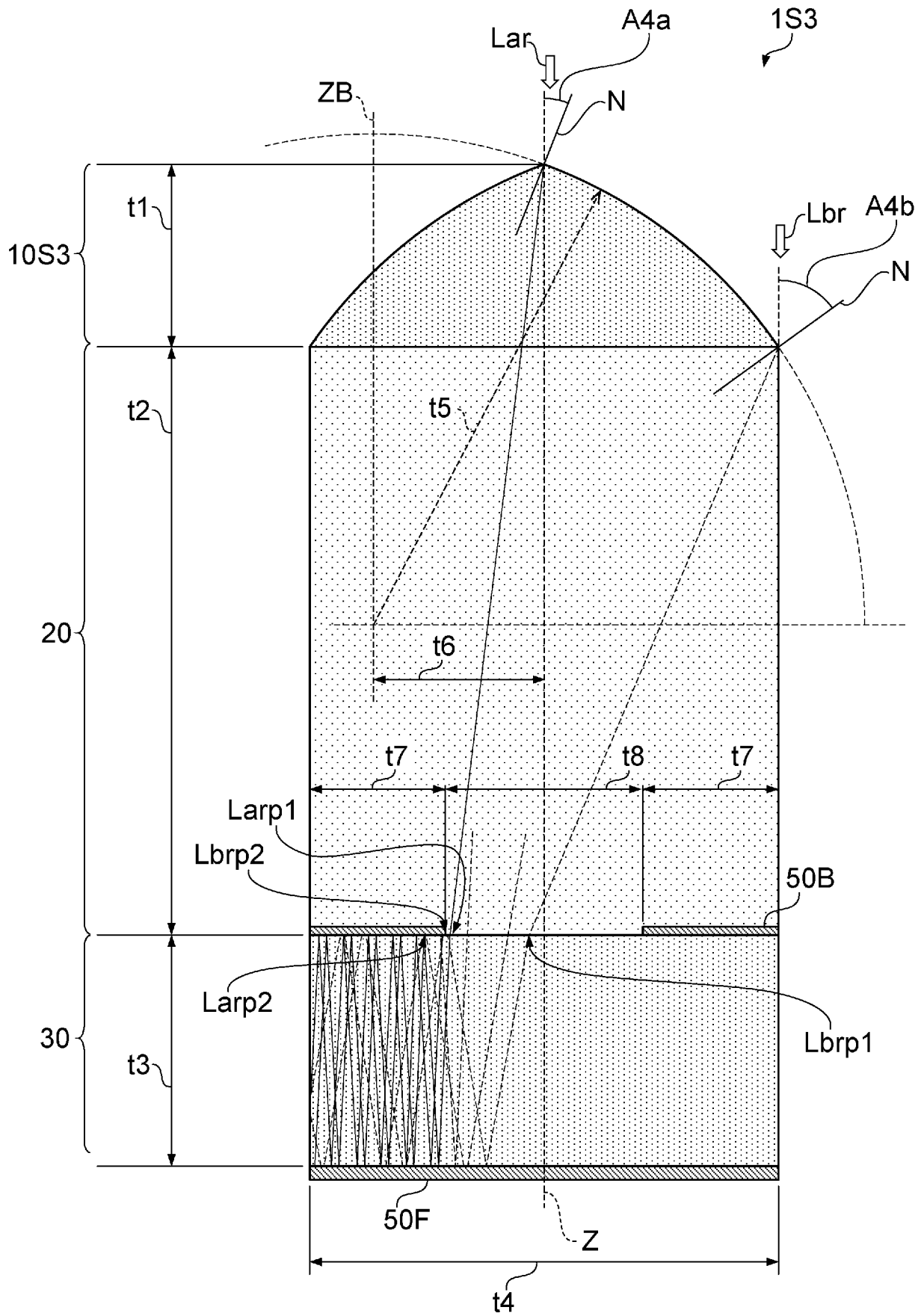
[図10]



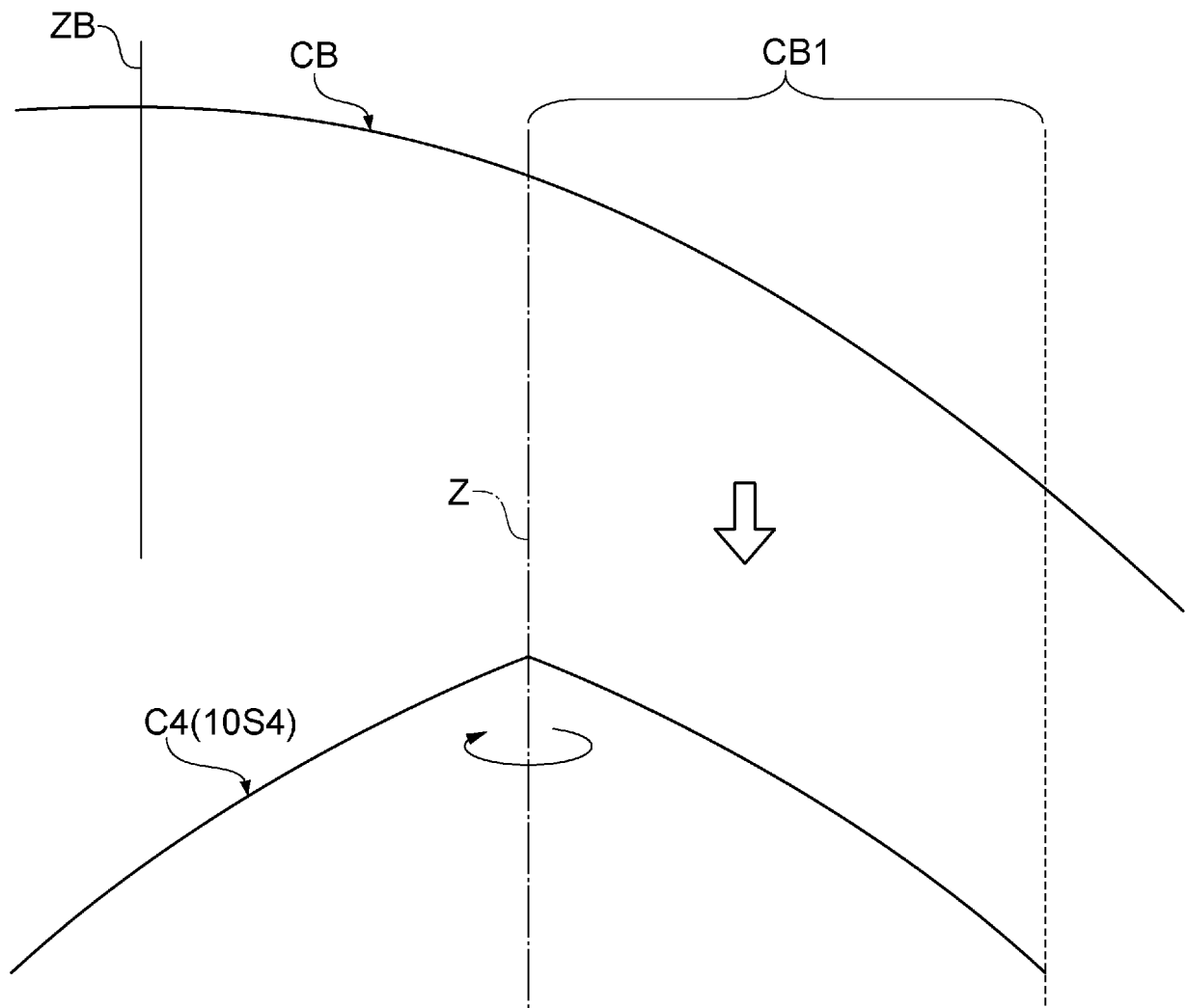
[図11]



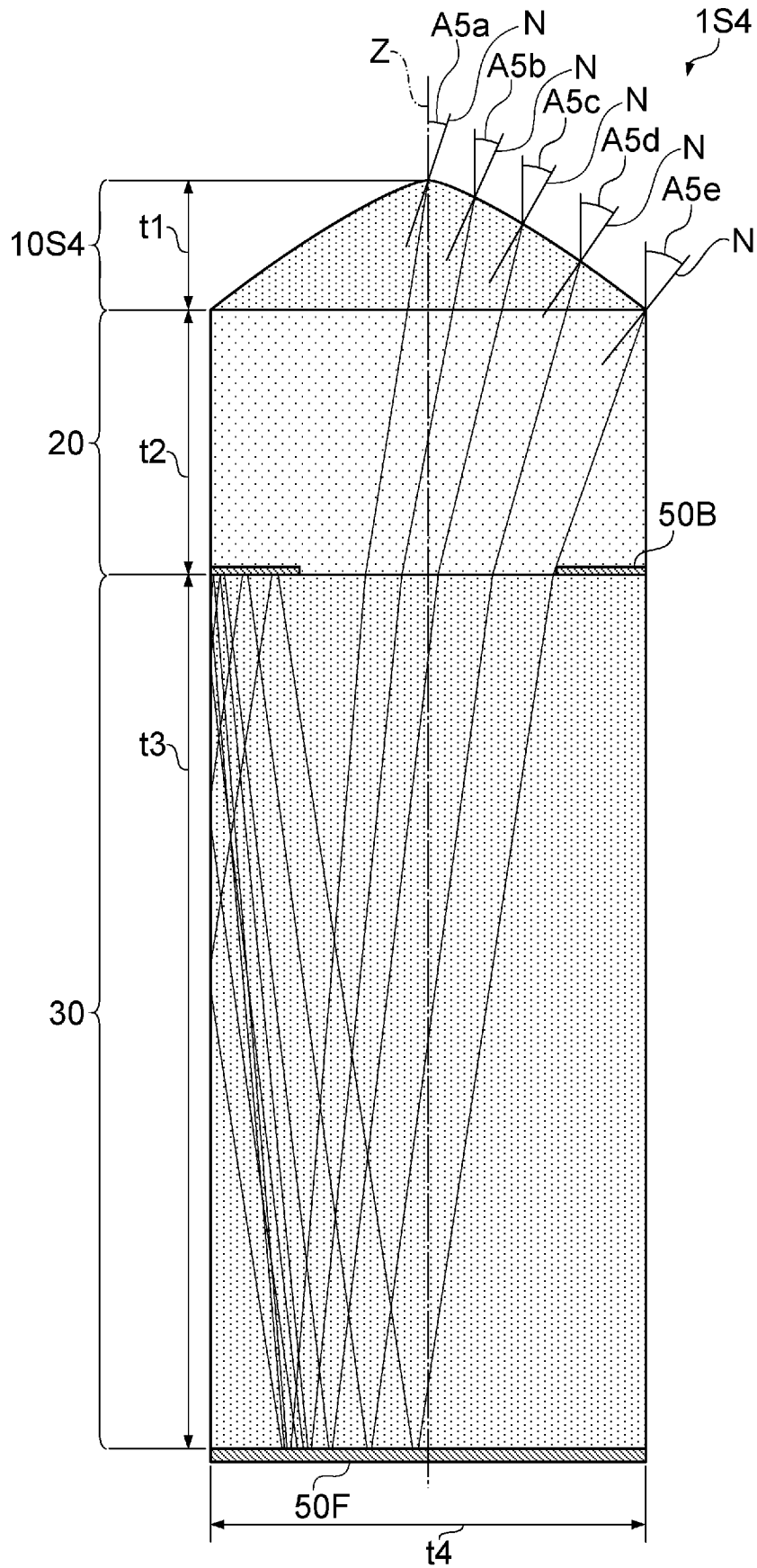
[図12]



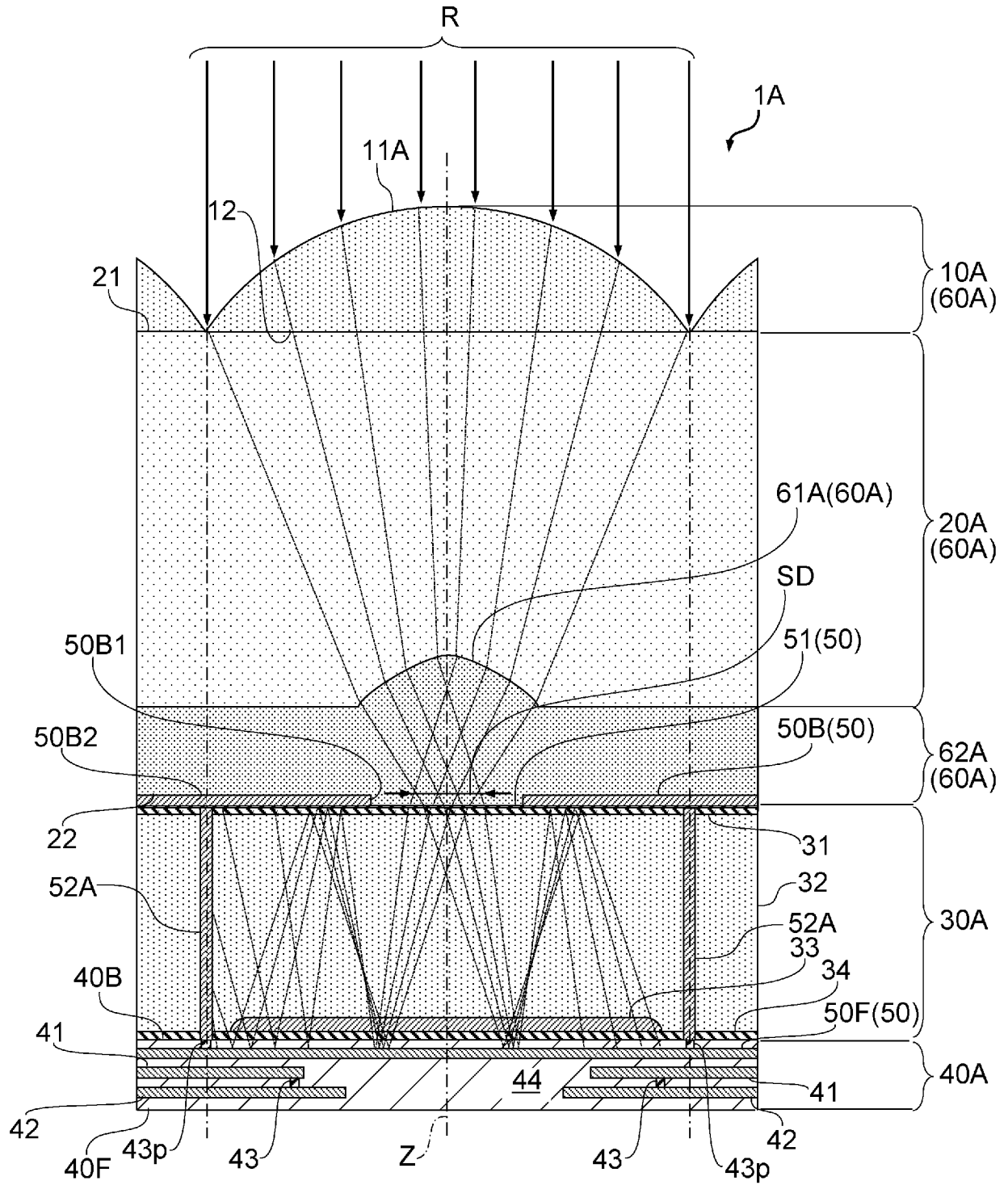
[図13]



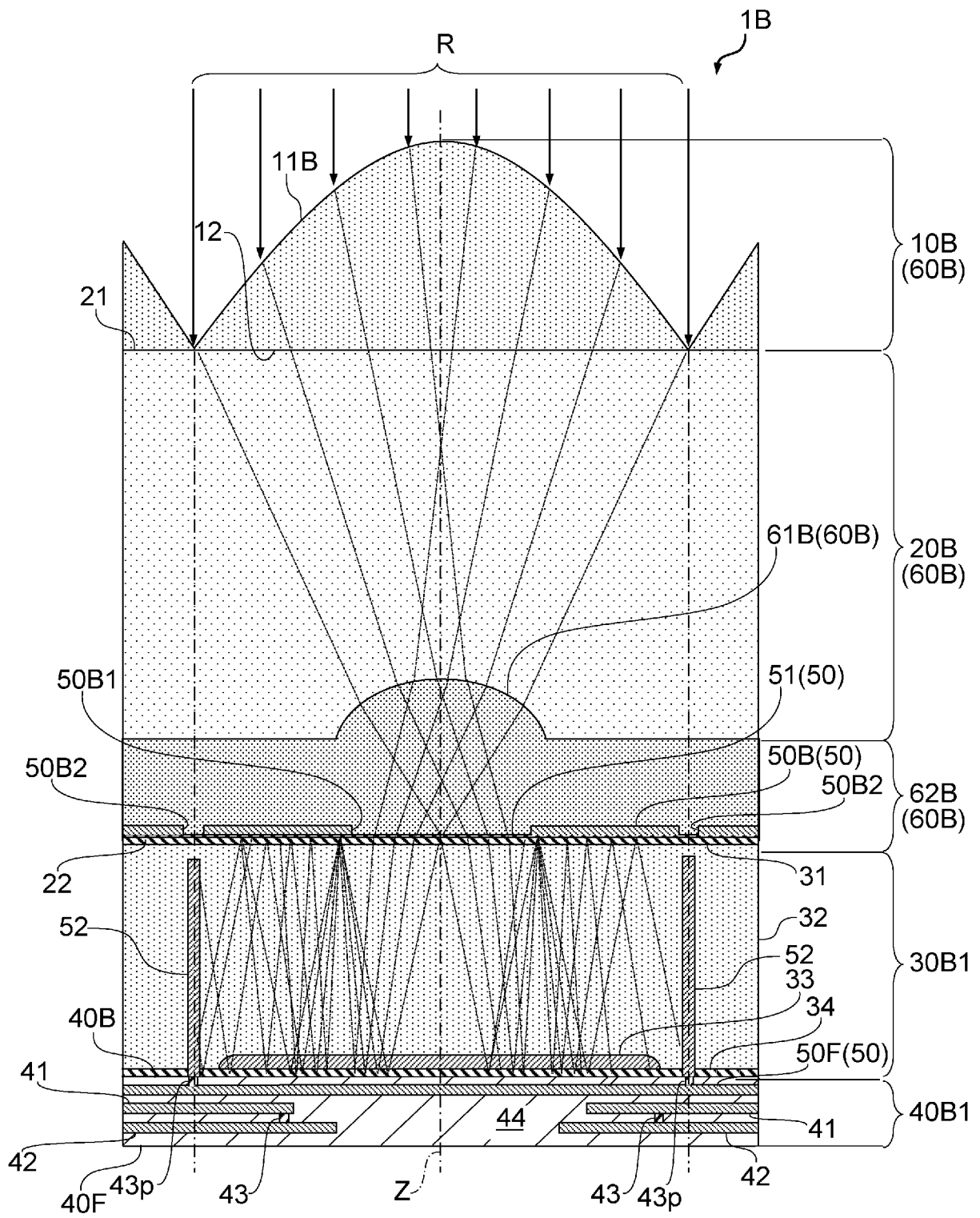
[図14]



