

(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
2024年7月18日(18.07.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/150653 A1

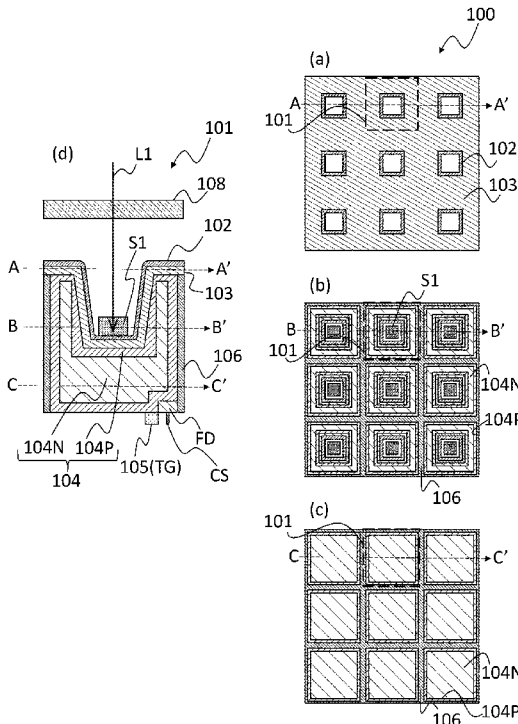
- (51) 国際特許分類:
H01L 27/144 (2006.01) G01N 21/64 (2006.01)
C12M 1/42 (2006.01) H01L 27/146 (2006.01)
G01N 21/03 (2006.01) H01L 31/10 (2006.01)
G01N 21/05 (2006.01) H01L 31/0232 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/046365
- (22) 国際出願日: 2023年12月25日(25.12.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2023-003751 2023年1月13日(13.01.2023) JP
- (71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014

神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).

- (72) 発明者: 永田 健悟(NAGATA Kengo); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 小林 進大(KOBAYASHI Shinta); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 安藤 厚博(ANDO Atsuhiko); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 榎田 佳明(MASUDA Yoshiaki); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 遠藤 琢朗(ENDO Takuo); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニ

(54) Title: BACK-ILLUMINATED IMAGING ELEMENT, FLOW PATH UNIT FOR BIOLOGICAL SAMPLE ANALYSIS, AND BIOLOGICAL SAMPLE ANALYSIS SYSTEM

(54) 発明の名称: 裏面照射型撮像素子、生体試料分析用流路ユニット、及び生体試料分析システム



(57) Abstract: The purpose of the present disclosure is to provide a technology for raising the precision of fluorescence detection in biological sample analysis. The present disclosure provides a back-illuminated imaging element that comprises a plurality of pixel units, said pixel units comprising at least an analyte holding unit that is configured to hold an analyte, and a fluorescence detection unit that detects fluorescence that is caused by irradiation of the analyte with an excitation light. The present disclosure also provides a flow path unit for biological sample analysis, said flow path unit having the back-illuminated imaging element. The present disclosure also provides a biological sample analysis system for analyzing a biological sample using the flow path unit for biological sample analysis.

(57) 要約: 本開示は、生体試料分析における蛍光検出精度の向上をもたらす技術を提供することを目的とする。本開示は、分析物を保持するように構成された分析物保持部と、前記分析物への励起光照射により生じた蛍光を検出する蛍光検出部と、を少なくとも備えている画素単位を複数有する裏面照射型撮像素子を提供する。また、本開示は、前記裏面照射型撮像素子を有する生体試料分析用流路ユニットも提供する。また、本開示は、前記生体試料分析用流路ユニットを用いて生体試料を分析する生体試料分析システムも提供する。

ーセミコンダクタソリューションズ株式会社
社内 Kanagawa (JP). 坂元 俊起(SAKAMOTO
Toshiki); 〒8691102 熊本県菊池郡菊陽町大字原
水4 0 0 0番地1 ソニーセミコンダクタマニ
ュファクチャリング株式会社内 Kumamoto (JP).
田口 由香里(TAGUCHI Yukari); 〒8691102 熊
本県菊池郡菊陽町大字原水4 0 0 0番地1 ソ
ニーセミコンダクタマニュファクチャリング株
式会社内 Kumamoto (JP). 大神 亮介(OOGAMI
Ryosuke); 〒8691102 熊本県菊池郡菊陽町大字
原水4 0 0 0番地1 ソニーセミコンダクタマ
ニュファクチャリング株式会社内 Kumamoto
(JP). 西 直樹(NISHI Naoki); 〒2430014 神奈川
県厚木市旭町四丁目1 4番1号 ソニーセミコン
ダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa
(JP). 布村 光児(NUNOMURA Koji); 〒2430014
神奈川県厚木市旭町四丁目1 4番1号 ソニ
ーセミコンダクタソリューションズ株式会
社内 Kanagawa (JP). 中村 元昭(NAKAMURA
Motoaki); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁
目1 4番1号 ソニーセミコンダクタソリュー
ションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 納土 晋一郎
(NOUDO Shinichiro); 〒2430014 神奈川県厚木
市旭町四丁目1 4番1号 ソニーセミコンダク
タソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).
森川 隆史(MORIKAWA Takafumi); 〒2430014
神奈川県厚木市旭町四丁目1 4番1号 ソニ
ーセミコンダクタソリューションズ株式会
社内 Kanagawa (JP). 船越 誠一(FUNAKOSHI
Seiichi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁
目1 4番1号 ソニーセミコンダクタソリュー
ションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 大森 純也
(OMORI Junya); 〒2430014 神奈川県厚木市旭
町四丁目1 4番1号 ソニーセミコンダクタソ
リューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 田
中 裕士(TANAKA Yuji); 〒8691102 熊本県菊池
郡菊陽町大字原水4 0 0 0番地1 ソニーセ
ミコンダクタマニュファクチャリング株式会
社内 Kumamoto (JP). 平松 智記(HIRAMATSU
Tomoki); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁
目1 4番1号 ソニーセミコンダクタソリュ
ーションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 久保 典
弘(KUBO Norihiro); 〒2430014 神奈川県厚木
市旭町四丁目1 4番1号 ソニーセミコンダ
クタソリューションズ株式会社内 Kanagawa
(JP). 檜山 彩夏(HIYAMA Ayaka); 〒1080075
東京都港区港南一丁目7番1号 ソニーグル
ープ株式会社内 Tokyo (JP). 戸田 淳(TODA
Atsushi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁
目1 4番1号 ソニーセミコンダクタソリュ
ーションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 渡 邊 薫 (WATANABE Kaoru);
〒1080014 東京都港区芝四丁目1 0番5

号 オーキッドプレイス田町ビル6階 薫
風国際特許事務所 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

明 細 書

発明の名称：

裏面照射型撮像素子、生体試料分析用流路ユニット、及び生体試料分析システム

技術分野

[0001] 本開示は、裏面照射型撮像素子、生体試料分析用流路ユニット、及び生体試料分析システムに関する。

背景技術

[0002] 生体物質の検出又は解析のための装置に関して、種々の提案が行われている。このような装置では、しばしば生体物質からの光が検出される。当該光はしばしば微弱であり、検出精度を高めることが望ましい。このような装置に関して、例えば下記特許文献1には、「複数の画素から構成され、前記画素は、生体由来物質を保持する保持表面と、前記保持表面の下方に設けられ、半導体基板に設けられた光電変換部と、を少なくとも備え、前記画素間には混色抑制部が設けられた、生体由来物質検出用チップ。」（請求項1）が開示されている。

[0003] また、検出対象として、DNAが対象となることがしばしばある。DNAの塩基配列を解析する装置として、DNAシーケンサが挙げられる。DNAシーケンサは、例えばDNAを構成する塩基の種類を蛍光で判別する。DNAシーケンサは、励起光を照射可能に構成されており、さらに、例えば励起光を透過させる透明ガラス、試料が流れる流路、ナノウェル、光フィルタ、及び光ダイオードを備えた検出ユニットを有する。前記ナノウェルは、例えば断片化されたDNAが入る大きさを有する井戸型形状をしている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2020-85666号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] DNAシーケンサの処理スピードを上げるために、例えば蛍光を検出する撮像素子の画素数を増やすことが考えられるが、例えばコストなどの観点から、撮像素子のサイズを大きくすることは望ましくない。そこで、単位画素（特にはフォトダイオード）のサイズを微細化することが考えられる。

[0006] しかしながら、単位画素のサイズの微細化によって画素間の距離が近くなり、これは、光学的クロストークの発生をもたらしてノイズを生成し、当該ノイズによってDNA由来の蛍光信号が埋もれてしまう。これは、蛍光検出精度の低下をもたらす。

また、励起光カットするためのフィルタ膜厚が厚いことも、光学的クロストークに起因する蛍光検出精度低下をもたらす。例えば、フィルタ膜厚が厚い場合は検出部と蛍光体との間の距離が離れることになり、これにより、斜め方向へ拡散する蛍光が隣接画素に入りノイズとなる。このような光学的クロストークによって、S/N比が悪化する。

また、蛍光を発生させるための励起光も、蛍光検出精度の低下をもたらす。例えば、励起光の主光線がセンサへ直接入射することによって、励起光成分はノイズとなり、これも蛍光検出精度の低下をもたらす。

[0007] そこで、本開示は、生体試料分析における蛍光検出精度の向上をもたらす技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示は、
分析物を保持するように構成された分析物保持部と、
前記分析物への励起光照射により生じた蛍光を検出する蛍光検出部と、
を少なくとも備えている画素単位を複数有する
裏面照射型撮像素子を提供する。
前記分析物保持部は、ウェルの形状を有しており、
前記検出部が、前記ウェルの底部に加え前記ウェルの側面を覆うように設けられてよい。

前記裏面照射型撮像素子は、画素単位の間にはトレンチが設けられてよい。

前記撮像素子において、2以上のウェルが、列状構造を形成するように連結されてよい。

各画素単位に、分析物の位置を調整するように電圧が印加される電極対が設けられてよい。

各画素単位には、前記励起光が検出部へ到達することを防ぐ励起光遮断部が設けられてよい。

前記励起光遮断部は、多層膜反射フィルタを含んでよい。

前記多層膜反射フィルタは、前記分析物保持部と前記検出部との間に配置されてよい。各画素単位は、前記励起光を検出する励起光検出部をさらに備えてよい。

前記裏面照射型撮像素子は、前記励起光検出部が取得した信号を用いて、前記蛍光検出部が取得した信号の処理が行われるように構成されてよい。

前記励起光遮断部は、偏光子、プラズモンフィルタ、メタマテリアル、又は、ファブリーペロー構造の多層膜を含んでよい。

前記励起光遮断部は、前記蛍光を透過させるように構成されてよい。

前記励起光遮断部は、偏光子を含んでよく、

前記励起光は、偏光光であってよい。

前記励起光遮断部は、偏光子を含み、

1つの偏光子が、2以上の画素単位の検出部をカバーするように設けられてよい。

前記蛍光検出部は、2以上のフォトダイオードを有してよい。

前記2以上のフォトダイオードは、前記分析物保持部と配線層との間に、縦積み構造を形成するように配置されてよい。

前記2以上のフォトダイオードのうち、前記配線層により近いフォトダイオードが、より長い波長の蛍光を検出するように構成されてよい。

前記2以上のフォトダイオードは、2層構造又は3層構造を形成してよい。

また、本開示は、

分析物を保持するように構成された分析物保持部と、前記分析物への励起光照射により生じた蛍光を検出する蛍光検出部と、を少なくとも備えている画素単位を複数有する裏面照射型撮像素子、及び、