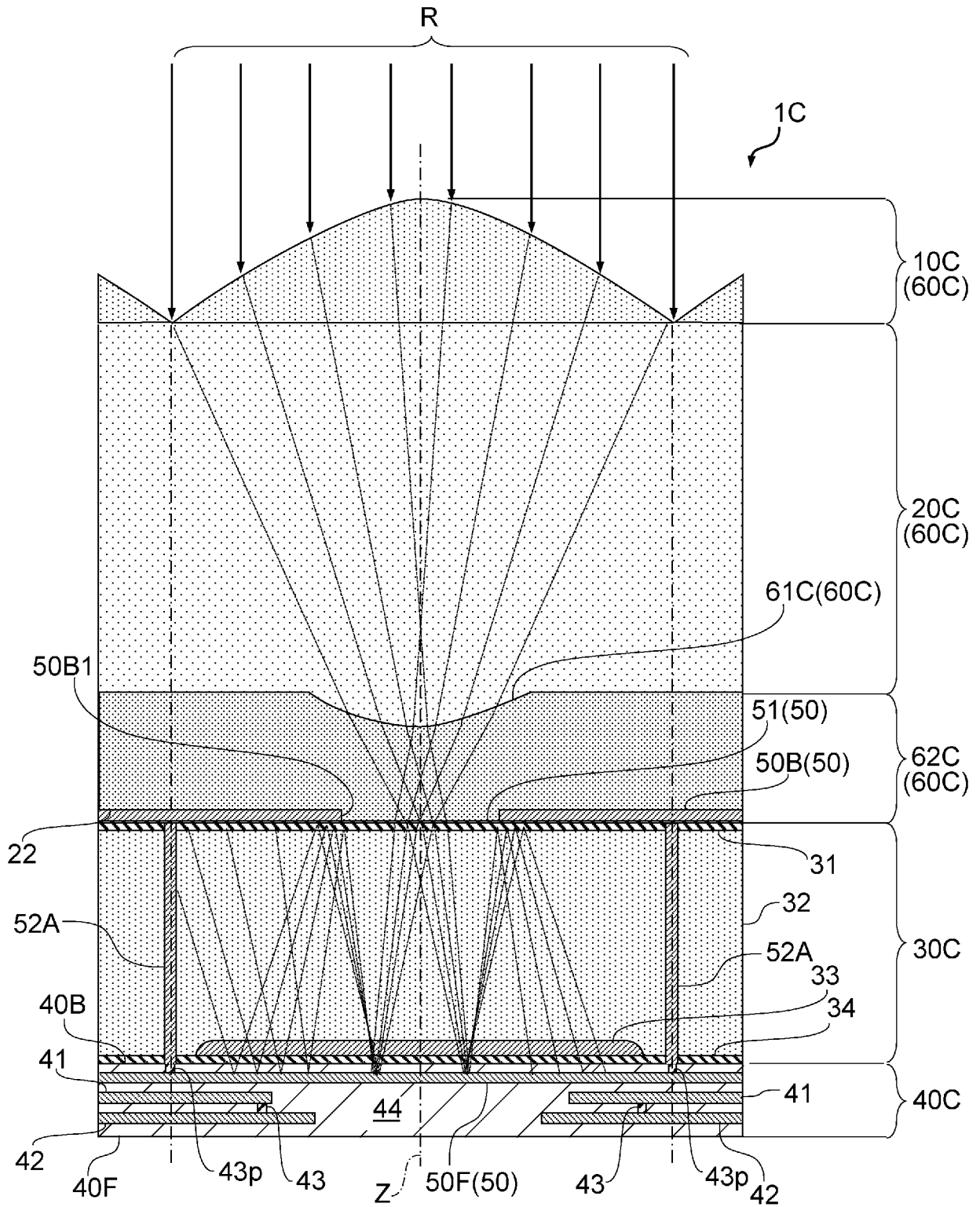
[図15]



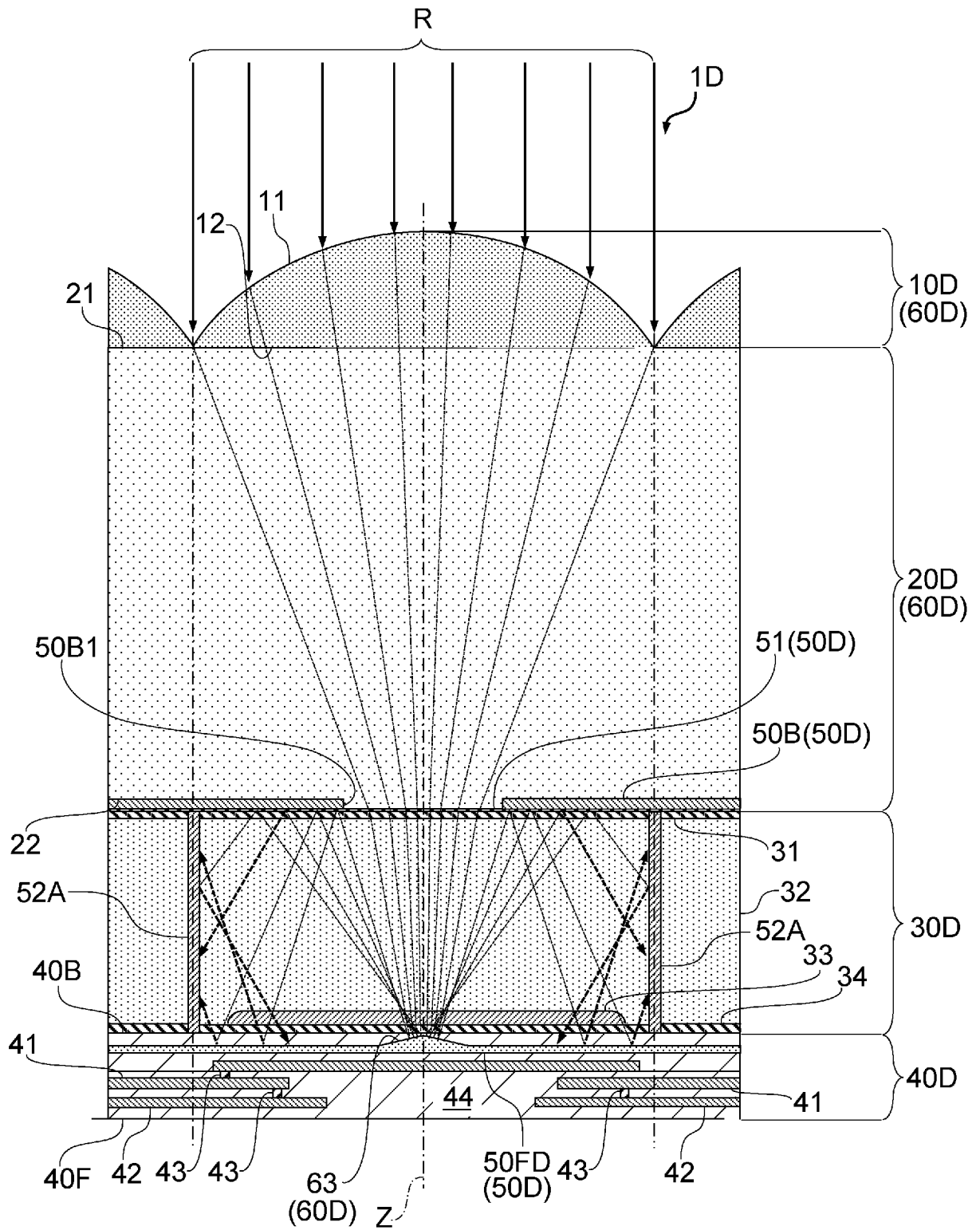
[図16]



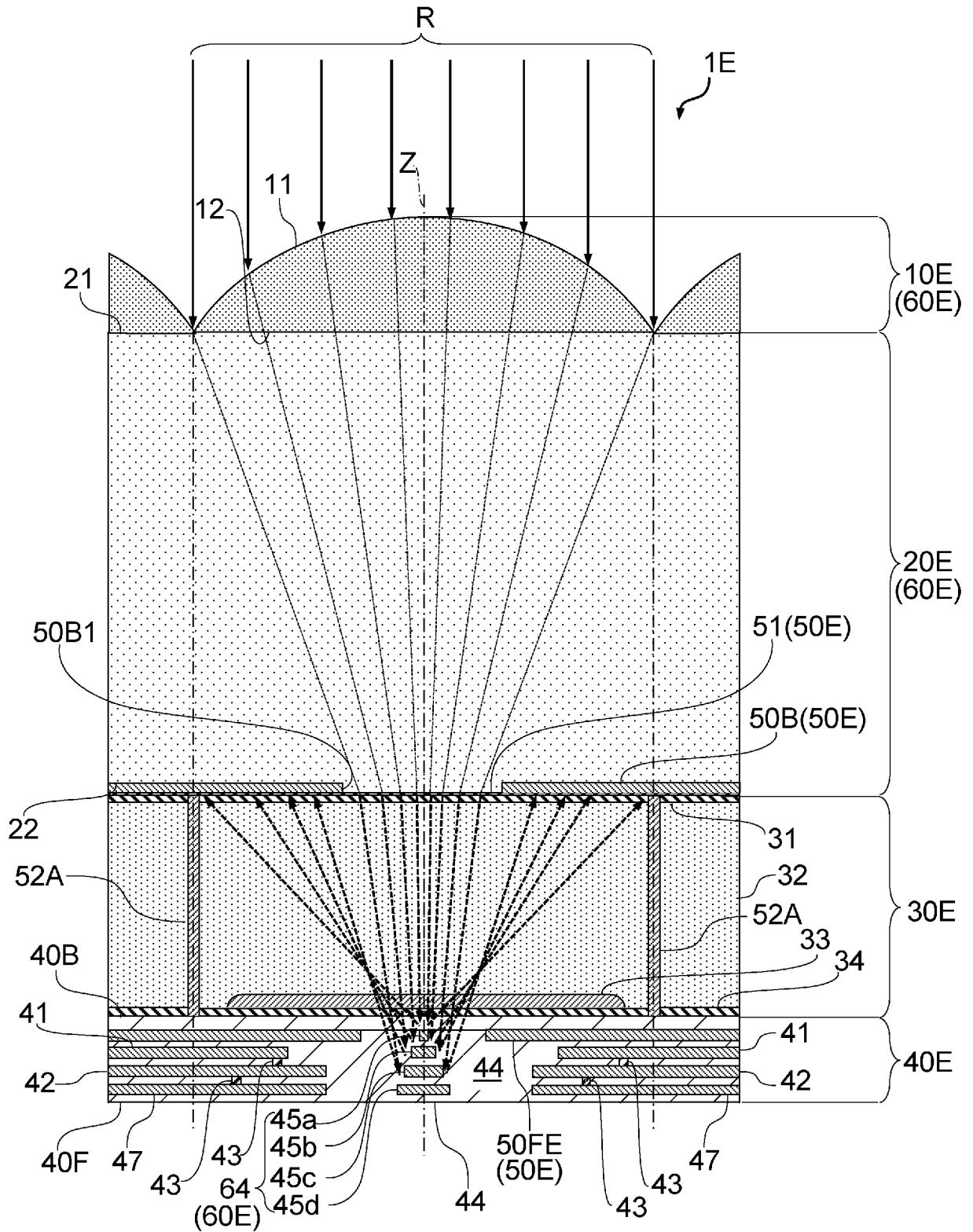
[図17]



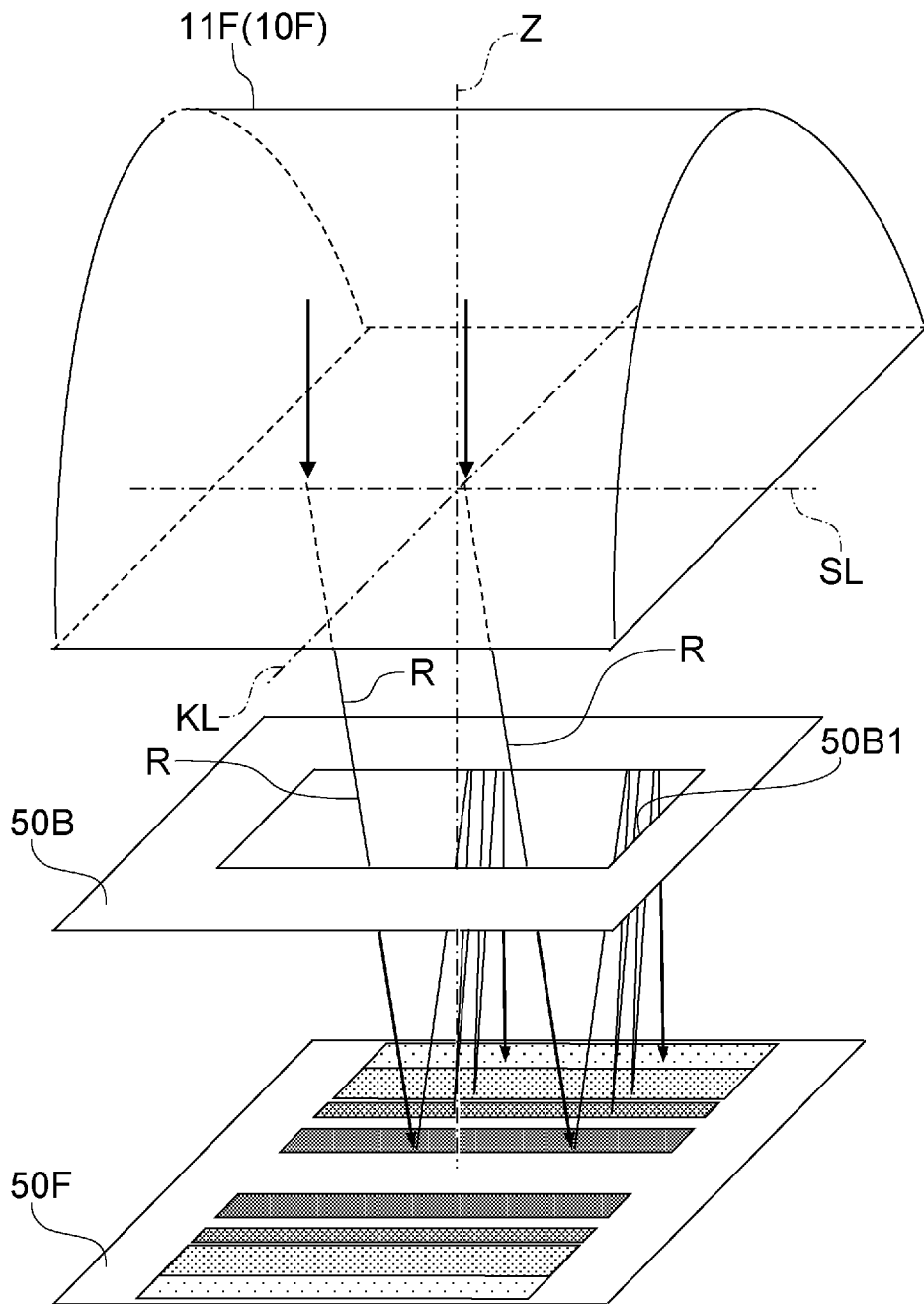
[図18]



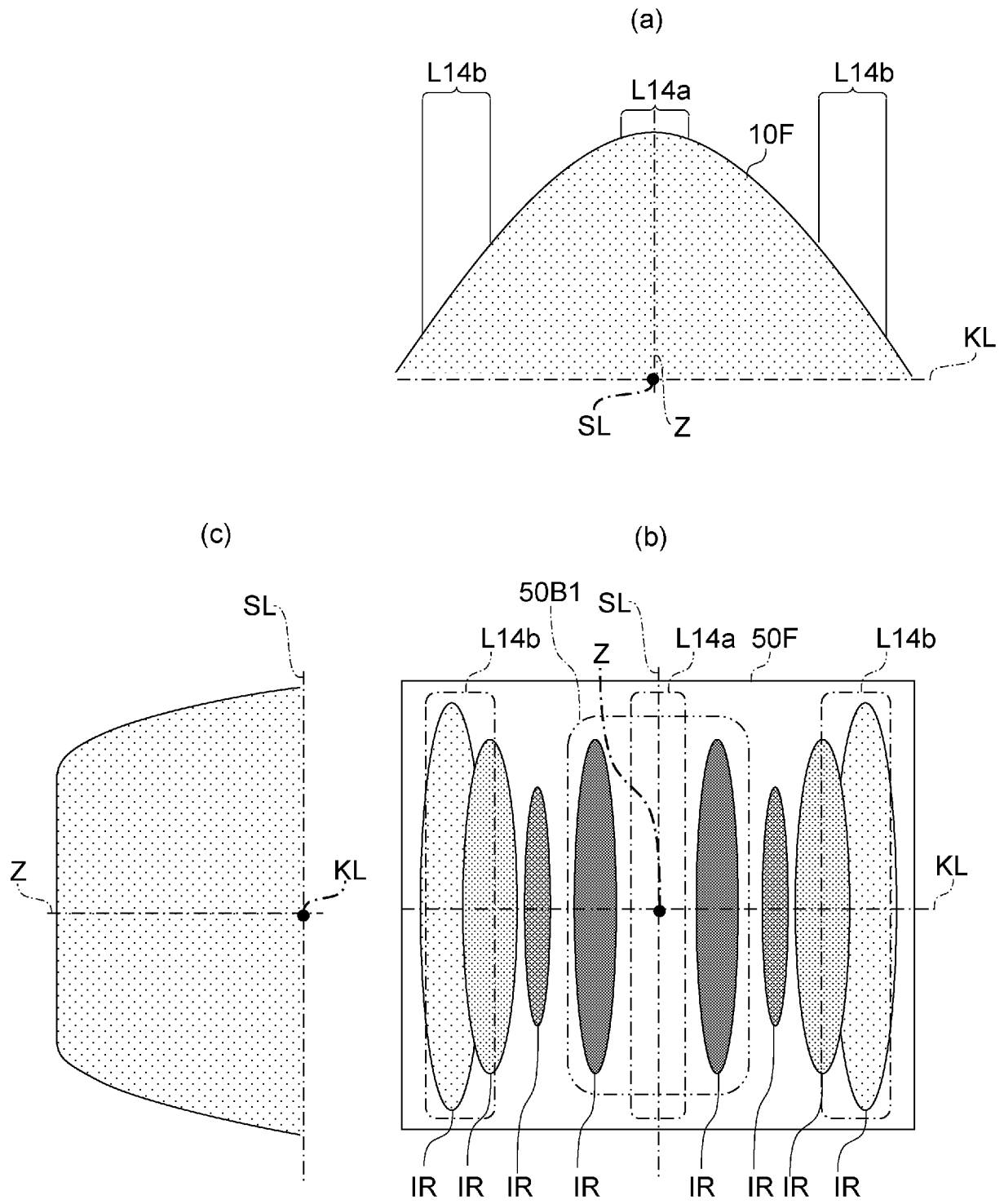
[図19]



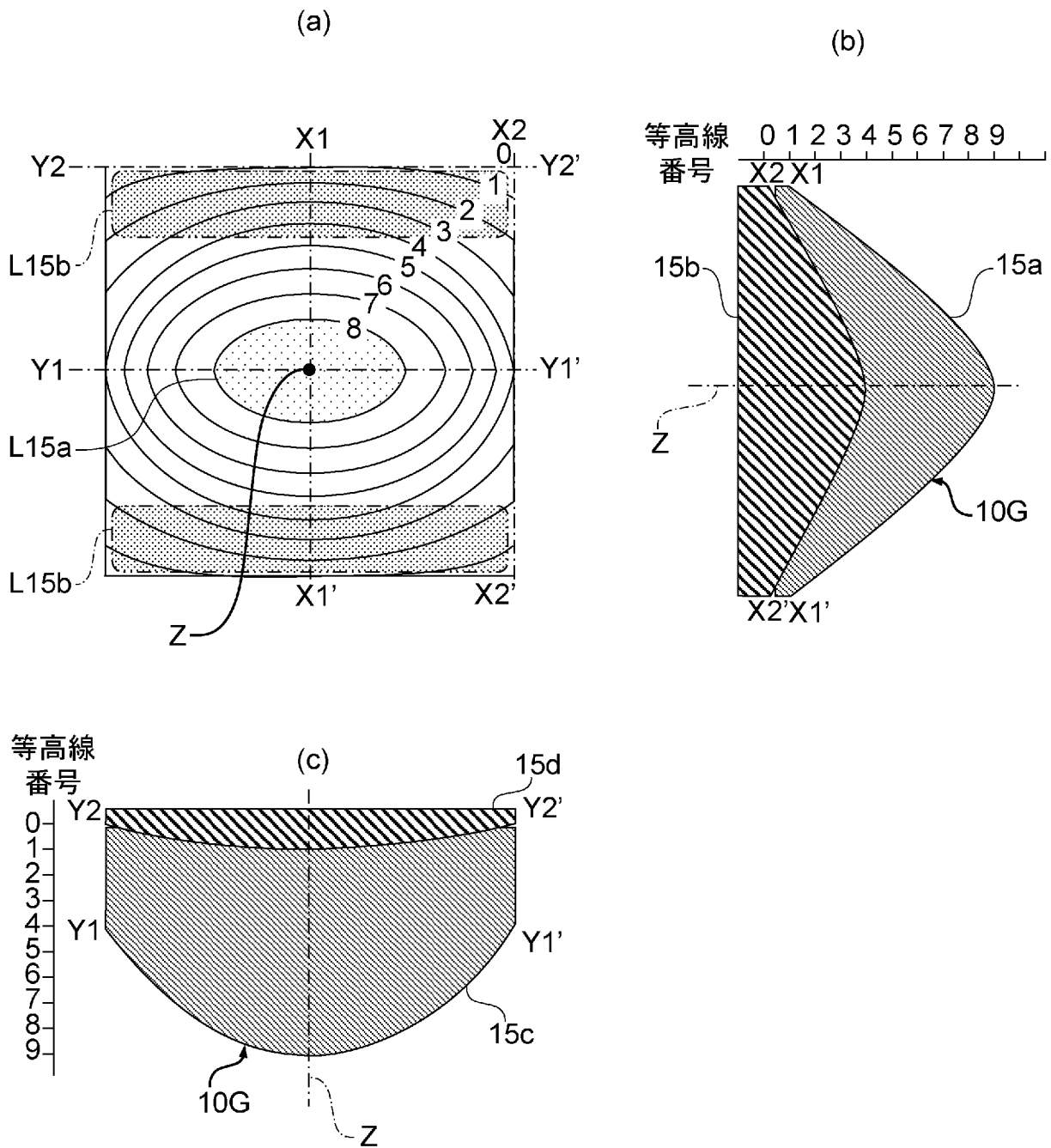
[図20]