前記分析物保持部へ生体試料を供給する流路、

を有する生体試料分析用流路ユニットも提供する。

また、本開示は、

分析物を保持するように構成された分析物保持部と、前記分析物への励起光照射により生じた蛍光を検出する蛍光検出部と、を少なくとも備えている画素単位を複数有する裏面照射型撮像素子、及び、

前記分析物保持部へ生体試料を供給する流路、

を有する生体試料分析用流路ユニットを用いて生体試料を分析する生体試料分析システムも提供する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図2A]ウェル及び画素単位のサイズを説明するための図である。

[図2B]ウェル及び画素単位のサイズを説明するための図である。

[図2C]電子読み出し部の構成例を示す模式図である。

[図3]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図4A]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図4B]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図4C]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図5]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図6]多層膜反射フィルタを有する本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図7A]多層膜反射フィルタの構成例を説明するための模式図である。

[図7B]多層膜反射フィルタの構成例を説明するための模式図である。

[図8]多層膜反射フィルタを有する本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例

を示す模式図である。

[図9]多層膜反射フィルタを有する本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図10]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図11]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図12]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図13]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図14]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図15]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図16]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図17]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図18]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図19]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図20]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図21]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図22]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図23]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図24]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図25]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図26]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図27]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図28]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図29]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図30]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図31]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図32]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図33A]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図33B]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図34A]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図34B]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す断面模式図である。

[図35]トレンチの構成例を示す図である。

[図36A]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図36B]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図36C]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図37]偏光子のパターンの例を示す図である。

[図38]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図39]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図40]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図41]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図42]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図43]F P構造を有する膜の例を示す図である。

[図44]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図45]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図46]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図47]本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を示す模式図である。

[図48]感度の検証結果を示す図である

[図49]感度の検証結果を示す図である

[図50A]本開示に従う裏面照射型撮像素子の製造方法を説明するための模式図である。

[図50B]本開示に従う裏面照射型撮像素子の製造方法を説明するための模式図である。

[図50C]本開示に従う裏面照射型撮像素子の製造方法を説明するための模式図である。

[図51A]本開示に従う裏面照射型撮像素子の製造方法を説明するための模式図である。

[図51B]本開示に従う裏面照射型撮像素子の製造方法を説明するための模式図

である。

[図51C]本開示に従う裏面照射型撮像素子の製造方法を説明するための模式図である。

[図51D]本開示に従う裏面照射型撮像素子の製造方法を説明するための模式図である。

[図52A]本開示に従う裏面照射型撮像素子の製造方法を説明するための模式図である。

[図52B]本開示に従う裏面照射型撮像素子の製造方法を説明するための模式図である。

[図52C]本開示に従う裏面照射型撮像素子の製造方法を説明するための模式図である。

[図52D]本開示に従う裏面照射型撮像素子の製造方法を説明するための模式図である。

[図53]本開示に従う流路ユニットの構成例を示す模式図である。

[図54]本開示に従う生体試料分析用システムの構成例を示すブロック図である。

[図55A]多層膜反射フィルタを光が透過する状況の模式図である。

[図55B]透過率 T の算出方法を説明するための模式図である。

[図55C]透過率 T の算出方法を説明するための模式図である。

[図55D]透過率 T の算出方法を説明するための模式図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示を実施するための好適な形態について説明する。なお、以下に説明する実施形態は、本開示の代表的な実施形態を示したものであり、本開示の範囲がこれらの実施形態のみに限定されることはない。なお、本開示の説明は以下の順序で行う。

1. 第1の実施形態（裏面照射型撮像素子）

1. 1 PDのウェル構造に関する構成例

1. 2 励起光遮断部に関する構成例

1. 3 偏光子を有する励起光遮断部に関する構成例

1. 4 PD縦積み構造に関する構成例

2. 第2の実施形態（生体試料分析用流路ユニット）

3. 第3の実施形態（生体試料分析システム）

[0011] 1. 第1の実施形態（裏面照射型撮像素子）

本発明者らは、特定の構成を有する撮像素子が蛍光検出精度の向上のために有用であることを見出した。すなわち、本開示は、特定の構成をする画素単位を複数有する特定のタイプの撮像素子を提供する。一実施態様において、当該画素単位は、分析物を保持するように構成された分析物保持部と、前記分析物への励起光照射により生じた蛍光を検出する蛍光検出部と、を少なくとも備えており、且つ、当該撮像素子は、裏面照射型である。各画素が前記分析物保持部と前記蛍光検出部とを有していること及び前記撮像素子が裏面照射型であることが、蛍光検出精度の向上に貢献する。例えば、各画素が、前記分析物保持部と前記蛍光検出部とを有していることにより、微小な生体分子由来の蛍光を精度よく検出できる。

また、例えば、表面照射型の撮像素子は、配線層がフォトダイオードの直上にあるため、蛍光が配線層によって散乱し、フォトダイオードに入射しないので、信号が失われうる。本開示の撮像素子は、裏面照射型として構成されているので、配線層による蛍光の散乱を防ぐことができる。

[0012] 以下1. 1～1. 4において、主な4種の構成例を記載する。これら構成例の技術は、本開示において単独で利用されてよく、又は、組み合わせて利用されてもよい。一実施態様において、以下1. 1において説明する構成例に、以下1. 3又は1. 4における構成が組み合わされてよい。他の実施態様において、以下1. 2において説明する構成例に、1. 3又は1. 4における構成が組み合わされてよい。

[0013] 1. 1 PDのウェル構造に関する構成例

[0014] 1. 1. 1 例1-1（基本構成例）

一実施態様において、前記分析物保持部は、ウェルの形状を有しており、

前記検出部が、前記ウェルの底部に加え前記ウェルの側面を覆うように設けられてよい。この実施態様における裏面照射型撮像素子の構成例を、以下で図1を参照しながら説明する。同図は、本開示に従う裏面照射型撮像素子の構造の模式図である。

同図の左側の(d)には、当該撮像素子の画素単位101の断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