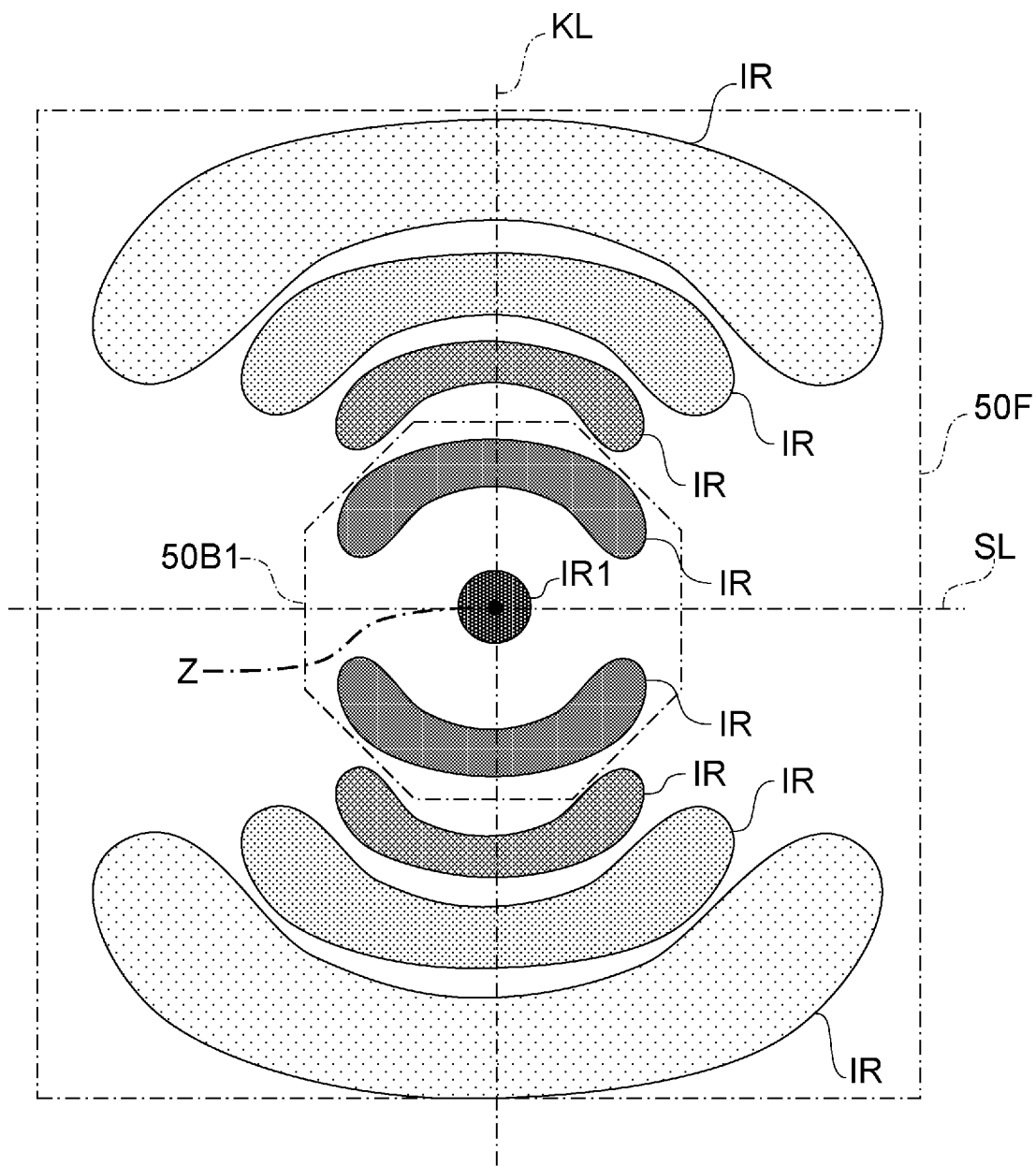
[図21]



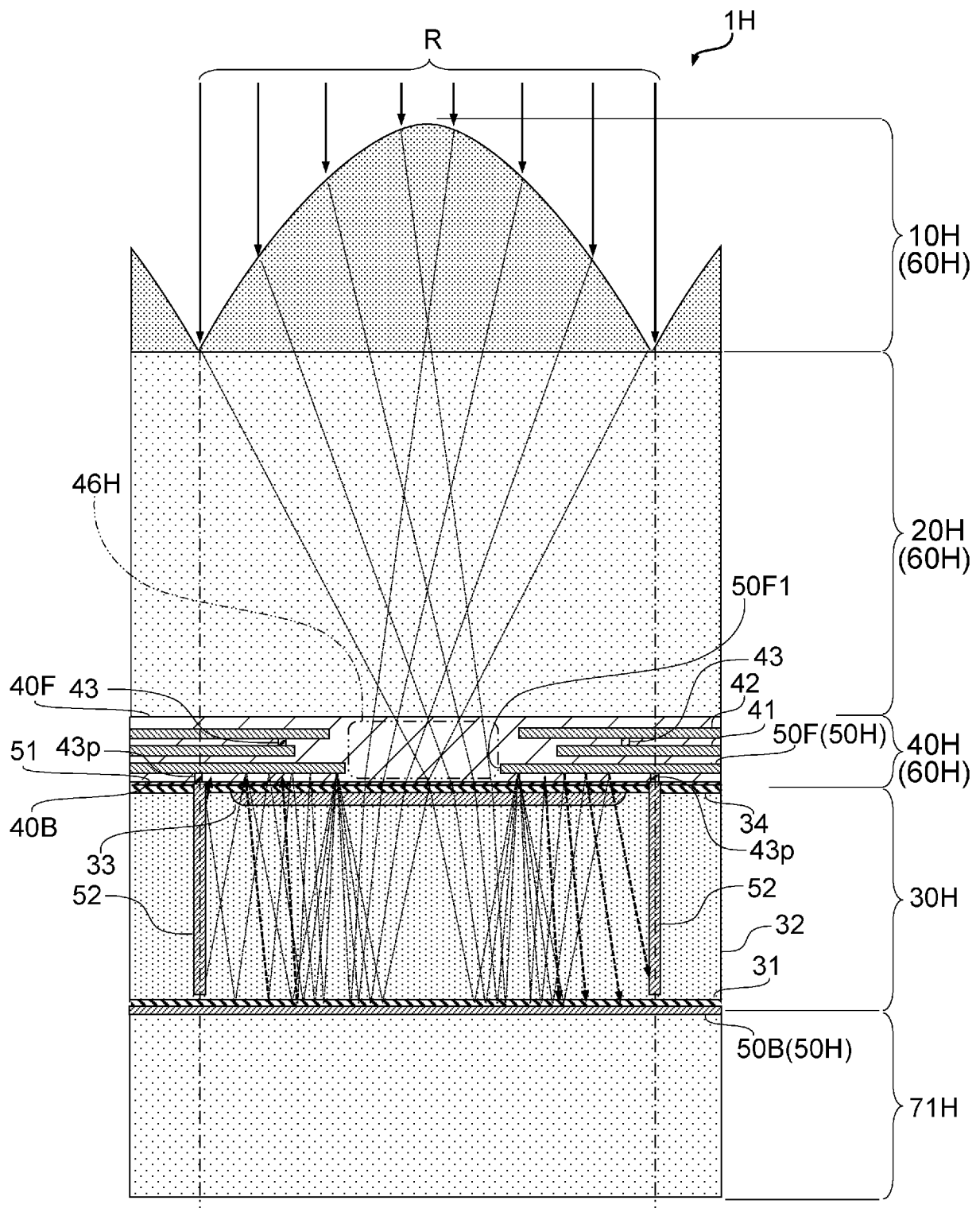
[図22]



[図23]

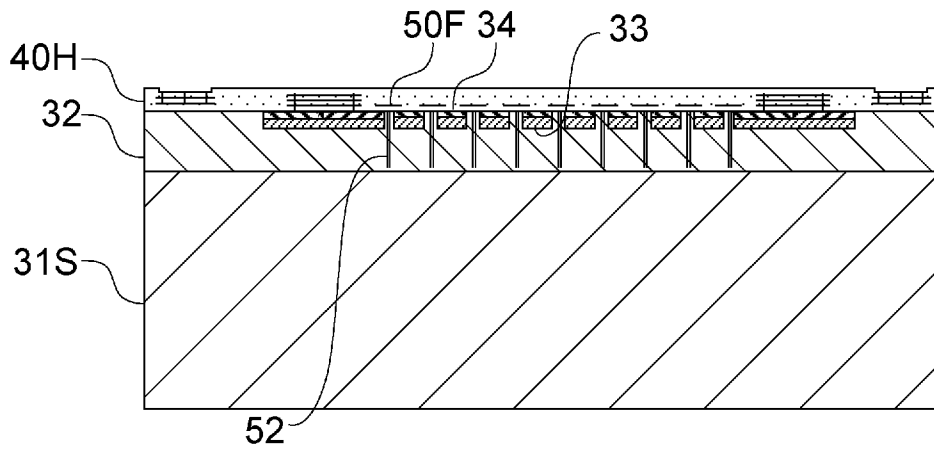


[図24]

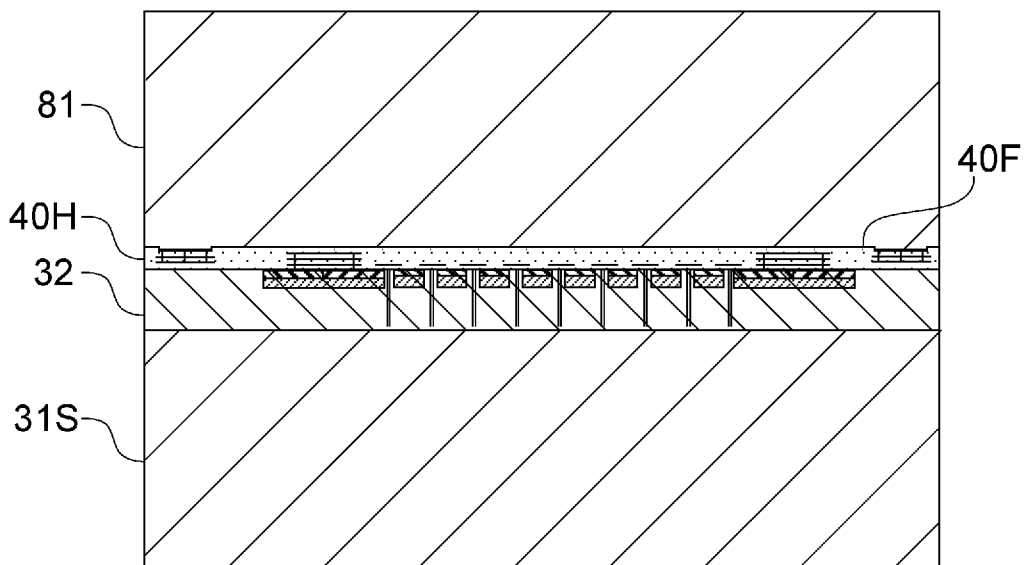


[図25]

(a)

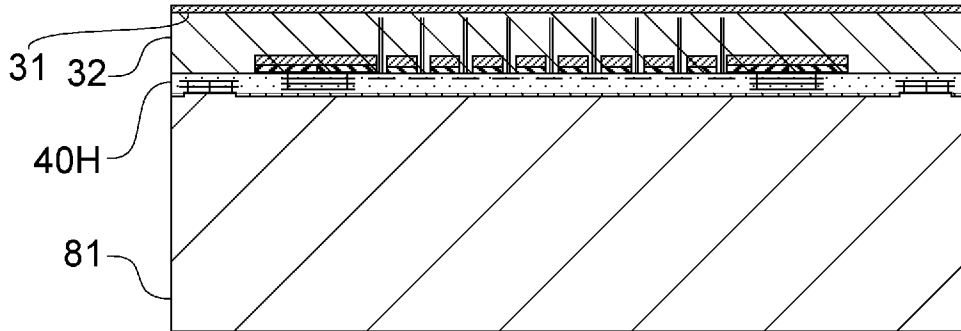


(b)

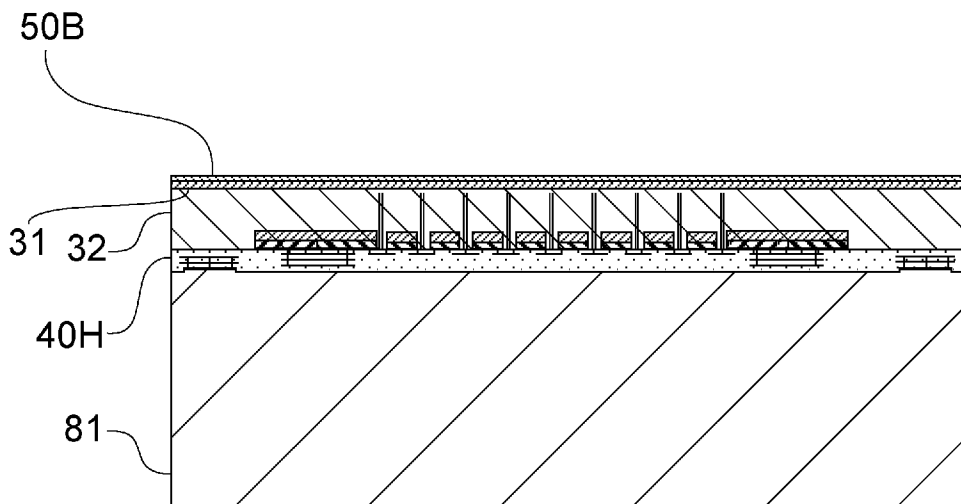


[図26]

(a)

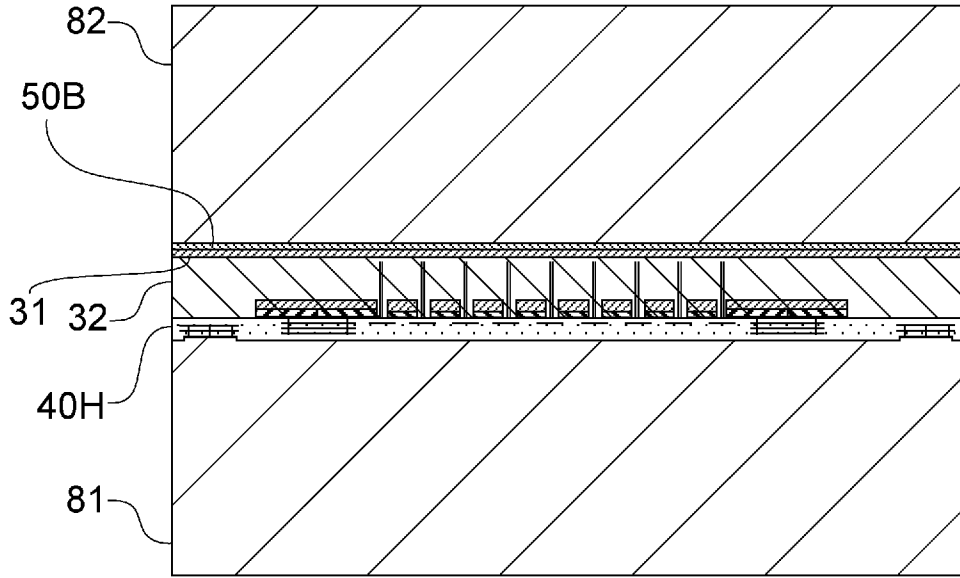


(b)

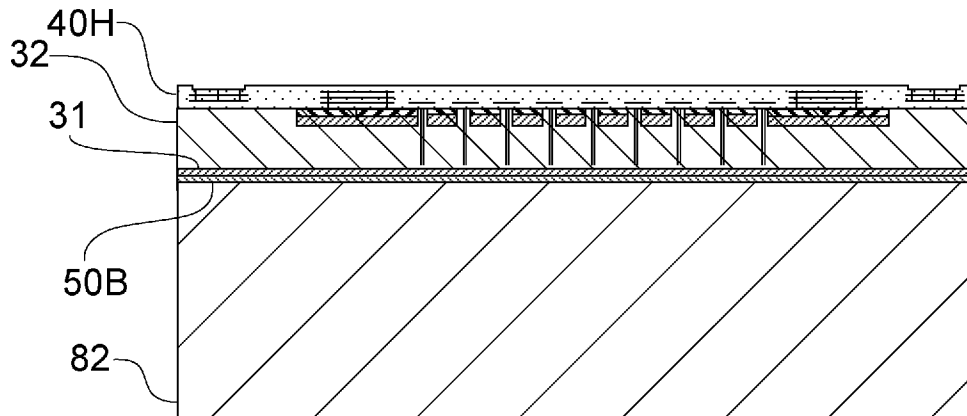


[図27]

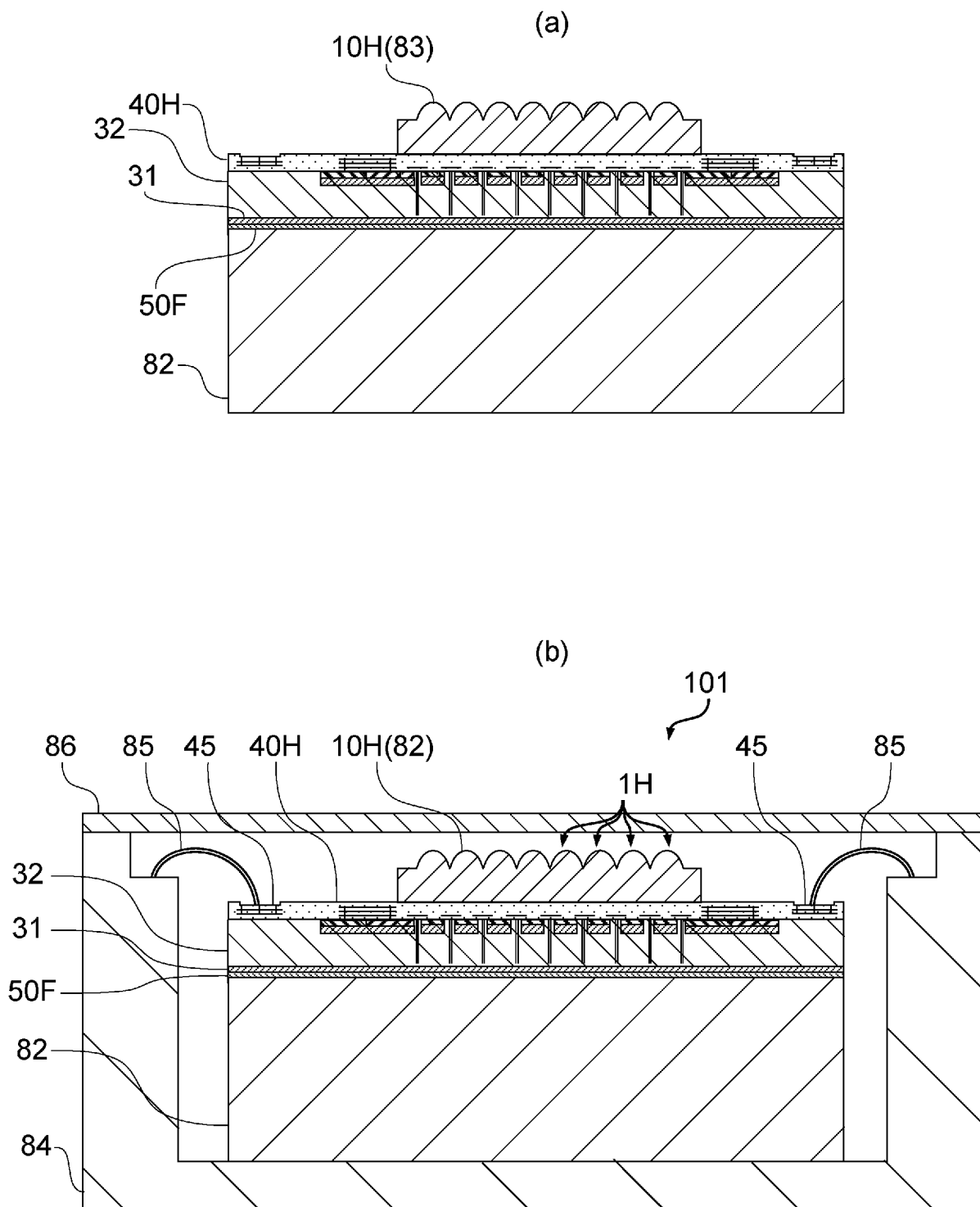
(a)



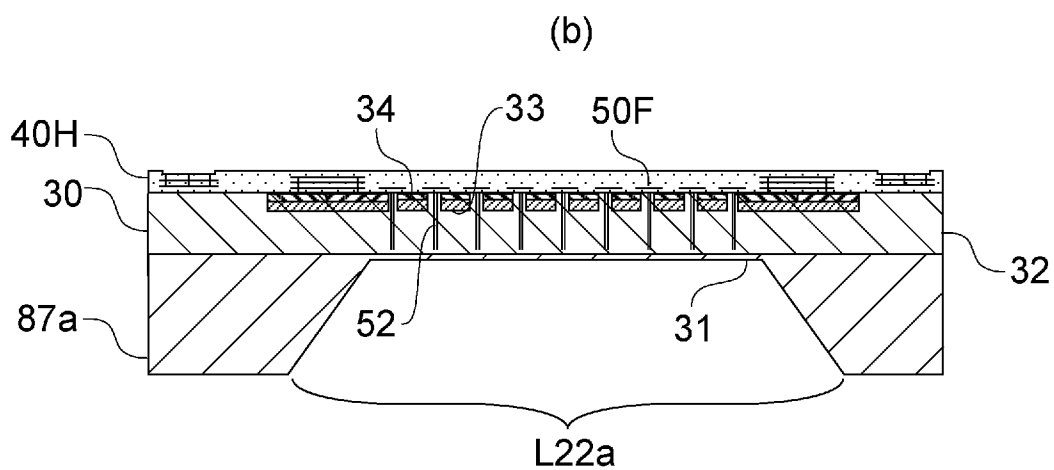
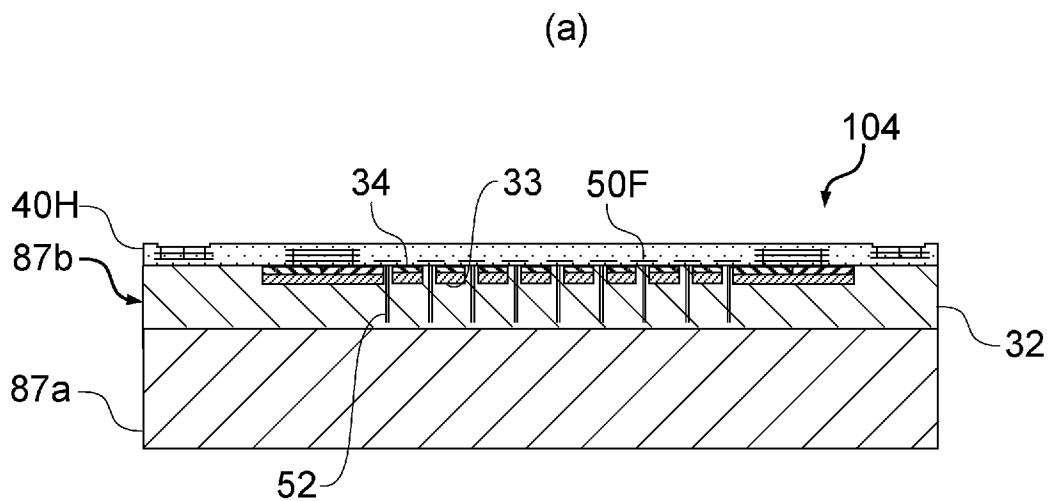
(b)



[図28]

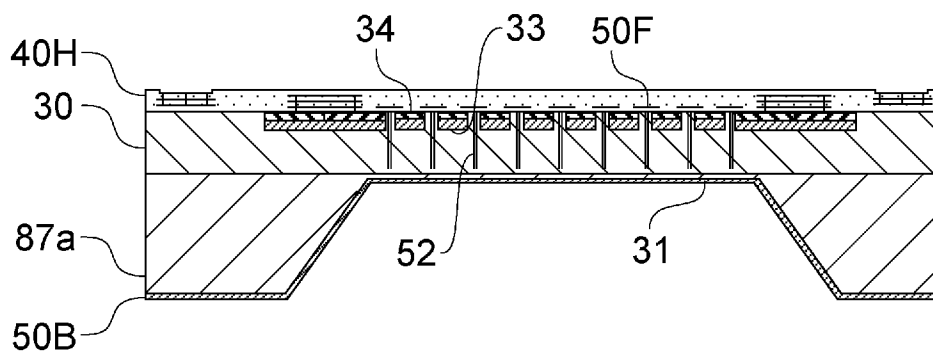


[図29]

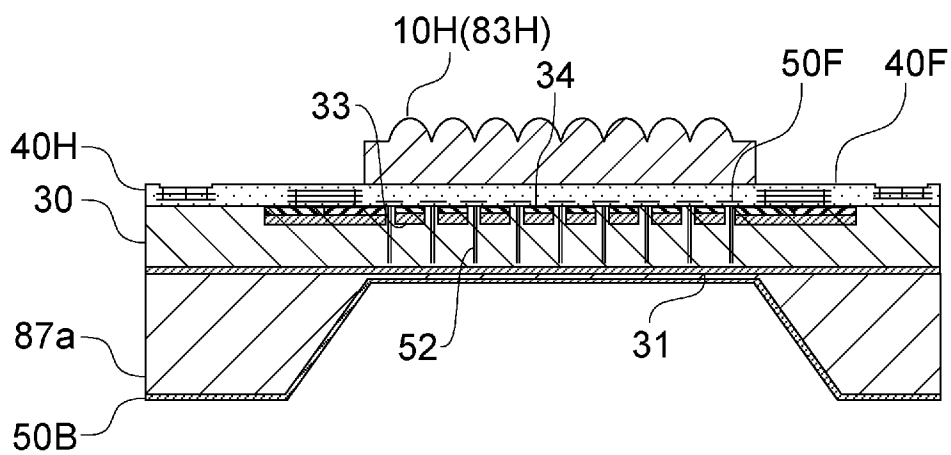


[図30]

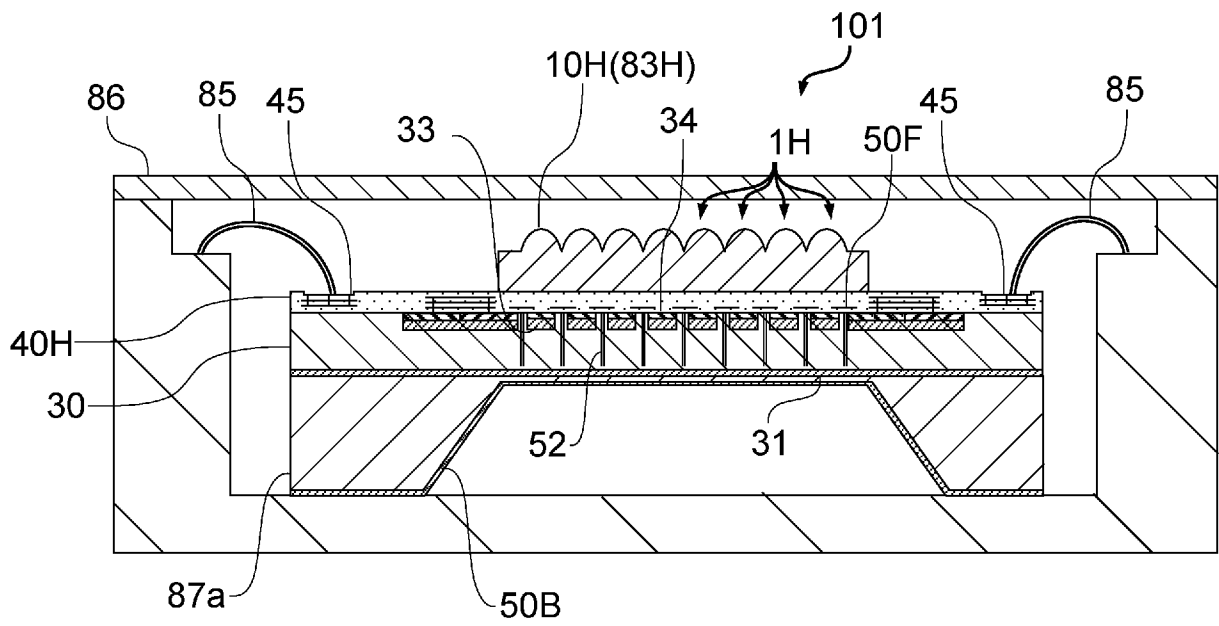
(a)



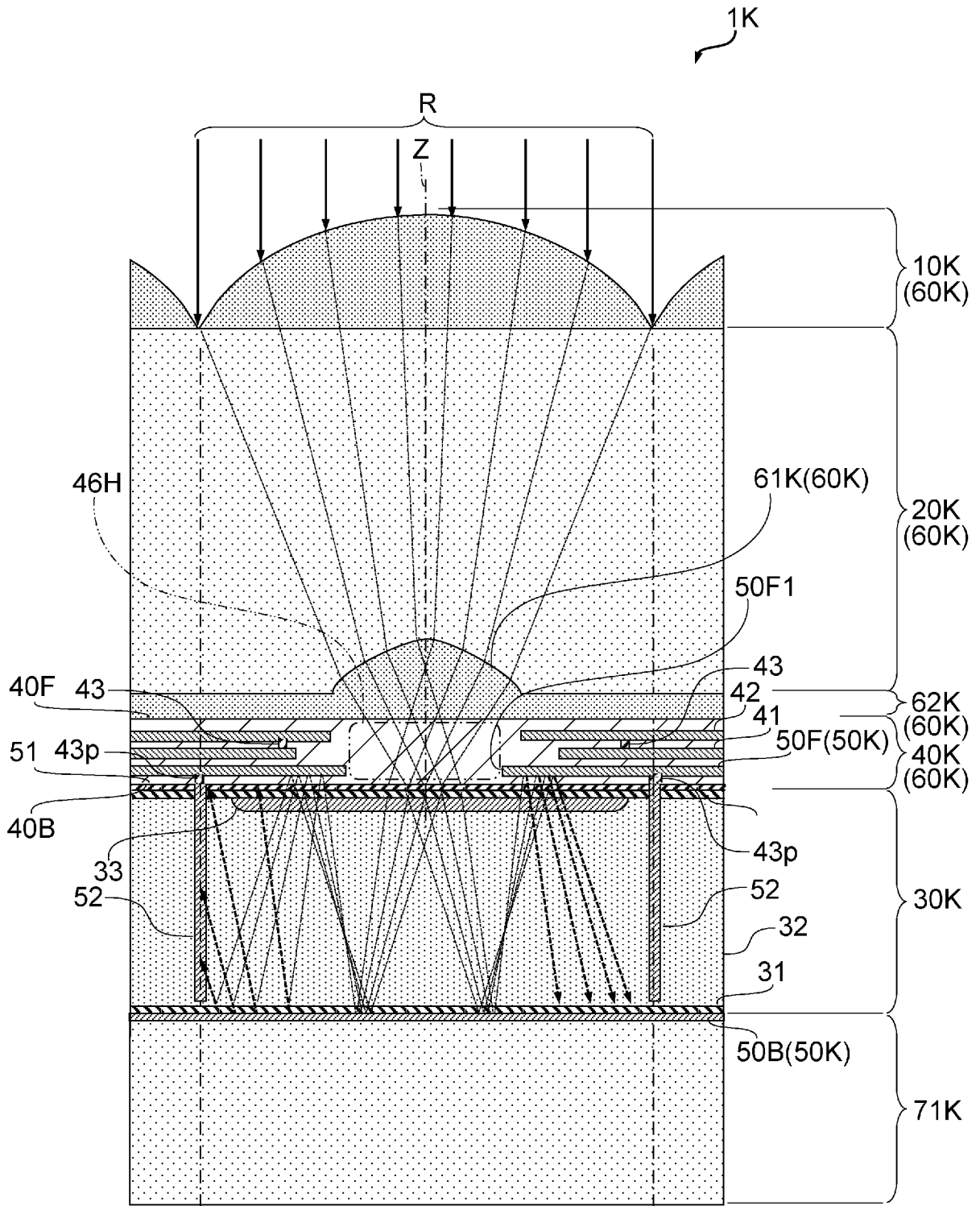
(b)



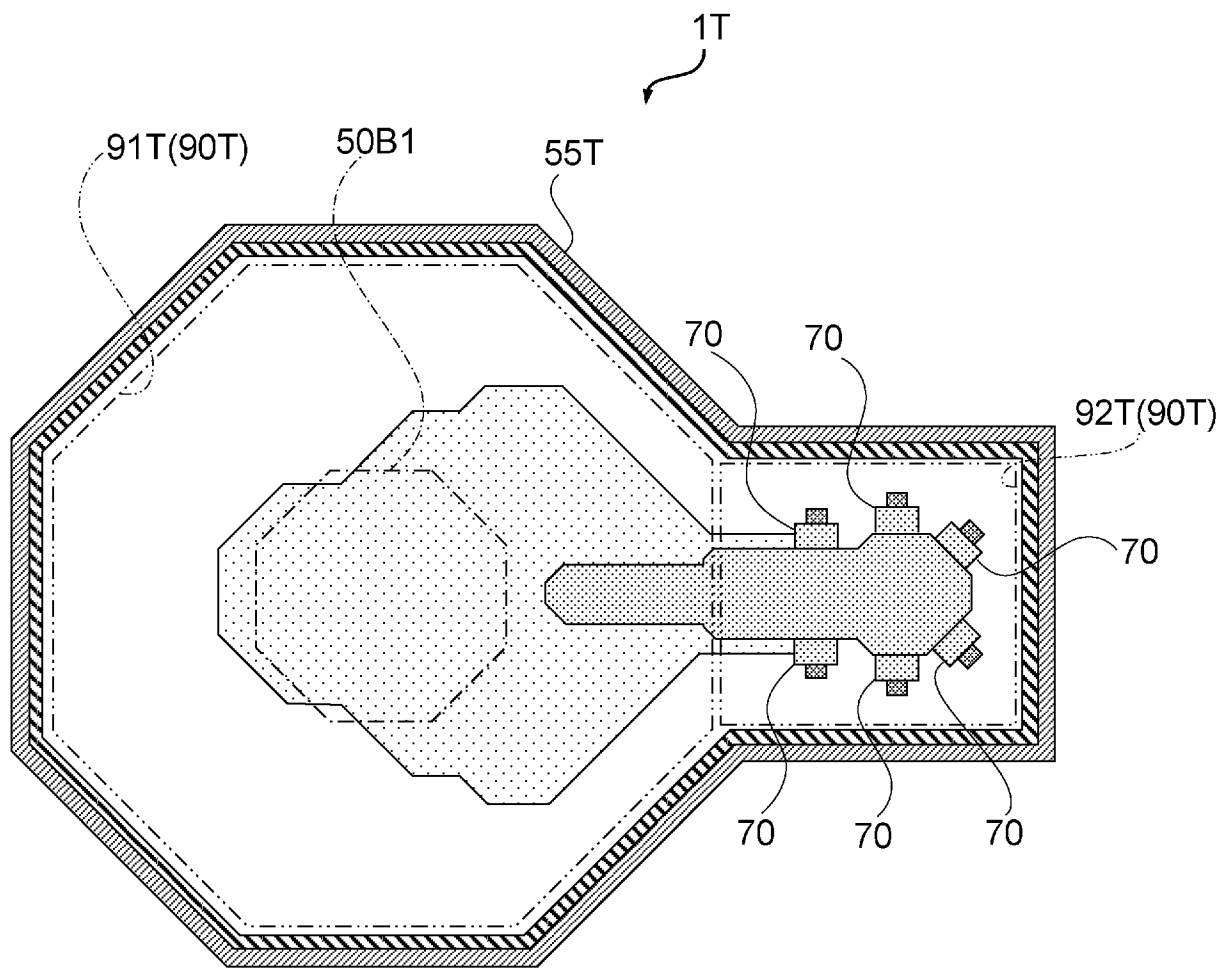
[図31]



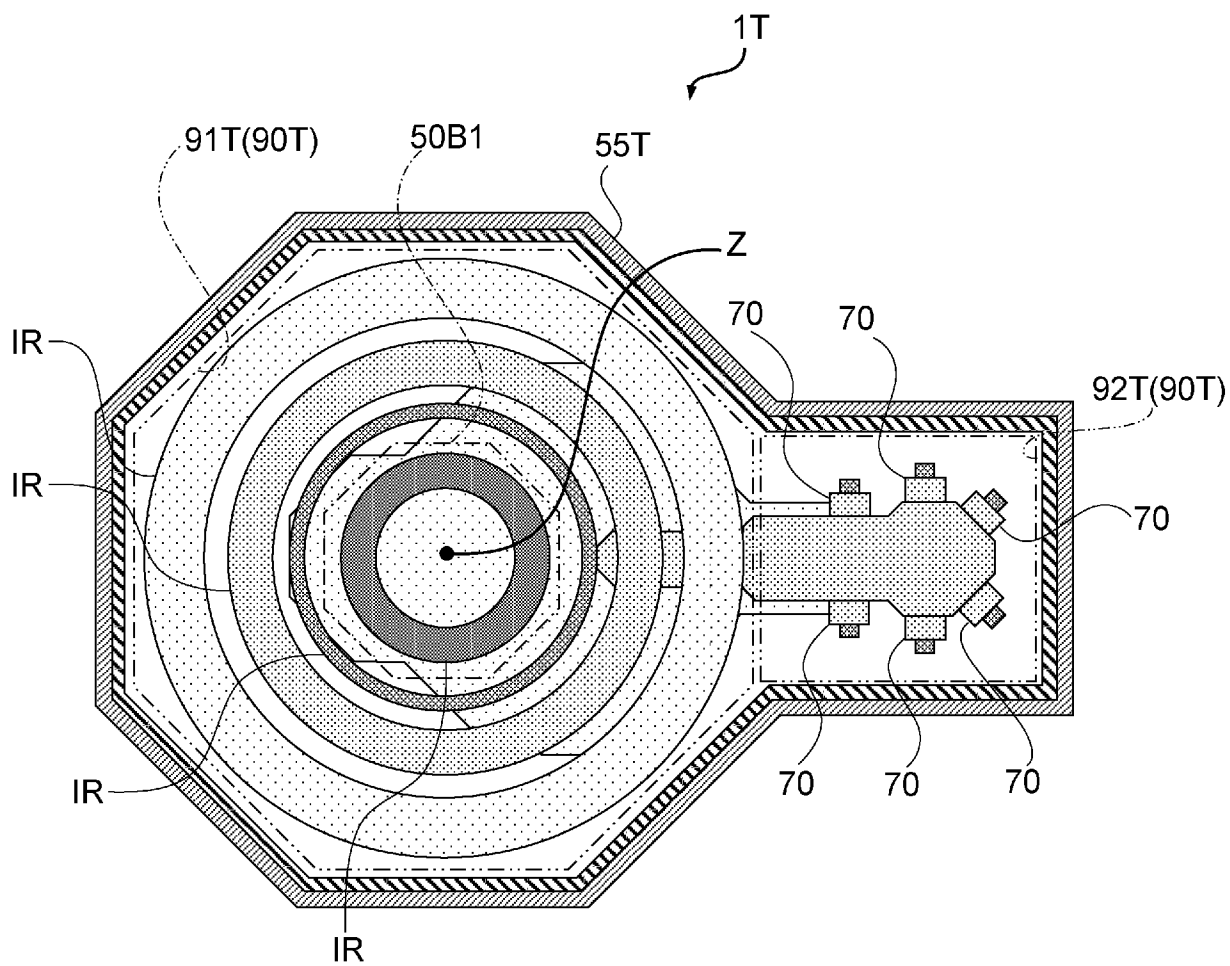
[図32]