同図の右側の(a)～(c)は、画素単位101が格子状に配列されている撮像素子100の受光面の一部を示す模式図であり、より具体的には、以下のとおりの断面の模式図である。

同図の右側の(a)には、同図の(d)のうち、破線A-A'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の(b)には、同図の(d)のうち、破線B-B'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の(c)には、同図の(d)のうち、破線C-C'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

[0015] 画素単位101は、ウェル103を有する。ウェル103は、同図に示されるように、絶縁膜102によって覆われていてよい。

ウェル103の開口部の形状（特には受光面と平行な面における形状）は、同図(a)においては、矩形であるが、他の多角形であってよく、又は、円形又は楕円形などであってもよい。

ウェル103（及びウェルを被覆する絶縁膜102）は、分析物を保持す

るように構成されてよく、すなわち分析物保持部に相当する。

[0016] ウェル103及び画素単位101のサイズを、図2Aを参照しながら説明する。

同図に示されるとおり、ウェル103の開口部のサイズD1は、例えば50nm以上、好ましくは100nm以上、200nm以上、又は300nm以上であってよい。サイズD1は、例えば200μm以下、好ましくは150μm以下、120μm以下、又は100μm以下であってよい。サイズD1は、例えば分析物のサイズに応じて当業者により適宜設定されてよい。前記分析物が細胞（サイズは数十μm程度）である場合などにおいて、サイズD1は、例えば1μm～200μm、特には10μm～100μmであってよい。前記分析物が核酸又はタンパク質などの細胞構成成分である場合などにおいて、サイズD1は、例えば50nm～1000nm、特には100nm～900nmであってよい。サイズD1は、例えば当該ウェルの開口部形状が正方形である場合は一辺の長さ、開口部形状が長方形である場合は長辺の長さ、開口部形状が他の矩形である場合は最大の辺の長さ、開口部形状が五角形以上の多角形である場合は最大の対角距離、開口部形状が円形である場合は直径、開口部形状が楕円形である場合は長径を意味してよい。

ウェル103の底部のサイズD2は、例えば50nm以上、好ましくは100nm以上、200nm以上、又は300nm以上であってよい。サイズD2は、例えば200μm以下、好ましくは150μm以下、120μm以下、又は100μm以下であってよい。サイズD2は、例えば分析物のサイズに応じて当業者により適宜設定されてよい。前記分析物が細胞である場合などにおいて、サイズD2は、例えば1μm～200μm、特には10μm～100μmであってよい。前記分析物が核酸又はタンパク質などの細胞構成成分である場合などにおいて、サイズD2は、例えば50nm～1000nm、特には100nm～900nmであってよい。サイズD2は、例えば当該ウェルの底部形状が正方形である場合は一辺の長さ、底部形状が長方形である場合は長辺の長さ、底部形状が他の矩形である場合は最大の辺の長さ

、底部形状が5角形以上の多角形である場合は最大の対角距離、底部形状が円形である場合は直径、底部形状が楕円形である場合は長径を意味してよい。サイズD2は、サイズD1と異なっていてよく、又は、同じであってもよい。異なっている場合、好ましくは、同図に示されるように開口部のサイズD1が底部のD2より大きくてよいが、サイズD1がサイズD2より小さくてもよい。

ウェル103の深さのサイズD3は、例えば50nm以上、好ましくは100nm以上、200nm以上、又は300nm以上であってよい。サイズD3は、例えば200μm以下、好ましくは150μm以下、120μm以下、又は100μm以下であってよい。サイズD3は、例えば分析物のサイズに応じて当業者により適宜設定されてよい。前記分析物が細胞である場合などにおいて、サイズD3は、例えば1μm～200μm、特には10μm～100μmであってよい。前記分析物が核酸又はタンパク質などの細胞構成成分である場合などにおいて、サイズD3は、例えば50nm～1000nm、特には100nm～900nmであってよい。サイズD3は、開口部と底部との間の距離を意味してよい。

また、画素単位101のサイズD4（セルサイズともいう）は、ウェルのサイズD1より大きくてよく、例えば100nm以上、好ましくは200nm以上、300nm以上、又は400nm以上であってよい。サイズD4は、例えば300μm以下、好ましくは200μm以下、150μm以下、又は100μm以下であってよい。サイズD4は、例えば分析物のサイズに応じて当業者により適宜設定されてよい。前記分析物が細胞である場合などにおいて、サイズD4は、例えば2μm～400μm、特には10μm～200μmであってよい。前記分析物が核酸又はタンパク質などの細胞構成成分である場合などにおいて、サイズD4は、例えば100nm～5000nm、特には200nm～3000nmであってよい。サイズD4は、画素単位の形状が正方形である場合は一辺の長さ、画素単位の形状が長方形である場合は長辺の長さ、画素単位の形状が他の矩形である場合は最大の辺の長さ、

5 角形以上の多角形画素単位の場合は最大の対角距離を意味してよい。

[0017] ウェル 1 0 3 は、分析物が保持されるように構成されてよい。例えばウェル 1 0 3 の表面（特には底面）に、分析物を保持する化合物が固定化されていてよい。当該化合物は、分析物の種類に応じて当業者により適宜選択されてよい。当該化合物は、例えば核酸であるがこれに限定されず、タンパク質、ペプチド、糖、又は脂質などの他の化合物であってもよい。

当該分析物が DNA 又は RNA などの核酸である場合は、当該化合物も、DNA 又は RNA などの核酸であってもよいがこれに限定されず、例えばタンパク質、ペプチド、糖、又は脂質であってもよい。

当該分析物は、核酸以外の化合物又は生体粒子（例えば細胞又は小胞体など）であってもよい。このような場合において、当該化合物は、核酸、タンパク質、ペプチド、糖、又は脂質であってもよいがこれらに限定されない。

前記固定化される化合物は、例えばバイオレセプターをウェル内（特にはウェル底面）に捕捉するための化合物であってもよく、例えば SAM 試薬、二価性試薬、活性化試薬（例えばカルボン酸活性化試薬）、又はビオチン化試薬であってもよい。