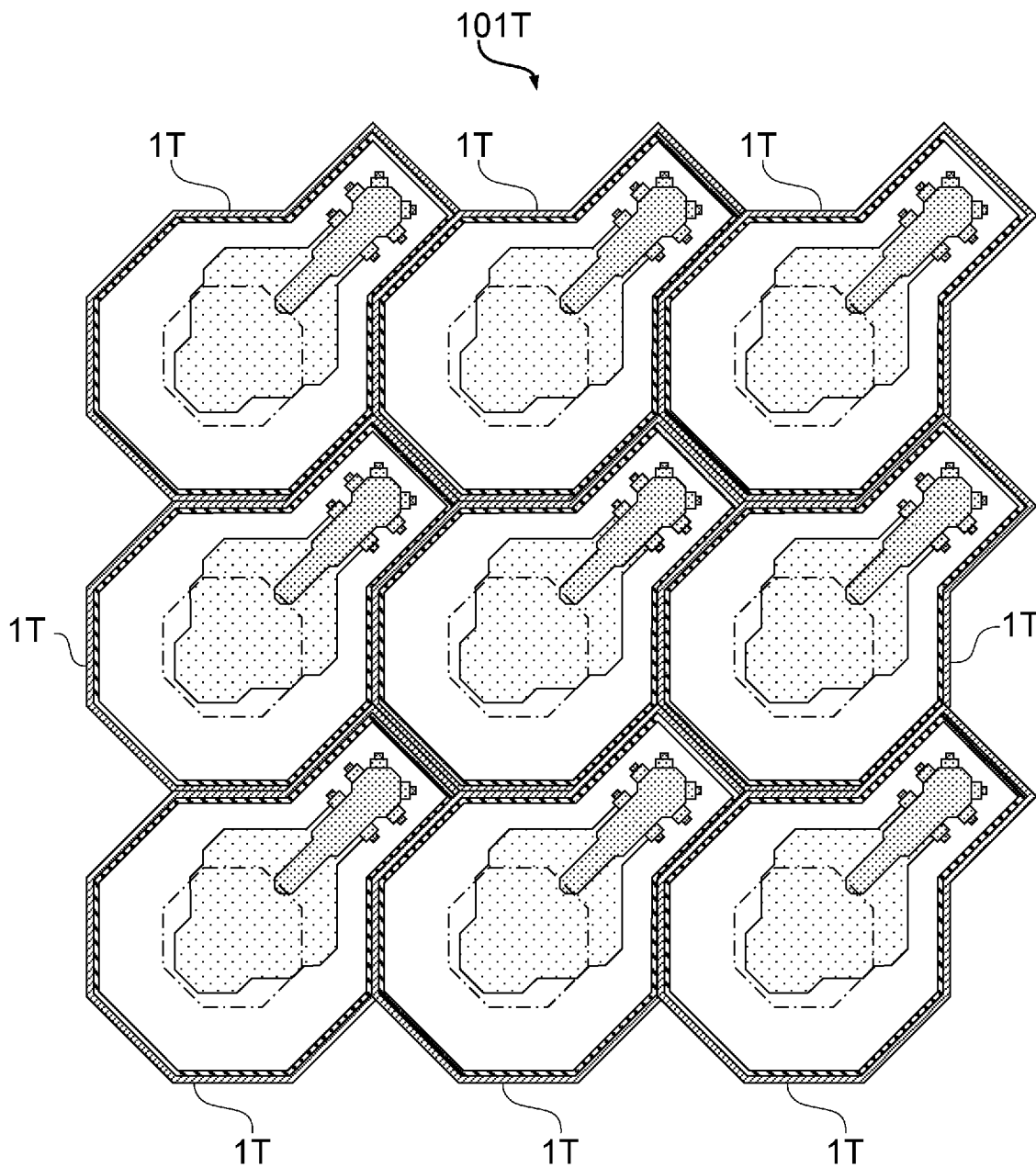
[図33]



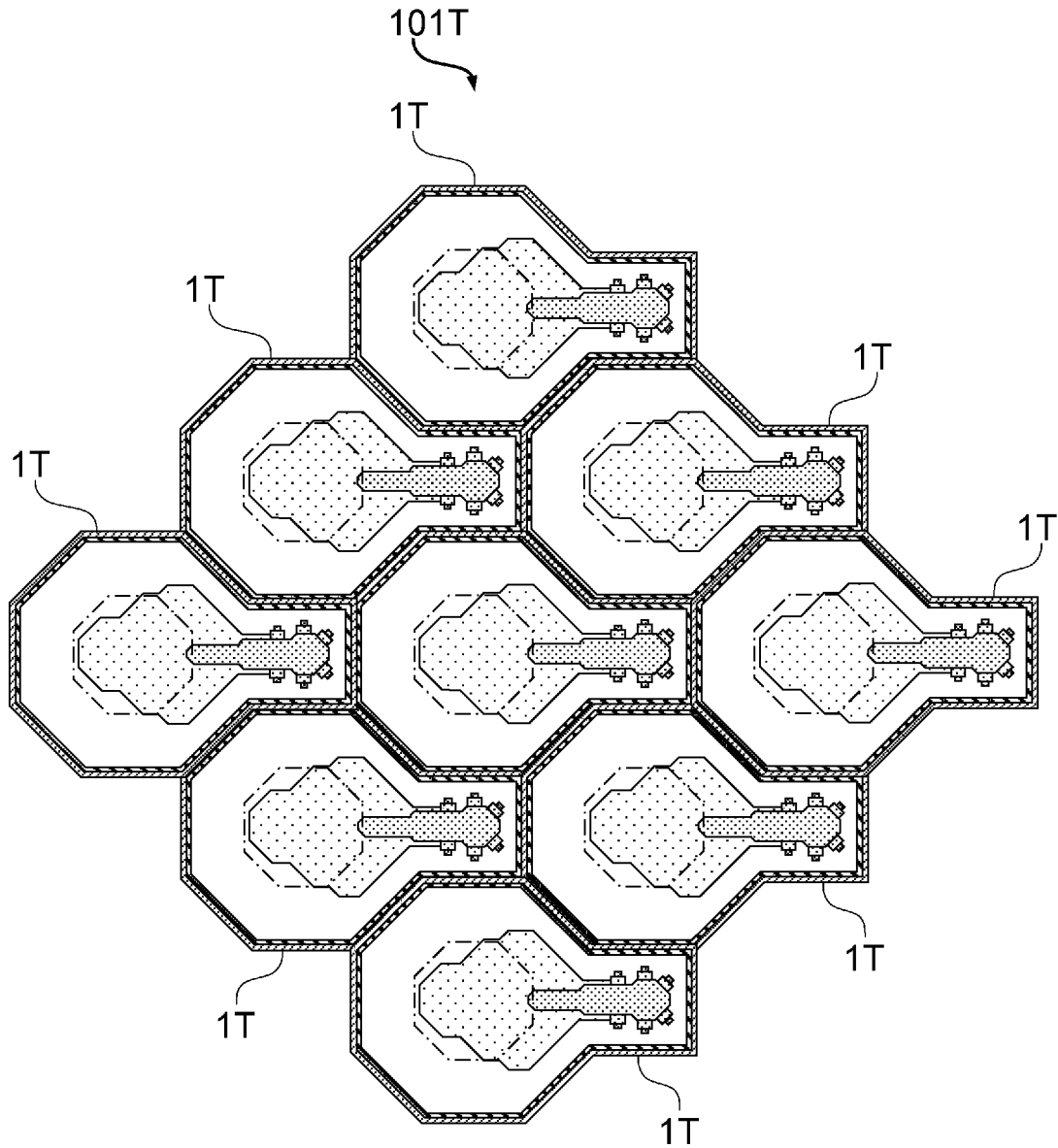
[図34]



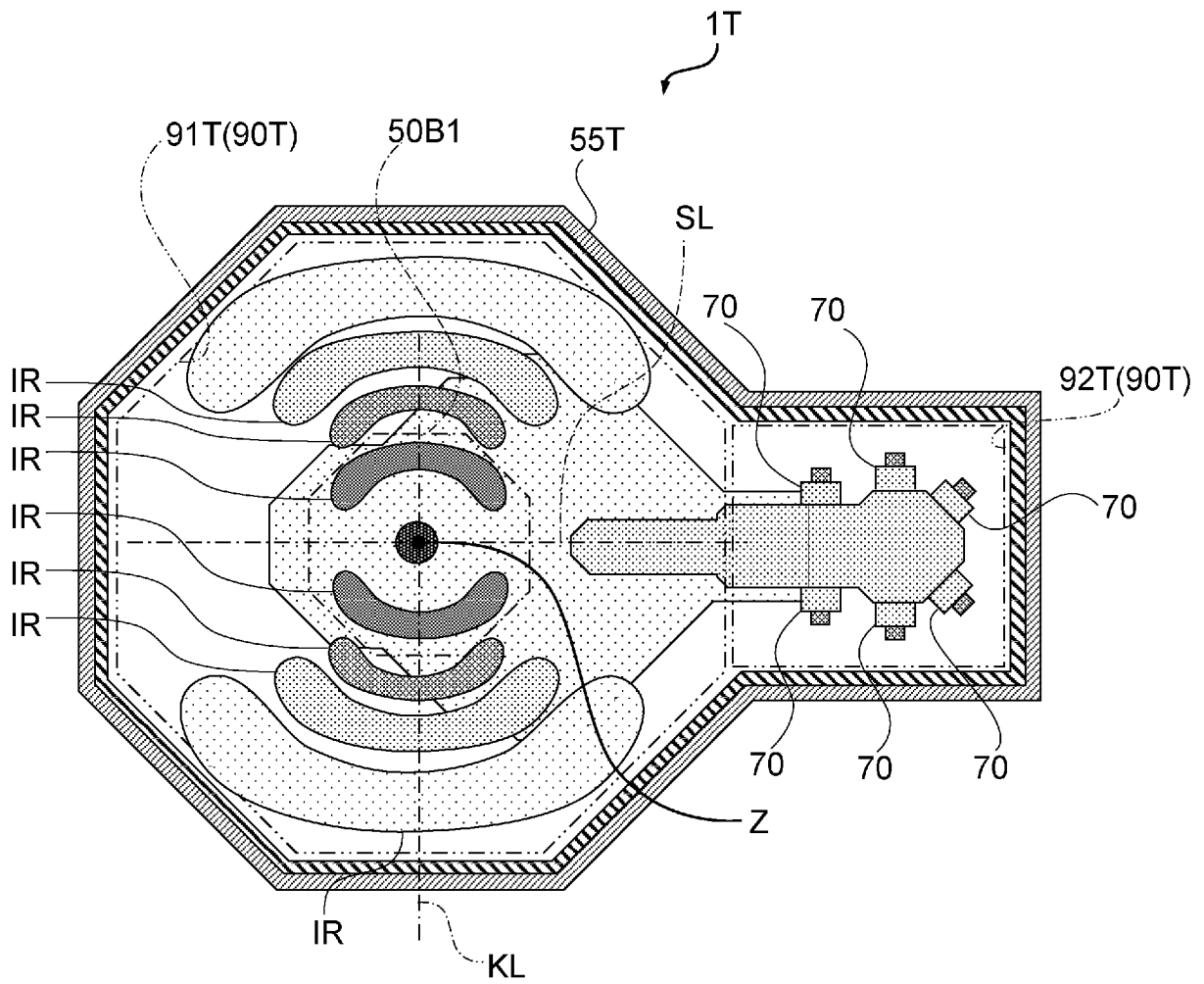
[図35]



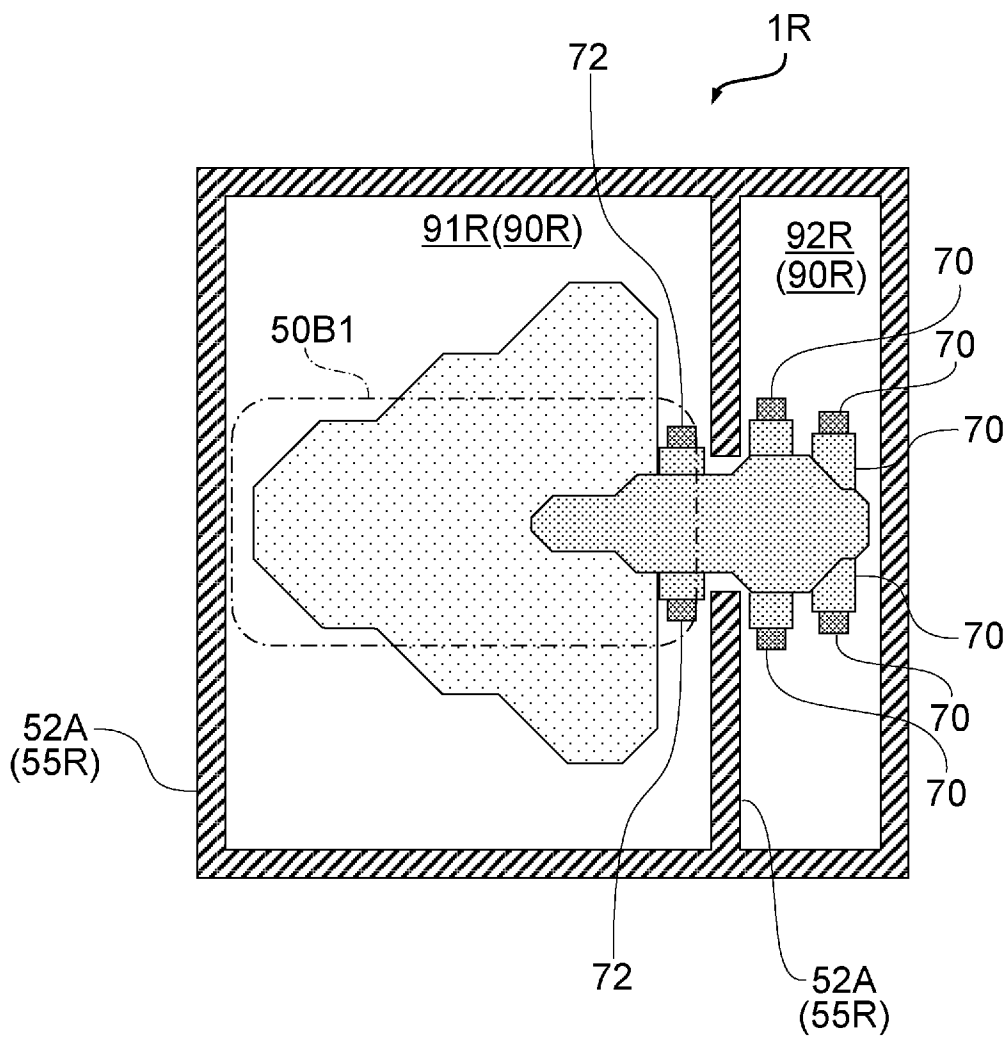
[図36]



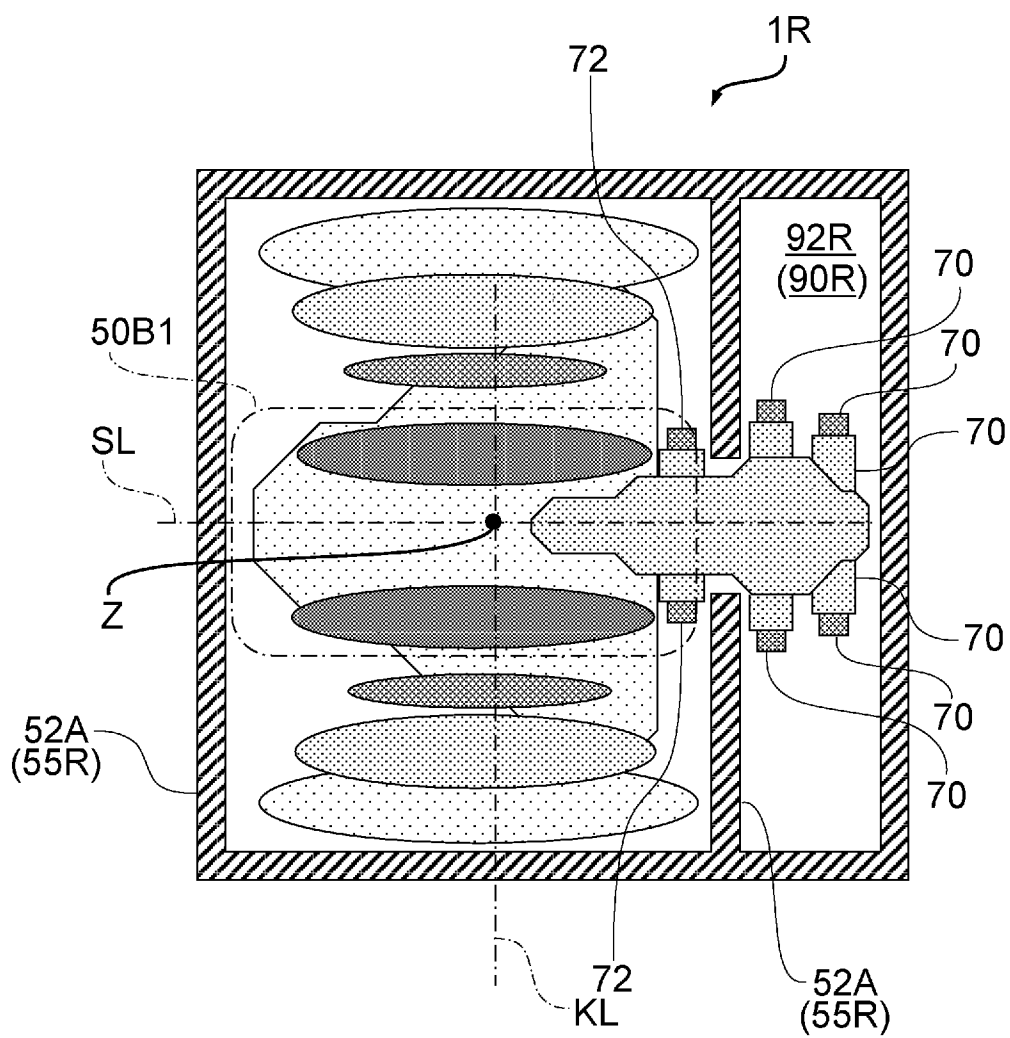
[図37]



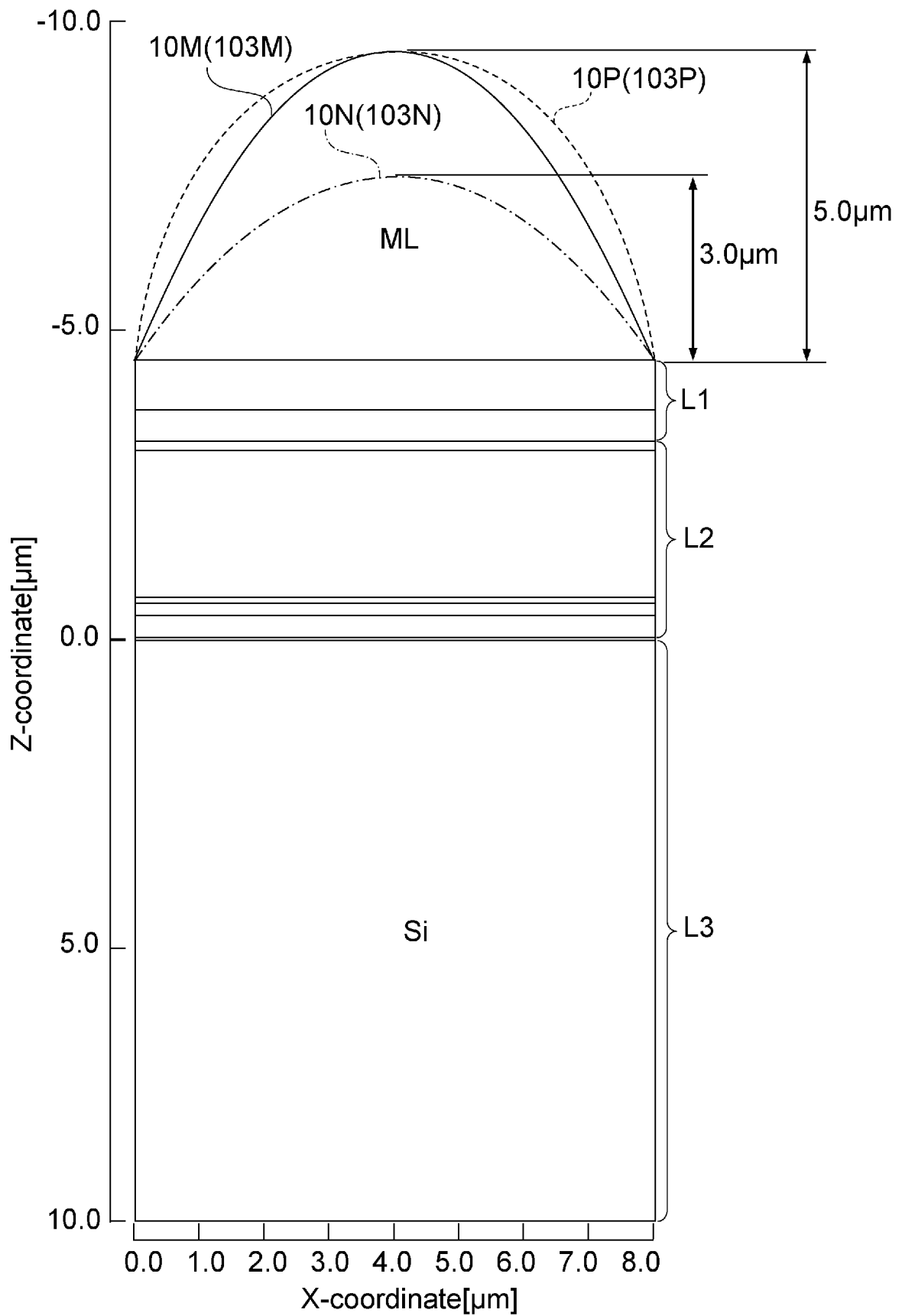
[図38]



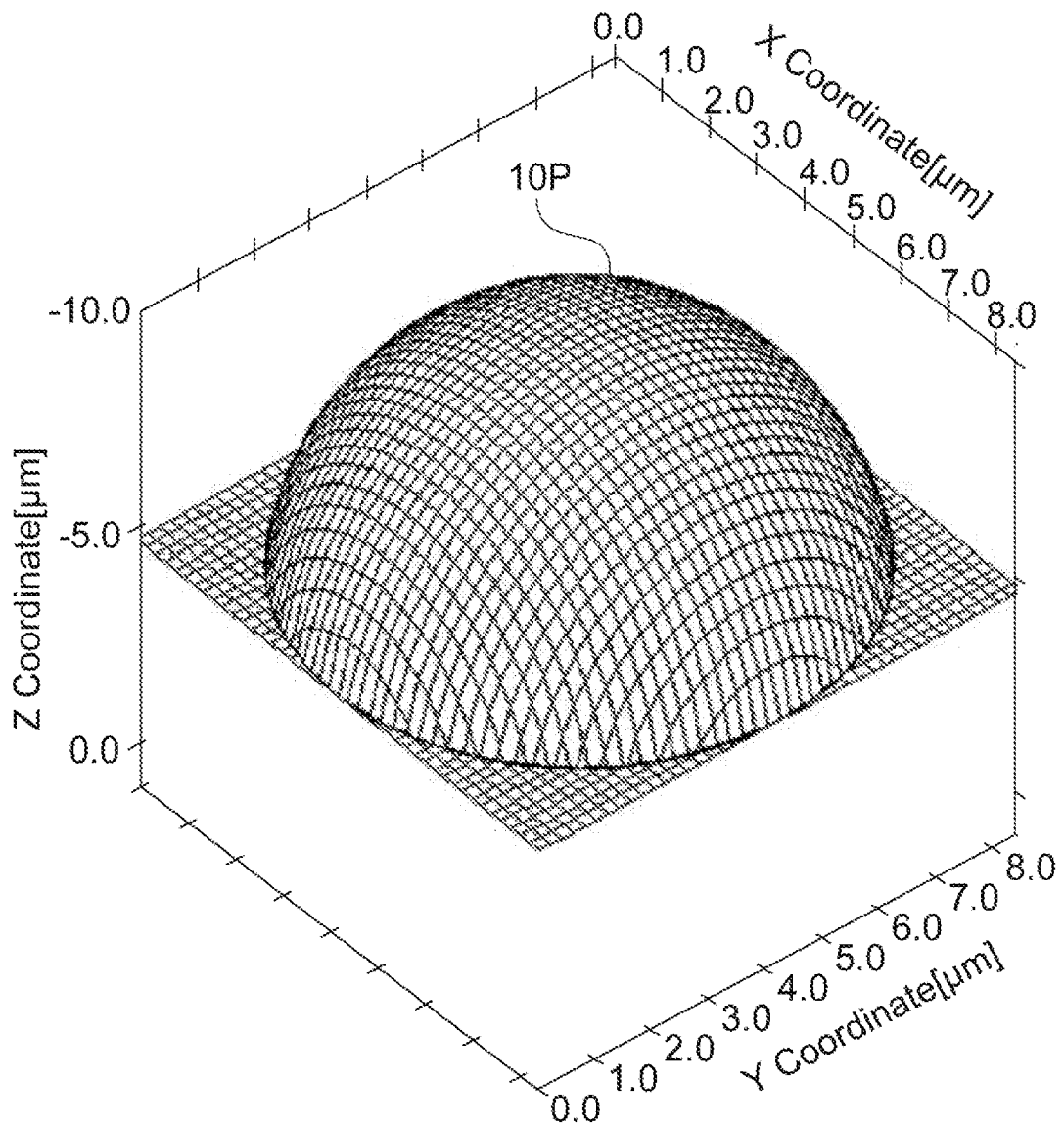
[図39]



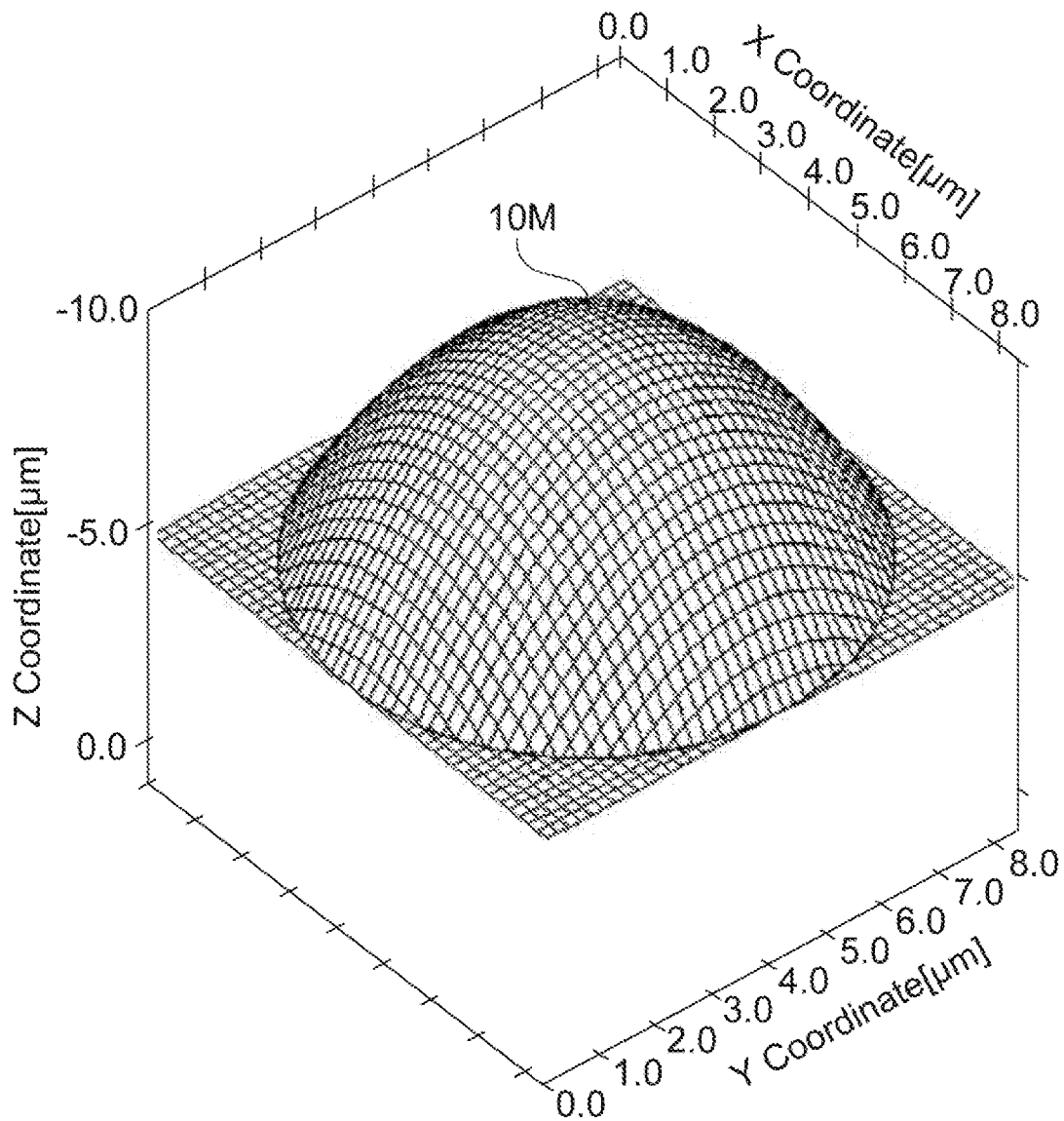
[図40]



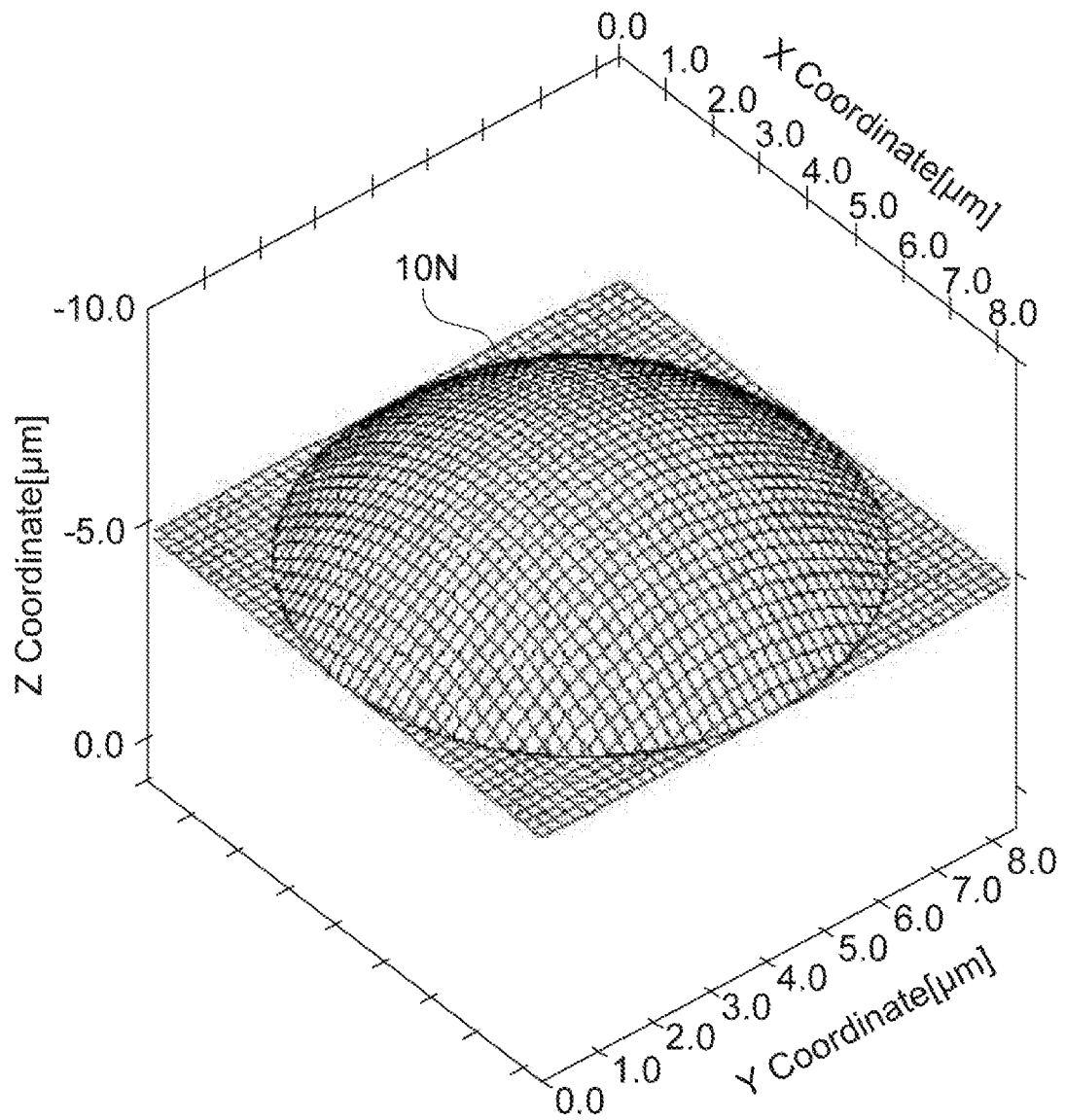
[図41]



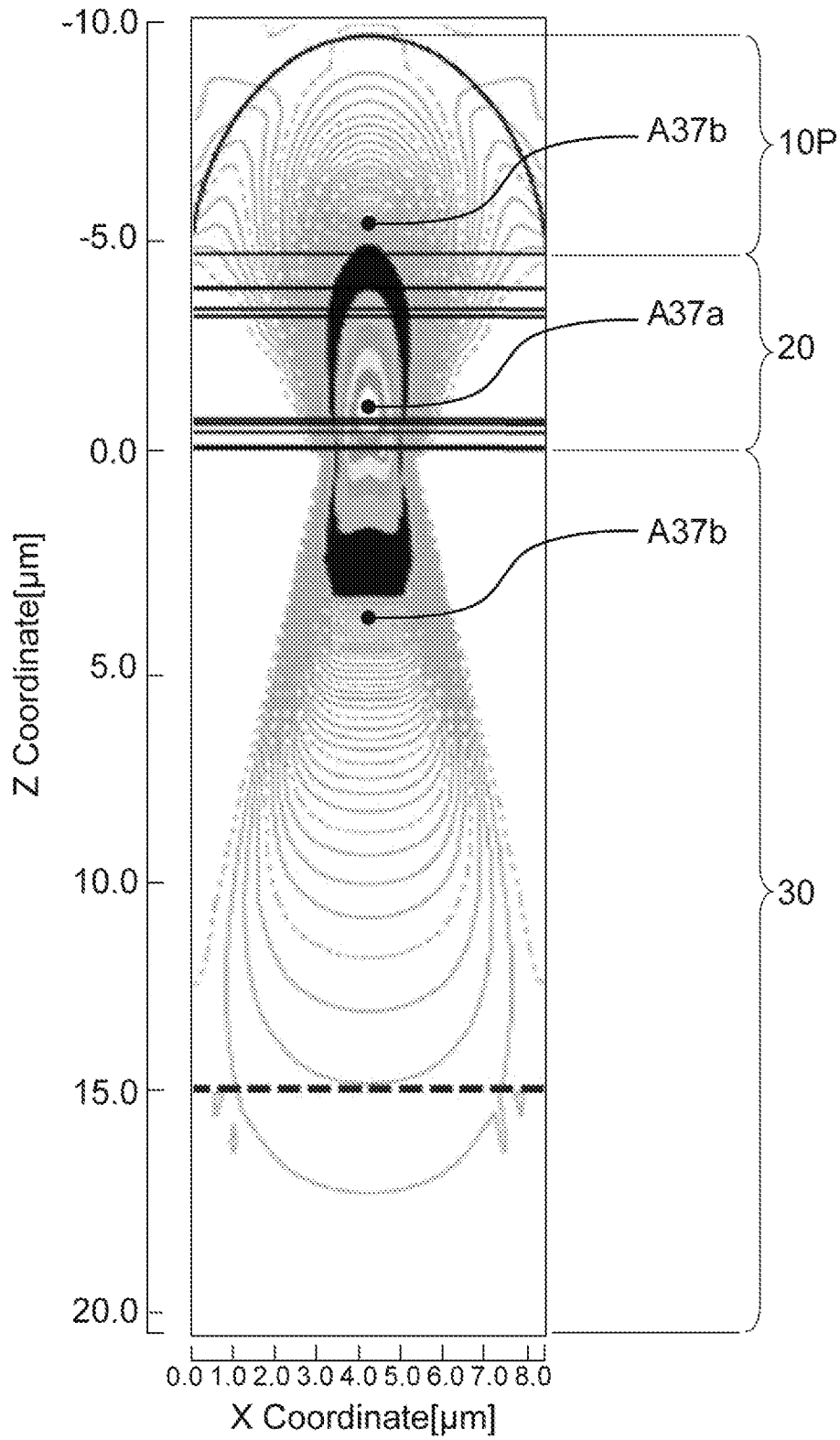
[図42]



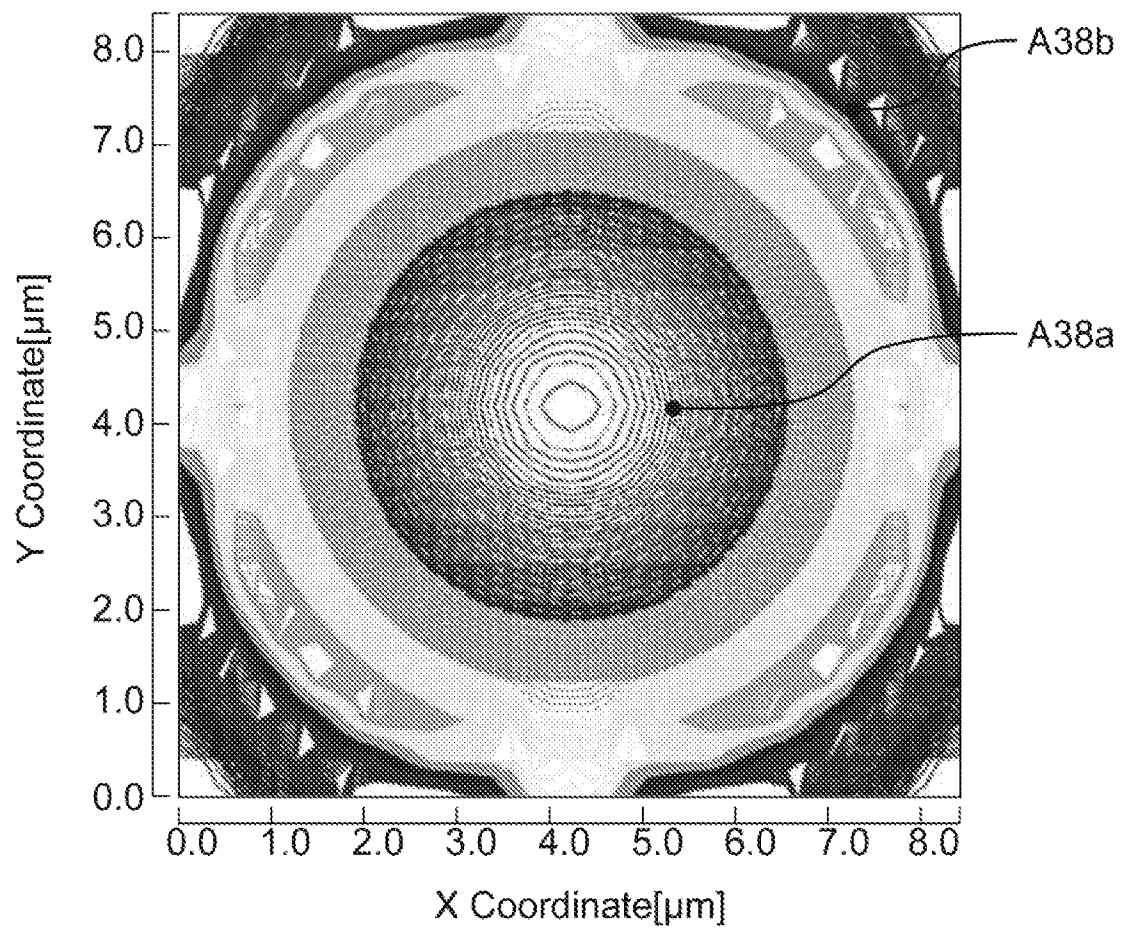
[図43]



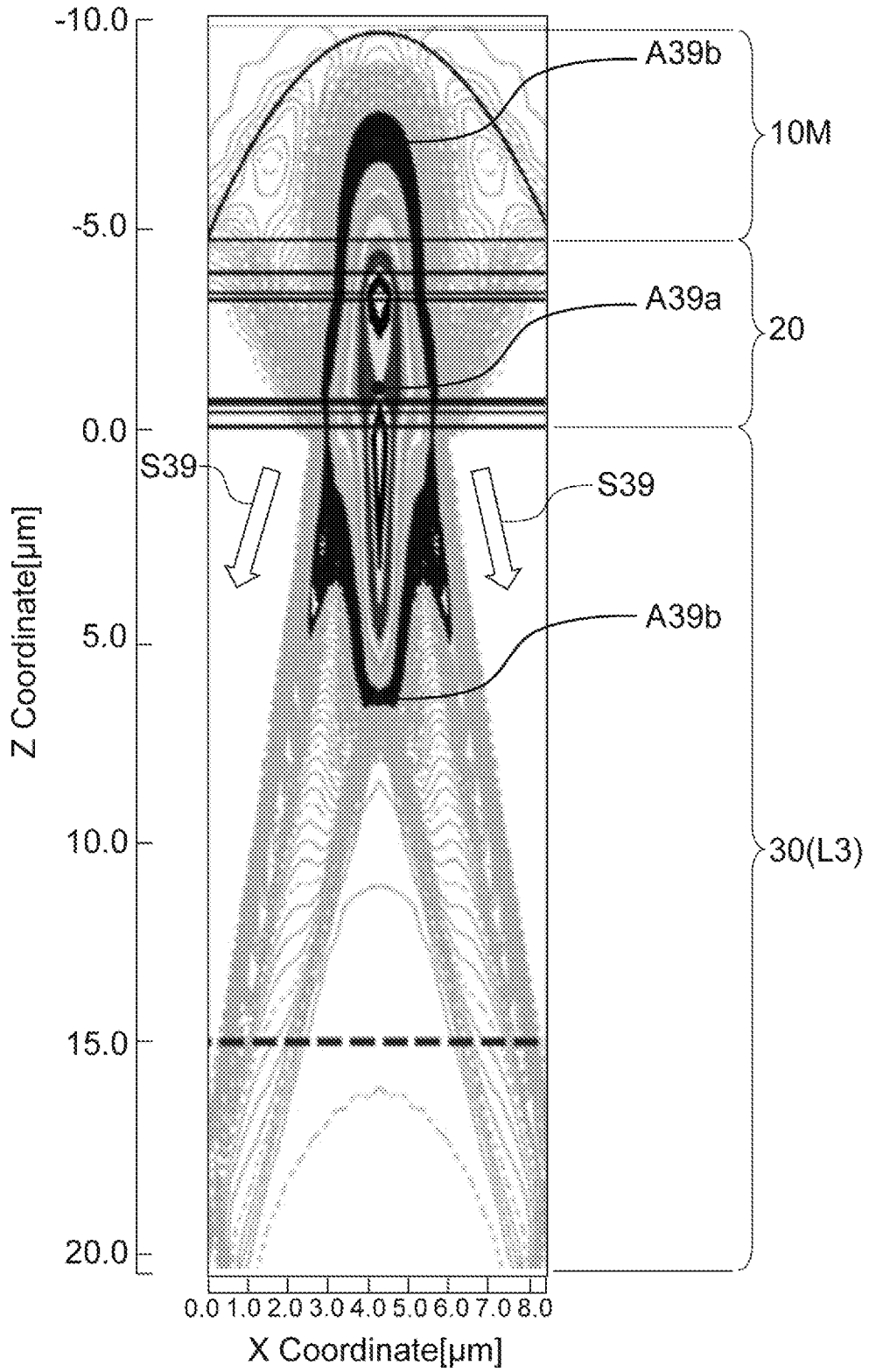
[図44]