[0018] 画素単位 1 0 1 は、フォトダイオード 1 0 4 を有する。当該フォトダイオードは、蛍光検出用のフォトダイオードであってもよい。当該フォトダイオードは、例えば Si フォトダイオードであってもよく、例えば Si の N 領域 1 0 4 N 及び P 領域 1 0 4 P を有してよい。同図に示されるように、N 領域 1 0 4 N は、その周囲を、P 領域 1 0 4 P によって囲まれている。

[0019] フォトダイオード 1 0 4 は、前記ウェルの底部に加え前記ウェルの側面を覆うように設けられている。前記ウェルの側面を覆うフォトダイオードは、図 2 B において符号 W 1 によって示される破線領域によって示されている（特には符号 1 0 4 P と 1 0 4 N の領域）。前記ウェルの底部を覆うフォトダイオードは、同図において符号 W 2 によって示される破線領域によって示されている（特には符号 1 0 4 P と 1 0 4 N の領域）。このように、フォトダイオード 1 0 4 も、ウェル形状を有しており、フォトダイオード 1 0 4 は、

ウェルの側壁部分W1及び底部部分W2を形成するように構成されている。

本開示において、このように、フォトダイオードは、ウェルの底面及び側面を覆うように構成されていてよく、すなわちフォトダイオードもウェル形状を有している。これにより、試料S1へ励起光L1が照射されてことによって生じる蛍光のうち、ウェル底面方向へ進行した蛍光に加え、ウェル側面方向へ進行した蛍光も検出される。これにより、蛍光検出精度が向上する。

[0020] 画素単位101は、ゲート電極部105（TGともいう）を有する。当該ゲート電極部は、例えばポリシリコン（Poly-Si）を有するものであってよい。また、当該ゲート電極部は、後段で説明するバーティカルトランスファergeート（VG）として構成されてもよい。画素単位101は、さらに、フォトダイオードに蓄積された電子が転送されるフローティングディフュージョンFD、及び、当該フローティングディフュージョンに接続されたコンタクトCSを有する。

同図に示されるとおり、フォトダイオード104は、埋め込み型フォトダイオード構造を有してよい。当該構造を有するフォトダイオード104に、ゲート電極部105が接続されてよい。フォトダイオード104に蓄積された電子は、ゲート電極部105からフローティングディフュージョンFDへ転送され、そして、コンタクトCSから読みだされる。

本開示において、フォトダイオードから電子を読み出すために設けられる構成要素を電子読み出し部ともいう。当該電子読み出し部は、上記のとおり、ゲート電極部105（TG）、フローティングディフュージョンFD、及びコンタクトCSを有してよい。同図においては、フローティングディフュージョンは、画素単位のそれぞれに設けられており、当該電子読み出し部は、いわゆるFD非共有方式の構造を有する。

本開示において、電子読み出し部は、フローティングディフュージョンが複数の画素単位で共有されている構造を有してもよく、いわゆるFD共有方式の構造を有してもよい。1つのFDを共有する画素単位の数例えば4つであってよい。

F D 非共有方式の電子読み出し部の構成例、及び、F D 共有方式の電子読み出し部の構成例が、図 2 C に示されている。

同図の (a) は、F D 共有方式の電子読み出し部 2 5 1 の例の模式的な構成例を示している (破線で囲まれた部分)。当該構成例は、図 2 A のものと同じである。図 2 C の (b) 及び (c) に、F D 非共有方式の電子読み出し部の構成例が示されている (破線で囲まれた部分)。(b) に示される電子読み出し部 2 5 1 は、(a) に示される電子読み出し部 2 5 0 と同様に、ゲート電極部 T G、フローティングディフュージョン F D、及びコンタクト C S を有するが、F D 及び C S が隣の画素単位と共有される位置に設けられている。F D 及び C S は、例えば 4 つの画素単位によって共有されてよい。また、(c) に示される電子読み出し部 2 5 2 のように、F D 共有方式の電子読み出し部において、P o l y - S i コンタクトが利用されてもよい。

なお、本開示において、フォトダイオード及び電子読み出し部の形状及び寸法及び配置は、当業者により適宜変更されてよく、これらの図面に記載されたものに限定されない。

[0021] 画素単位 1 0 1 は、仕切り部 1 0 6 によって、他の単位画素と区切られている。仕切り部 1 0 6 は、トレンチと呼ばれてもよい。このように、本開示の前記裏面照射型撮像素子は、画素単位の間にはトレンチが設けられていてよい。

仕切り部 1 0 6 は、或る単位画素と他の単位画素との間に設けられている。仕切り部 1 0 6 は、絶縁体又は金属によって構成されてよい。仕切り部 1 0 6 によって、画素単位 1 0 1 に進入した励起光 L 1 及び画素単位 1 0 1 内の分析物 S 1 から生じた蛍光が、他の単位画素へ進入することを防ぐ。また、仕切り部 1 0 6 は、フォトダイオード 1 0 4 内の電子が、他の単位画素のフォトダイオードへ進入することを防ぐ。

[0022] 撮像素子 1 0 0 は、裏面照射型であり、すなわち、フォトダイオードの蛍光入射側とは反対側に配線層が設けられている。

フォトダイオード 1 0 4 の一方の側にウェル 1 0 3 が設けられており、フ

フォトダイオード104の反対側に配線層が設けられている。すなわち、画素単位101は、配線層、検出部（フォトダイオード）、及び分析物保持部（ウェル）がこの順に並んでいる積層構造を有する。本開示の撮像素子は、このように構成されていることで、より大きな蛍光信号を取得することができ、これは蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0023] 撮像素子100は、図1に示されるように、複数の画素単位101が格子状に配列されている構成を有してよい。1つの撮像素子100が有する画素単位101の数（すなわち画素数）は、例えば撮像素子のサイズ又は撮像対象などの要因に応じて当業者により適宜選択されてよい。前記画素数は、例えば500ピクセル以上であってよく、特には1,000ピクセル以上、5,000ピクセル以上、10,000ピクセル以上、50,000ピクセル以上、又は100,000ピクセル以上であってよい。前記撮像素子の画素数の上限値に関しては、特定される必要はないが、例えば10,000,000ピクセル以下であってよく、特には8,000,000ピクセル以下、6,000,000ピクセル以下、4,000,000ピクセル以下、又は2,000,000ピクセル以下であってよいである。