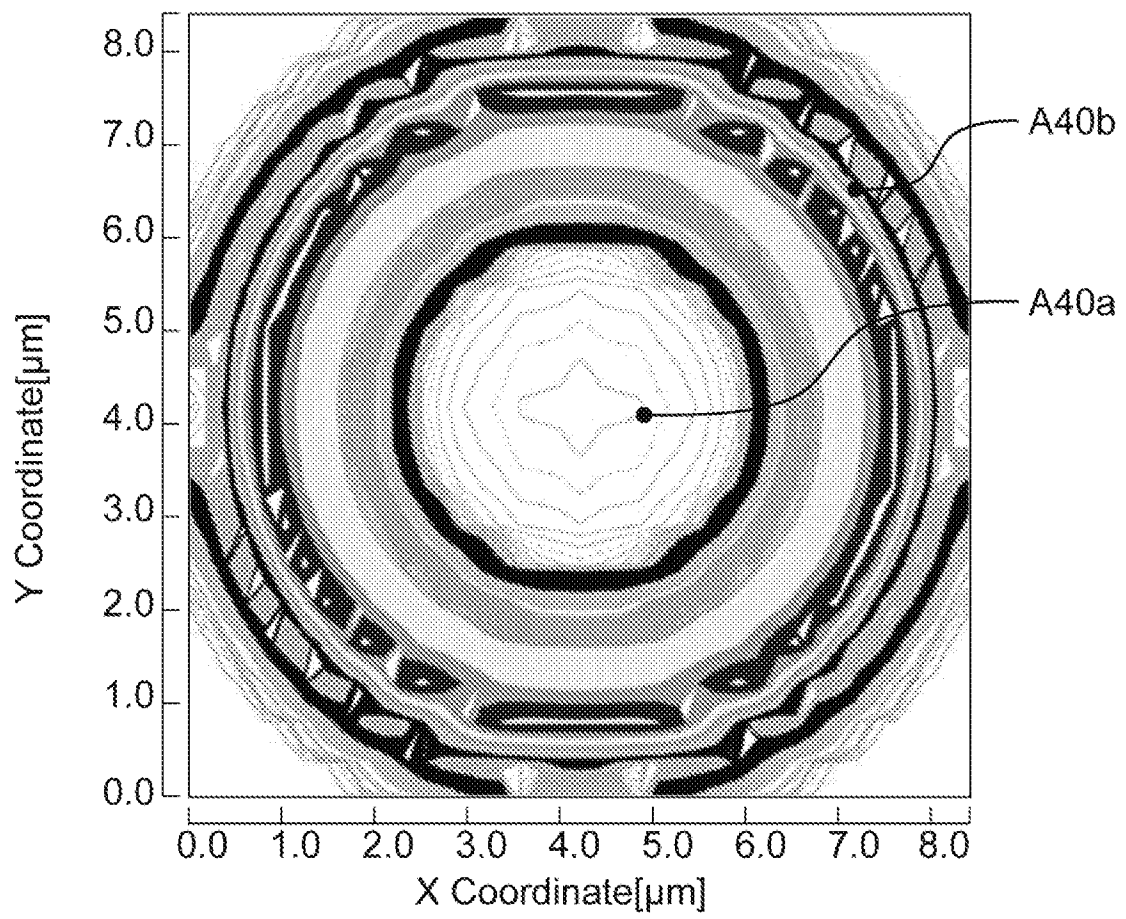
[図45]



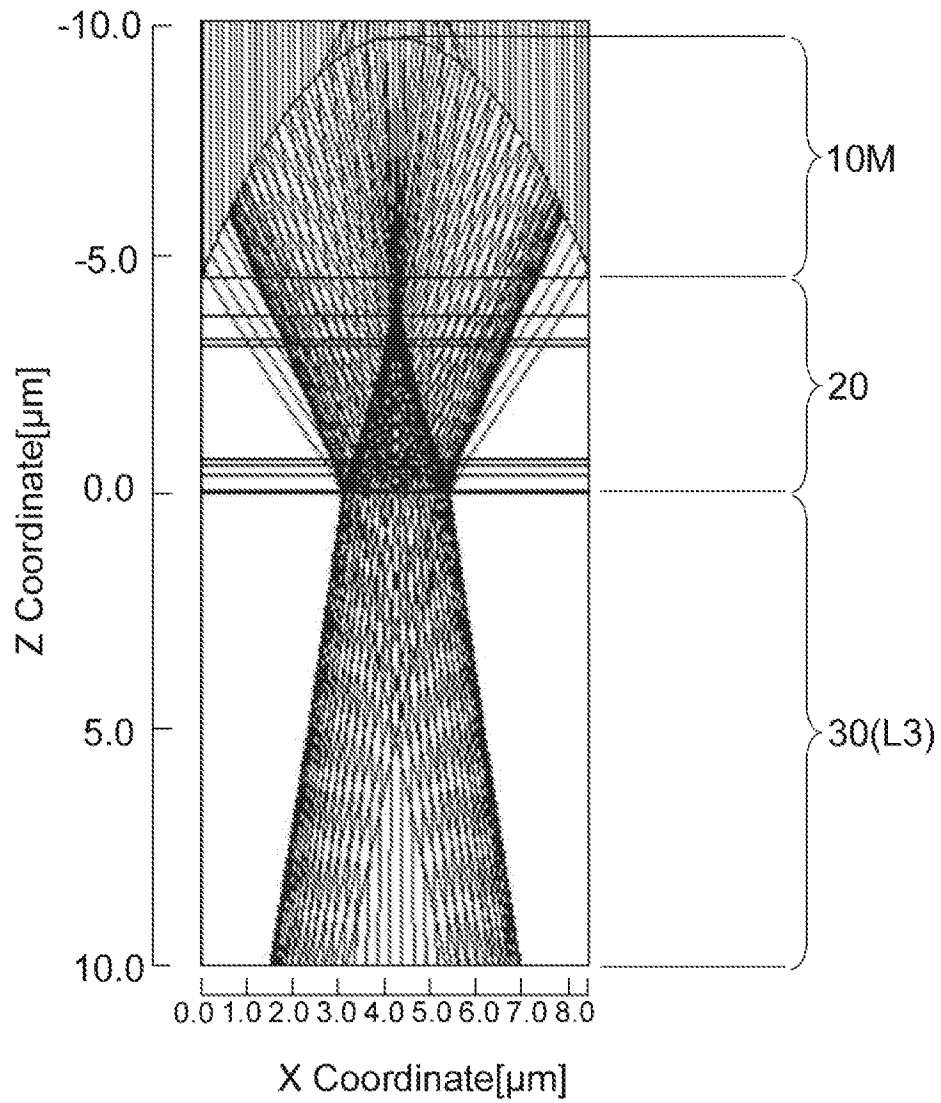
[図46]



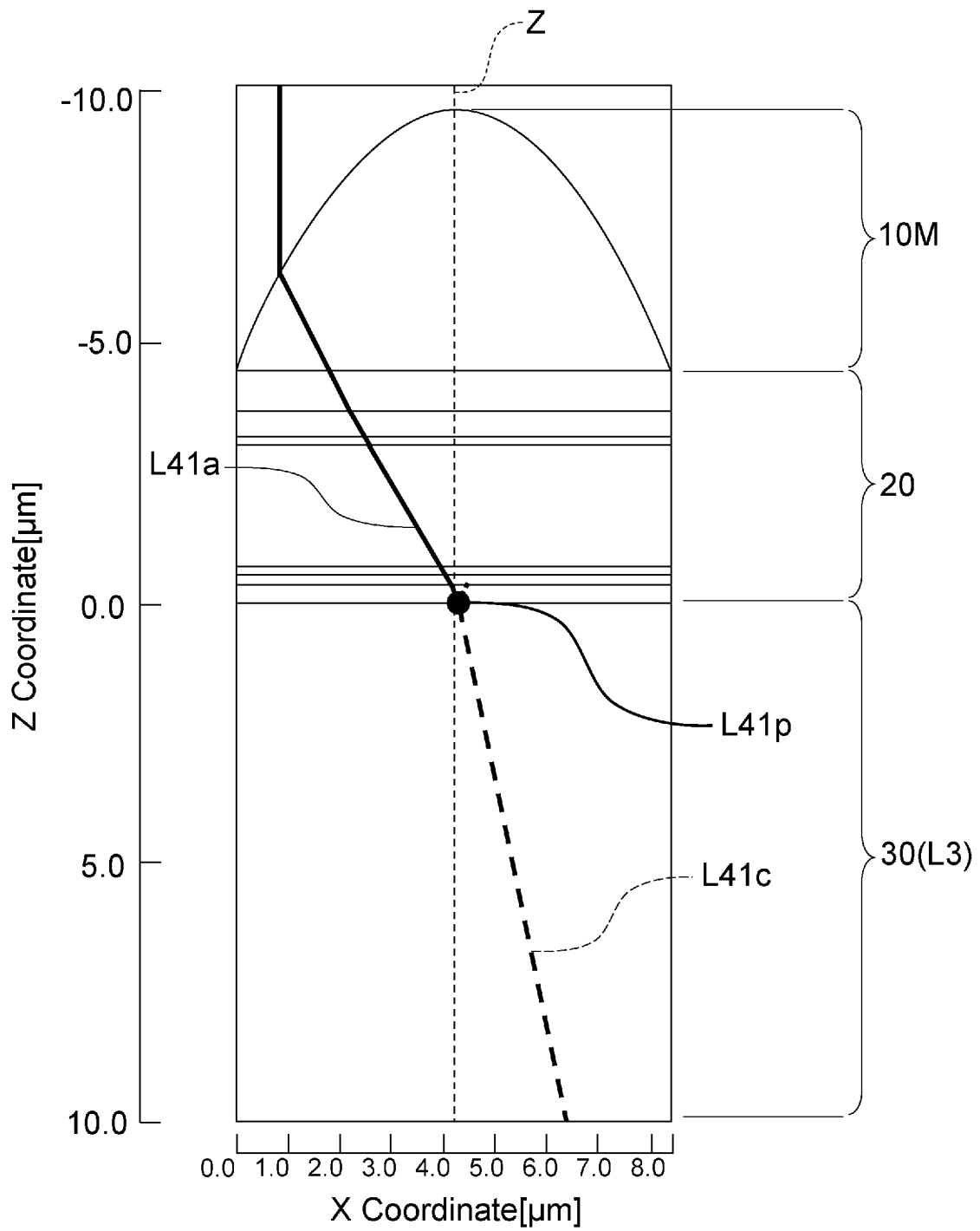
[図47]



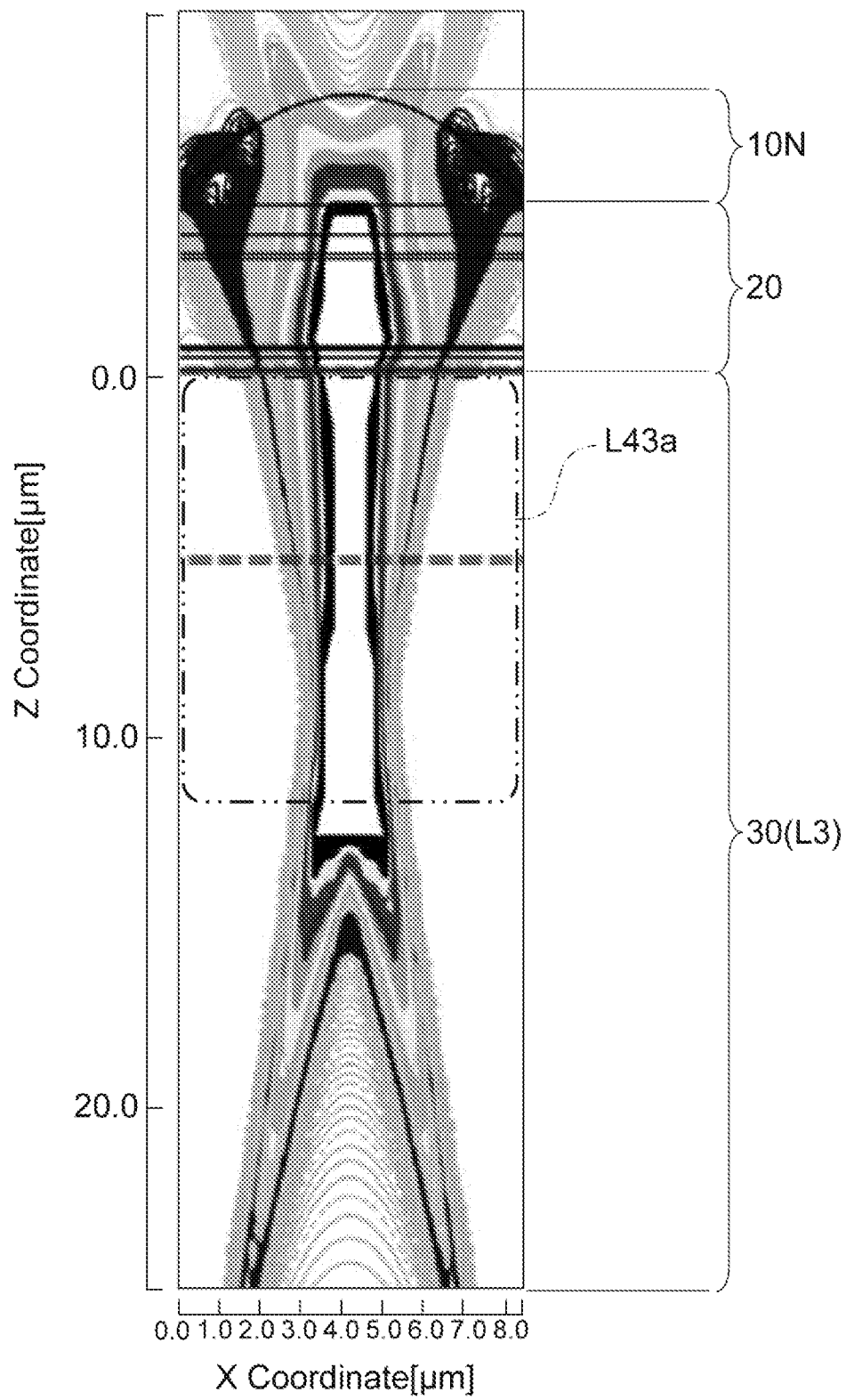
[図48]



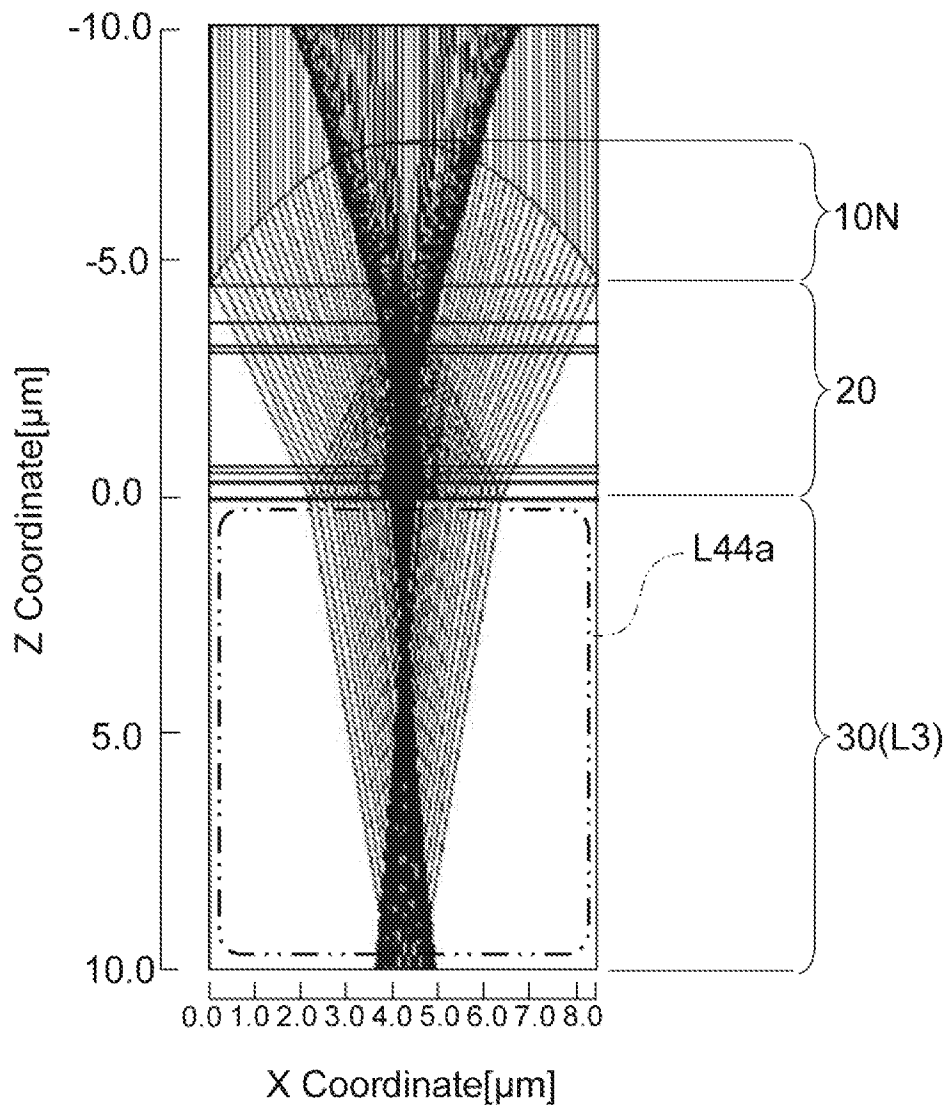
[図49]



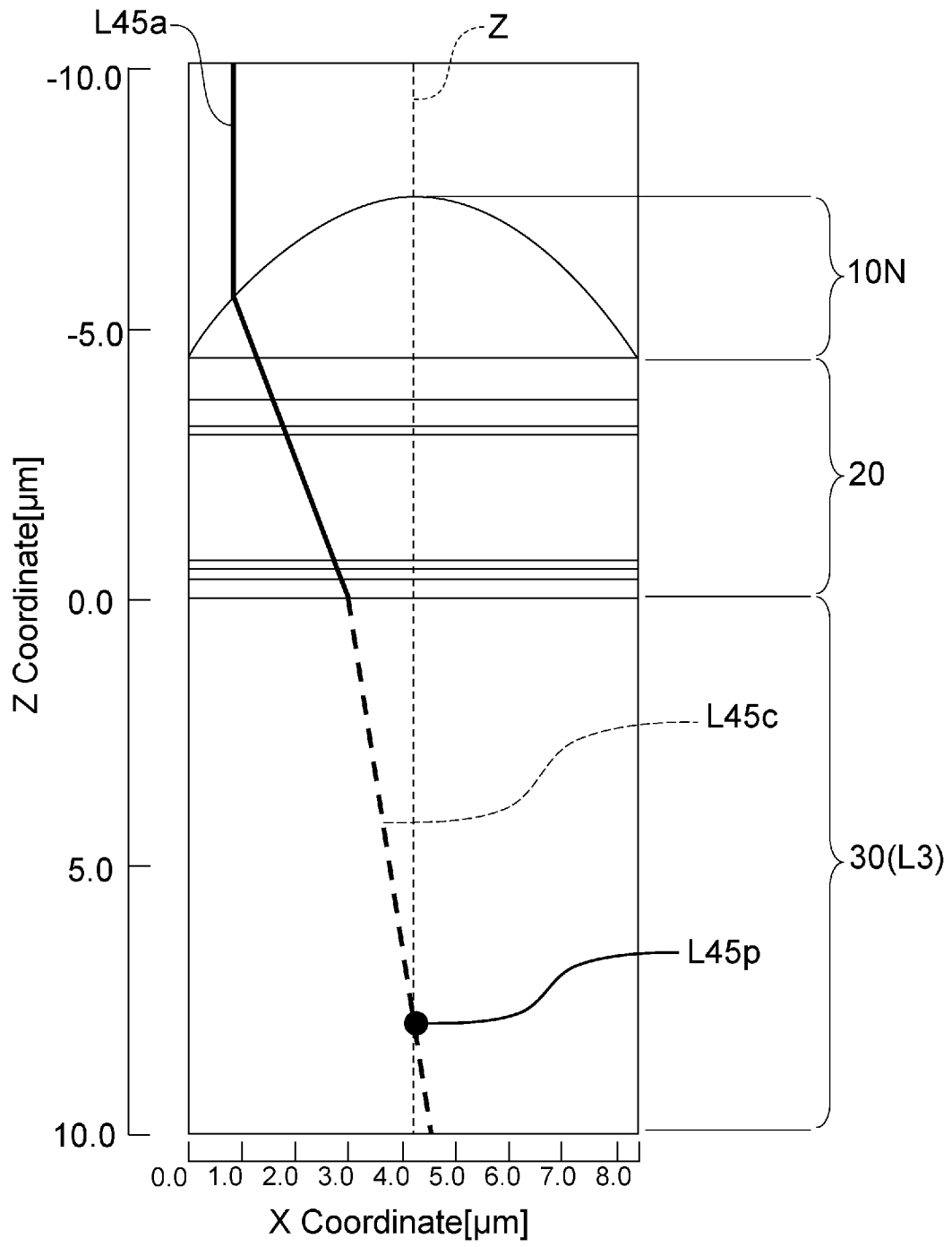
[図50]