撮像素子100のサイズは、その下限値に関しては、例えば3mm以上であってよく、特には5mm以上、7mm以上、又は10mm以上であってよい。前記サイズは、その上限値に関しては、例えば80mm以下であってよく、特には70mm以下又は60mm以下であってよい。一実施態様において、前記撮像素子は、例えば3mm～80mm（矩形の一方の辺のサイズ）×3mm～80mm（矩形の他方の辺のサイズ）のサイズを有してよく、特には10mm～60mm×10mm～60mmのサイズを有してよい。撮像素子のサイズは、画素単位が配列されている受光面のサイズを意味してよい。

前記撮像素子の形状は、例えば矩形であってよく、より具体的には長方形又は正方形であってよい。撮像素子の受光面の形状が長方形である場合は、撮像素子のサイズは、当該受光面の長辺を意味してよい（短辺は、当該サイ

ズよりも短くてよい)。撮像素子の受光面の形状が正方形である場合は、撮像素子のサイズは、当該受光面の一边を意味してよい。

前記撮像素子が生体試料分析システムに組み込まれる場合において、当該撮像素子は1つだけが組み込まれてよく、又は、2つ以上の当該撮像素子が組み込まれてもよい。例えば、2つ以上の当該撮像素子が用いられる場合において、これら撮像素子は、例えばタイル状に配列されてよい。例えば、前記生体試料分析システムは、本開示に従う撮像素子を複数有してよく、当該複数の撮像素子は、タイリングにより繋ぎ合わされてよい。当該繋ぎ合わされた複数の撮像素子が、1つのセンサとして用いられてよく、特に1つの撮像素面を形成してよい。当該複数の撮像素子は、1種の撮像素子から構成されてよく、又は、2種以上の撮像素子から構成されてもよい。

[0024] 撮像素子100を生体試料分析のために用いる場合、分析物をウェル内に到達させ且つ保持するために、空間が形成されてよい。当該空間は、分析物が流れる流路であってよい。例えば、分析物を含む液状試料が当該空間を流れて、当該分析物が、ウェル底面で捕捉されうる。当該空間の少なくとも一部はウェル形状によって形成されてよい。当該空間の他の一部は、図1に示されるように透明基板108によって形成されてよい。透明基板108は、透明であるので、励起光をウェル内へ到達させることができる。透明基板108の材料は、例えばガラスであってよいが、樹脂(例えばアクリル樹脂又はポリカーボネート樹脂など)であってもよい。

このように、撮像素子100は、分析物をウェル内へ到達させるための空間を有してよく、さらに、当該空間を形成する透明基板108を有してよい。

[0025] 1. 1. 2 例1-2 (列状構造のウェル)

上記例1-1において説明した撮像素子100は、撮像素子の受光面に垂直に励起光L1が入射するように用いられる。本開示において、受光面と水平方向に進行する励起光が、ウェル中に保持された分析物に照射されてもよい。当該照射のために、2以上のウェルが、列状構造を形成するように連結

されていてよい。このような励起光照射が行われる撮像素子の例を、図3を参照しながら説明する。同図は、本開示に従う裏面照射型撮像素子の構造の模式図である。

同図の左側の（d）には、当該撮像素子の画素単位111の断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

同図の右側の（a）～（c）は、画素単位111が格子状に配列されている撮像素子110の受光面の一部を示す模式図であり、より具体的には、以下のとおりの断面の模式図である。

同図の右側の（a）には、同図の（d）のうち、破線A-A'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の（b）には、同図の（d）のうち、破線B-B'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の（c）には、同図の（d）のうち、破線C-C'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の左側の（e）には、当該撮像素子の画素単位111の断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直であり且つ励起光L1の進行方向に沿った面における断面である。（e）における破線D-D'は、同図の右側の（a）における破線D-D'に相当する。（e）における破線E-E'は、同図の右側の（a）における破線E-E'に相当する。（e）における破線F-F'は、同図の右側の（a）における破線F-F'に相当する。

[0026] 画素単位 1 1 1 は、ウェル 1 1 3 を有する。ウェル 1 1 3 は、同図に示されるように、絶縁膜 1 1 2 によって覆われていてよい。

画素単位 1 1 1 のウェル 1 1 3 は、列形状を有する。ウェル 1 1 3 は、隣の 2 つの画素単位のウェルと一緒にあって 1 つの列を形成する。励起光 L 1 は、この列の方向に沿って進行するように照射される。

ウェル 1 1 3（及びウェルを被覆する絶縁膜 1 1 2）は、分析物を保持するように構成されてよく、すなわち分析物保持部に相当する。

[0027] 複数の画素単位のウェルがこのように列を形成していることで、励起光 L 1 を当該列と平行に進行させることができる。これにより、励起光 L 1 が、フォトダイオード 1 1 4 へ進入することを防ぐことができる。これにより、励起光 L 1 に起因するノイズを減少することができる。

[0028] ウェル 1 1 3 及び画素単位 1 1 1 のサイズは、上記例 1-1 と同様であってよく、その説明が本例においてもあてはまる。

なお、ウェル 1 1 3 の開口部における列の幅が、ウェル 1 0 3 の開口部のサイズ D 1 に相当する。また、ウェル 1 1 3 の底面における列の幅が、ウェル 1 0 3 の底部のサイズ D 2 に相当する。