[図51]

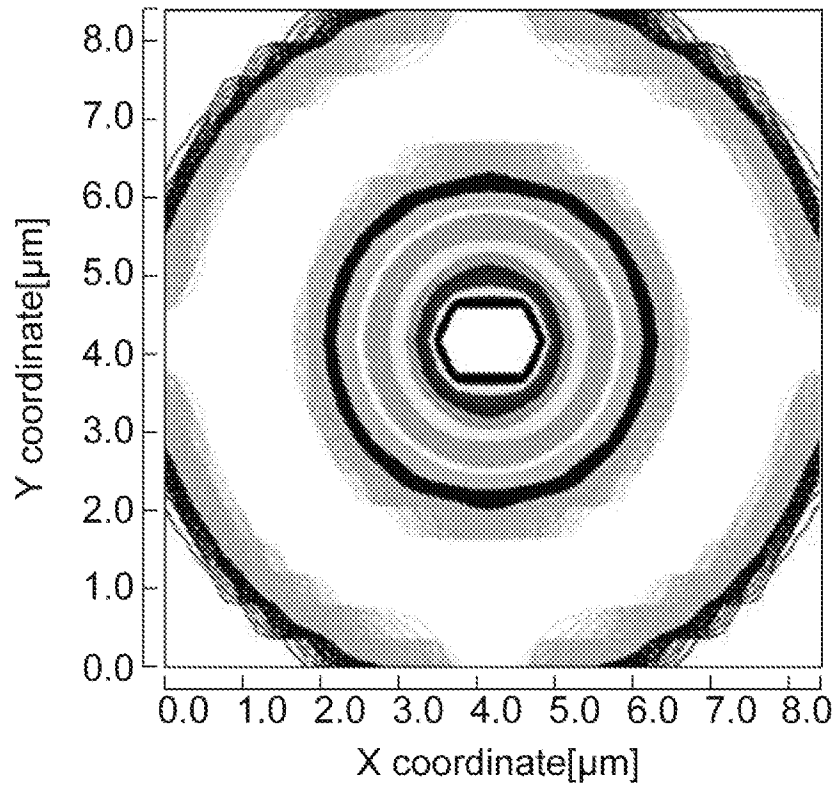


[図52]

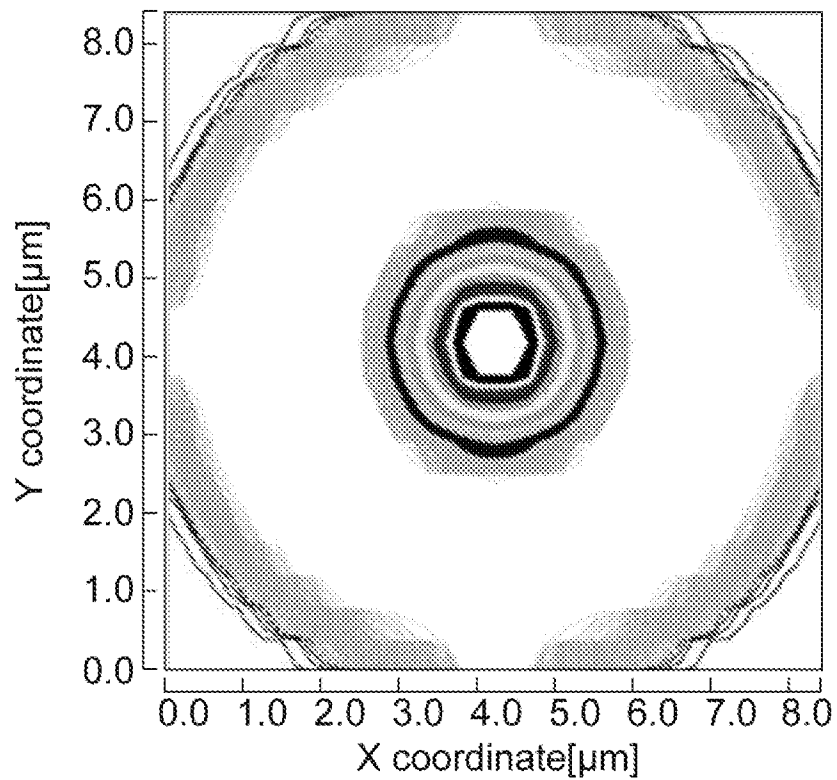


[図53]

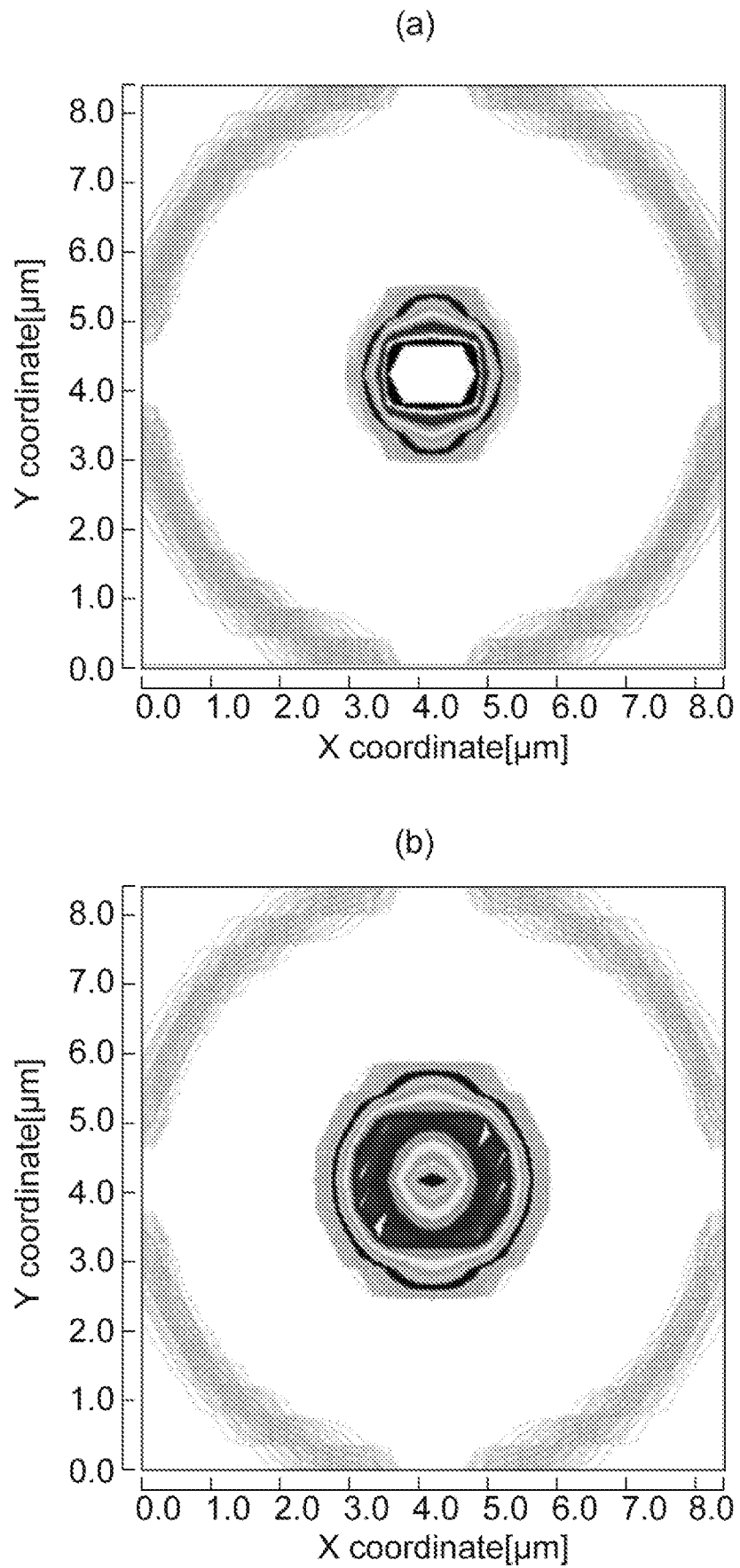
(a)



(b)

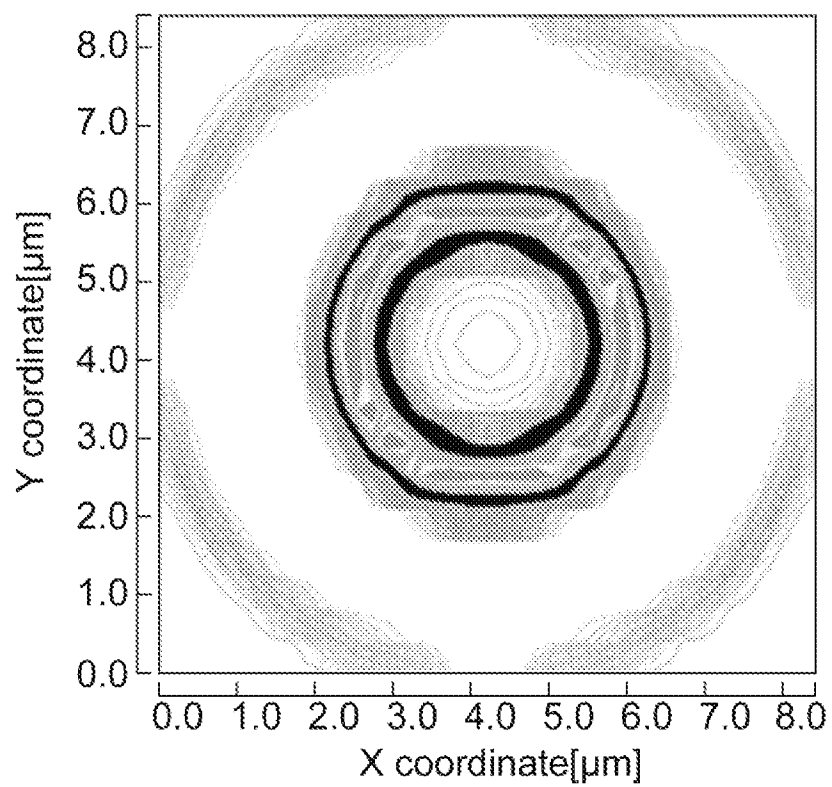


[図54]

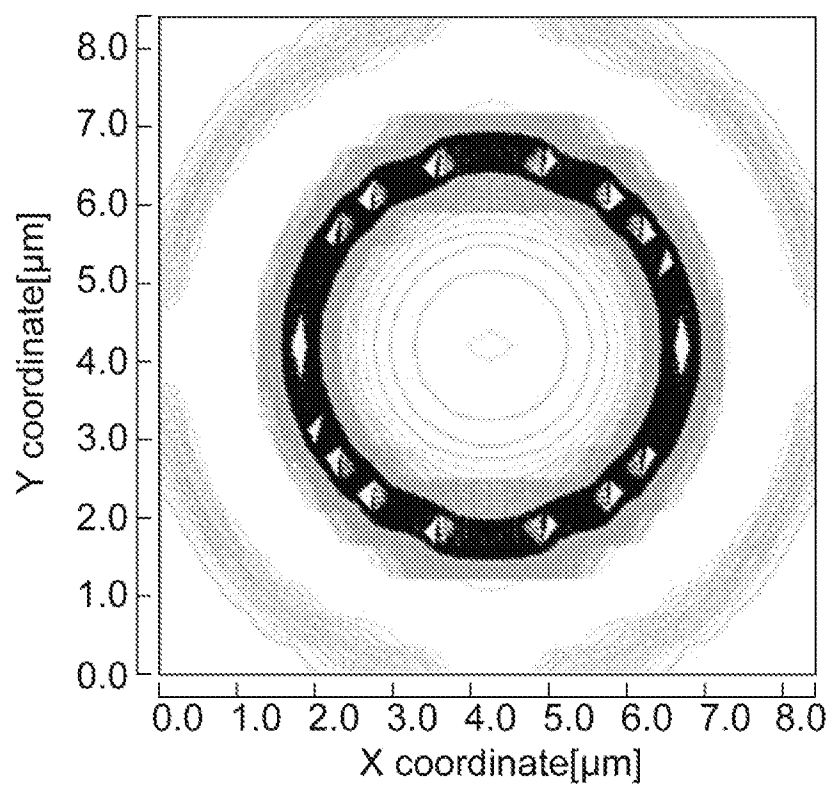


[図55]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/027180

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 G02B 3/00 (2006.01) i; G02B 3/02 (2006.01) i; H01L 31/054 (2014.01) i; H01L 31/056 (2014.01) i; H01L 27/146 (2006.01) i
 FI: H01L27/146 D; G02B3/00 A; G02B3/02; H01L31/04 620; H01L31/04 624
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 G02B3/00; G02B3/02; H01L31/054; H01L31/056; H01L27/146

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2009-188316 A (DENSO CORP.) 20 August 2009 (2009-08-20) paragraphs [0020]-[0026], [0049]- [0051], fig. 1, 7	1, 13 2-12, 14-17 18-25
X Y	JP 2019-114642 A (CANON INC.) 11 July 2019 (2019- 07-11) paragraphs [0011]-[0023], fig. 1, 2	1, 8, 13, 14 2-12, 14-25
X Y	US 2018/0006072 A1 (STMICROELECTRONICS (CROLLES 2) SAS) 04 January 2018 (2018-01-04) paragraphs [0002], [0003], [0020]-[0028], fig. 2	1, 13-18, 21 2-12, 14-25
Y	JP 2017-11091 A (TOPPAN PRINTING CO., LTD.) 12 January 2017 (2017-01-12) paragraphs [0032], [0044], fig. 3(b)	2-12, 14-25
Y	JP 2018-110147 A (TOPPAN PRINTING CO., LTD.) 12 July 2018 (2018-07-12) paragraph [0017]	2-12, 14-25

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 09 September 2021 (09.09.2021)	Date of mailing of the international search report 21 September 2021 (21.09.2021)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/027180

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2017-134163 A (DAINIPPON PRINTING CO., LTD.) 03 August 2017 (2017-08-03) paragraph [0061], fig. 3, 4	2-12, 14-25
Y	JP 6-140610 A (SONY CORP.) 20 May 1994 (1994-05-20) paragraphs [0018], [0019], fig. 2(b)	2-12, 14-25
Y	JP 2011-3860 A (SONY CORP.) 06 January 2011 (2011-01-06) paragraphs [0024]-[0029], fig. 2	20, 22-25
Y	WO 2019/093479 A1 (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) 16 May 2019 (2019-05-16) fig. 3	22-25
Y	JP 2013-65688 A (SONY CORP.) 11 April 2013 (2013-04-11) fig. 6	22-25
Y	WO 2018/100998 A1 (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) 07 June 2018 (2018-06-07) fig. 4	22-25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2021/027180
--

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2009-188316 A	20 Aug. 2009	(Family: none)	
JP 2019-114642 A	11 Jul. 2019	US 2019/0198541 A1 paragraphs [0015]- [0028], fig. 1, 2	
US 2018/0006072 A1	04 Jan. 2018	(Family: none)	
JP 2017-11091 A	12 Jan. 2017	(Family: none)	
JP 2018-110147 A	12 Jul. 2018	(Family: none)	
JP 2017-134163 A	03 Aug. 2017	(Family: none)	
JP 6-140610 A	20 May 1994	(Family: none)	
JP 2011-3860 A	06 Jan. 2011	(Family: none)	
WO 2019/093479 A1	16 May 2019	US 2020/0266221 A1 fig. 3 CN 111279482 A KR 10-2020-0080232 A	
JP 2013-65688 A	11 Apr. 2013	US 2013/0070131 A1 fig. 6 CN 103000644 A	
WO 2018/100998 A1	07 Jun. 2018	US 2019/0371846 A1 fig. 4 CN 109997229 A KR 10-2019-0086660 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 3/00(2006.01)i; G02B 3/02(2006.01)i; H01L 31/054(2014.01)i; H01L 31/056(2014.01)i; H01L 27/146(2006.01)i FI: H01L27/146 D; G02B3/00 A; G02B3/02; H01L31/04 620; H01L31/04 624		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G02B3/00; G02B3/02; H01L31/054; H01L31/056; H01L27/146 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2021年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2021年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2021年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2009-188316 A (株式会社デンソー) 20.08.2009 (2009 - 08 - 20) [0020] - [0026], [0049] - [0051], 図1, 7	1,13 2-12,14-17 18-25
X Y	JP 2019-114642 A (キヤノン株式会社) 11.07.2019 (2019 - 07 - 11) [0011] - [0023], 図1, 2	1,8,13,14 2-12,14-25
X Y	US 2018/0006072 A1 (STMICROELECTRONICS (CROLES 2) SAS) 04.01.2018 (2018 - 01 - 04) [0002], [0003], [0020] - [0028], 図2	1,13-18,21 2-12,14-25
Y	JP 2017-11091 A (凸版印刷株式会社) 12.01.2017 (2017 - 01 - 12) [0032], [0044], 図3 (b)	2-12,14-25
Y	JP 2018-110147 A (凸版印刷株式会社) 12.07.2018 (2018 - 07 - 12) [0017]	2-12,14-25
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 09.09.2021	国際調査報告の発送日 21.09.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 柴山 将隆 5F 3035 電話番号 03-3581-1101 内線 3559	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2017-134163 A (大日本印刷株式会社) 03.08.2017 (2017 - 08 - 03) [0061], 図3, 4	2-12, 14-25
Y	JP 6-140610 A (ソニー株式会社) 20.05.1994 (1994 - 05 - 20) [0018], [0019], 図2 (b)	2-12, 14-25
Y	JP 2011-3860 A (ソニー株式会社) 06.01.2011 (2011 - 01 - 06) [0024] - [0029], 図2	20, 22-25
Y	WO 2019/093479 A1 (ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社) 16.05.2019 (2019 - 05 - 16) 図3	22-25
Y	JP 2013-65688 A (ソニー株式会社) 11.04.2013 (2013 - 04 - 11) 図6	22-25
Y	WO 2018/100998 A1 (ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社) 07.06.2018 (2018 - 06 - 07) 図4	22-25

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
 PCT/JP2021/027180

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2009-188316 A	20.08.2009	(ファミリーなし)	
JP 2019-114642 A	11.07.2019	US 2019/0198541 A1 [0015]-[0028], Figs.1, 2	
US 2018/0006072 A1	04.01.2018	(ファミリーなし)	
JP 2017-11091 A	12.01.2017	(ファミリーなし)	
JP 2018-110147 A	12.07.2018	(ファミリーなし)	
JP 2017-134163 A	03.08.2017	(ファミリーなし)	
JP 6-140610 A	20.05.1994	(ファミリーなし)	
JP 2011-3860 A	06.01.2011	(ファミリーなし)	
WO 2019/093479 A1	16.05.2019	US 2020/0266221 A1 Fig.3 CN 111279482 A KR 10-2020-0080232 A	
JP 2013-65688 A	11.04.2013	US 2013/0070131 A1 Fig.6 CN 103000644 A	
WO 2018/100998 A1	07.06.2018	US 2019/0371846 A1 Fig.4 CN 109997229 A KR 10-2019-0086660 A	