[0029] ウェル 1 1 3 は、上記例 1-1 において説明したウェル 1 0 3 と同様に、分析物が保持されるように構成されてよい。すなわち、ウェル 1 1 3 の表面の構成は、ウェル 1 0 3 の表面の構成と同様であってよい。

[0030] 画素単位 1 1 1 は、フォトダイオード 1 1 4 を有する。当該フォトダイオードは、例えば Si フォトダイオードであってよく、例えば Si の N 領域 1 1 4 N 及び P 領域 1 1 5 P を有してよい。同図に示されるように、N 領域 1 1 4 N は、その周囲を、P 領域 1 1 5 P によって囲まれていてよい。

[0031] フォトダイオード 1 1 4 は、上記例 1-1 において説明したフォトダイオード 1 0 4 と同様に、前記ウェルの底部に加え前記ウェルの側面を覆うように設けられている。

本開示において、このように、フォトダイオードは、ウェルの底面及び側面を覆うように構成されていてよく、すなわちフォトダイオードもウェル形

状を有している。これにより、試料S 1へ励起光L 1が照射されてことによって生じる蛍光のう

ち、ウェル底面方向へ進行した蛍光に加え、ウェル側面方向へ進行した蛍光も検出される。これにより、蛍光検出精度が向上する。

[0032] 画素単位1 1 1は、ポリシリコン (Poly-Si) 1 1 5 (TGともいう) を有する。当該ポリシリコンは、ゲート電極部として機能する。画素単位1 1 1は、さらに、フォトダイオードに蓄積された電子が転送されるフローティングディフュージョンFD、及び、当該フローティングディフュージョンに接続されたコンタクトCSを有する。これらTG、FD、及びCSは、上記例1-1において説明したとおり電子読み出し部とも呼ばれる。当該電子読み出し部及び当該TG、FD、及びCSは、上記例1-1において説明したとおりであり、その説明が本例においてもあてはまる。

[0033] 画素単位1 1 1は、仕切り部1 1 6によって、他の単位画素と区切られている。仕切り部1 1 6は、トレンチと呼ばれてもよい。仕切り部1 1 6は、上記例1-1において説明した仕切り部1 0 6と同様に構成されてよい。

[0034] 撮像素子1 1 0は、裏面照射型であり、すなわち、フォトダイオードの蛍光入射側とは反対側に配線層が設けられている。

フォトダイオード1 1 4の一方の側にウェル1 1 3が設けられており、フォトダイオード1 1 4の反対側に配線層が設けられている。すなわち、画素単位1 1 1は、配線層、検出部 (フォトダイオード)、及び分析物保持部 (ウェル) がこの順に並んでいる積層構造を有する。本開示の撮像素子は、このように構成されていることで、より大きな蛍光信号を取得することができ、これは蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0035] 撮像素子1 1 0が有する画素単位の数及び撮像素子1 1 0のサイズは、上記で例1において撮像素子1 0 0について説明したとおりであってよく、その説明が本例についても当てはまる。

[0036] 撮像素子1 1 0を生体試料分析のために用いる場合、分析物をウェル内に到達させ且つ保持するために、空間が形成されてよい。当該空間の少なくとも

も一部はウェル形状によって形成されてよい。当該空間の他の一部は、図3に示されるように透明基板118によって形成されてよい。透明基板118は、透明であるので、励起光をウェル内へ到達させることができる。透明基板118の材料は、例えばガラスであってよいが、樹脂（例えばアクリル樹脂又はポリカーボネート樹脂など）であってもよい。

このように、撮像素子110は、分析物をウェル内へ到達させるための空間を有してよく、さらに、当該空間を形成する透明基板118を有してよい。

[0037] 1. 1. 3 例1-3（電極による分析物の位置制御）

上記例1-2において説明した列状構造において分析物が保持される位置を制御するために、本開示に従う撮像素子には電極対が設けられてもよい。当該電極対は、第一電極及び第二電極の対であってよい。当該電極対を構成する第一電極及び第二電極は、好ましくは、いずれも透明電極層であってよく、又は、いずれも金属電極層であってもよい。

前記第一電極及び／又は前記第二電極は、好ましくは透明電極層であってよい。透明電極層であることによって、光（励起光及び／又は蛍光）の減少を防ぐことができる。

一実施態様において、前記透明電極層又は前記金属電極層には、絶縁膜が積層されてよい。この実施態様において、前記電極層及び前記絶縁膜は、静電容量のカップリングにより電場を分析物へ伝えるように構成されてよい。このようにして、分析物（生体由来物質）の位置が制御されてよい。

当該電極対が設けられた撮像素子の構成例を、図4A～図4Cを参照しながら説明する。これら図に示される撮像素子はいずれも、上記例1-2において説明した撮像素子の構成に分析物を所定の位置へ保持するための電極対が追加されていること以外は、上記例1-2において説明した撮像素子と同様の構成を有する。そのため、以下では、主に当該電極対の構成について説明する。

[0038] 図4Aに、当該電極対を構成する第一電極及び第二電極のいずれもがウ

エル上に設けられている構成の例を示す。

同図の左側の（d）には、当該撮像素子の画素単位 1 2 1 の断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

同図の右側の（a）～（c）は、画素単位 1 2 1 が格子状に配列されている撮像素子 1 2 0 の受光面の一部を示す模式図であり、より具体的には、以下のとおりの断面の模式図である。

同図の右側の（a）には、同図の（d）のうち、破線 A－A' の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の（b）には、同図の（d）のうち、破線 B－B' の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の（c）には、同図の（d）のうち、破線 C－C' の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の左側の（e）には、当該撮像素子の画素単位 1 2 1 の断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直であり且つ励起光 L 1 の進行方向に沿った面における断面である。（e）における破線 D－D' は、同図の右側の（a）における破線 D－D' に相当する。（e）における破線 E－E' は、同図の右側の（b）における破線 E－E' に相当する。（e）における破線 F－F' は、同図の右側の（c）における破線 F－F' に相当する。

同図の左側の（f）には、当該撮像素子の画素単位 1 2 1 の断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直であり且つ励起

光 L_1 の進行方向に沿った面における断面である。(f)における破線 $G-G'$ は、同図の右側の(a)における破線 $G-G'$ に相当する。(f)における破線 $H-H'$ は、同図の右側の(b)における破線 $H-H'$ に相当する。(f)における破線 $I-I'$ は、同図の右側の(c)における破線 $I-I'$ に相当する。

[0039] 画素単位 121 は、第一電極 $12EP$ 及び第二電極 $12EN$ を有する。第一電極 $12EP$ 及び第二電極 $12EN$ は、相補電極対を形成している。

第一電極 $12EP$ は、分析物 S_1 が保持されるべき位置の直下に存在しており、すなわち、画素単位 121 の中心を通過するように設けられている。第一電極 $12EP$ は、列状構造を横切るように設けられていてよい。

第二電極 $12EN$ は、画素と画素との間を通過するように、特に画素単位 121 の境目を通過するように設けられている。

[0040] ここで、例えば第一電極 $12EP$ が正極であり、第二電極 $12EN$ が負極であり且つ分析物がDNAである場合を想定する。DNAは負の電荷を有するので、これら2つの電極間に電圧を印加することによって、DNAに対して、第一電極 $12EP$ に近づくように且つ第二電極 $12EN$ から離れるように力が作用する。これにより、当該DNAは、画素単位 121 の中心に維持される。

なお、第一電極 $12EP$ が負極であり、且つ、第二電極 $12EN$ が正極であってもよい。これら電極の正負は、分析物の種類又は制御手法に応じて、適宜変更されてよい。

また、前記電圧は、直流電圧であってよく、又は、交流電圧であってもよい。

[0041] 図4Bに、当該電極対を構成する第一電極がウェルに設けられ且つ及び2つの第二電極がウェル上及び透明基板に設けられている構成の例を示す。

同図に示される撮像素子 130 及び画素単位 131 は、透明基板 128 に第二電極 $12EN2$ が積層されていること以外は、図4Aを参照して説明した撮像素子 120 及び画素単位 121 と同じである。

[0042] 上記図4Aに関して説明したように、第一電極 $12EP$ が正極であり、第

二電極 1 2 E N 及び 1 2 E N 2 が負極であり且つ分析物が D N A である場合を想定する。

D N A は負の電荷を有するので、第一電極 1 2 E P 及び第二電極 1 2 E N の間に電圧を印加することによって、D N A に対して、第一電極 1 2 E P に近づくように且つ第二電極 E N から離れるように力が作用する。これにより、当該 D N A は、画素単位を中心に維持される。

さらに、第一電極 1 2 E P 及び第二電極 1 2 E N 2 の間に電圧が印可されることによって、D N A に対して、第一電極 1 2 E P に近づくように且つ第二電極 E N 2 から離れるように力が作用する。これにより、当該 D N A は、ウェル底面に押し付けられるように維持される。

以上のとおり、D N A に対して画素単位を中心に維持する力及びウェル底面に押し付ける力が作用するので、D N A がより確実に所望の位置に維持される。

一実施態様において、第二電極 1 2 E N は省略されてもよく、すなわち、撮像素子 1 3 0 は、第二電極 1 2 E N を有さず、且つ、第一電極 1 2 E P 及び第二電極 1 2 E N 2 を有するように構成されてもよい。このような構成によっても、分析物を制御することができる。

また、上記構成例において、第二電極 1 2 E N は負極であるが、当該第二電極 1 2 E N が、正極として構成されてもよい。すなわち、撮像素子 1 3 0 は、正極である 2 つの第一電極 1 2 E P 及び 1 2 E N (1 2 E P 2 ともいう) 及び負極である 1 つの第二電極 1 2 E N を有してもよい。

このように、本開示において、前記第一電極及び前記第二電極は、電圧 (直流電圧又は交流電圧) が印可されることによって、分析物の位置を制御することができるように構成されてよい。前記第一電極に含まれる電極の数は、1 つであってよく又は 2 つ以上であってよい。また、前記第二電極に含まれる電極の数は、1 つであってよく又は 2 つ以上であってよい。前記第一電極及び前記第二電極の数、形状、及び位置は、当業者により適宜変更されてよい。

[0043] 図4Cに、当該電極対を構成する第一電極がウェルに設けられ且つ及び2つの第二電極が透明基板に設けられている構成の例を示す。

同図に示される撮像素子140及び画素単位141は、透明基板128に第二電極12EN2が積層されているがウェルには第二電極が設けられていないこと以外は、図4Bを参照して説明した撮像素子130及び画素単位131と同じである。

[0044] 上記図4Bに関して説明したように、第一電極12EPが正極であり、12EN2が負極であり且つ分析物がDNAである場合を想定する。

DNAは負の電荷を有する。そのため、第一電極12EP及び第二電極12EN2の間に電圧が印可されることによって、DNAに対して、第一電極12EPに近づくように且つ第二電極EN2から離れるように力が作用する。これにより、当該DNAは、ウェル底面に押し付けられるように維持される。これにより、DNAがウェル底面から離れないように維持される。

[0045] 1. 1. 4 例1-4（トレンチが設けられていない構造）

上記例1-1において説明した撮像素子の構成要素のうち、仕切り部は省略されてもよい。仕切り部が省略された構成の例を、図5を参照しながら説明する。

[0046] 同図の左側の（d）には、撮像素子150の画素単位151の断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

同図の右側の（a）には、同図の（d）のうち、破線A-A'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の（b）には、同図の（d）のうち、破線B-B'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の（c）には、同図の（d）のうち、破線C－C’の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

[0047] 画素単位151は、仕切り部106を有さないこと以外は、画素単位101と同じである。

すなわち、画素単位151を構成する絶縁膜152、ウェル153、フォトダイオード154（154N及び154P）、ゲート電極部155（TG）、フローティングディフュージョンFD、及び、コンタクトCSは、いずれも上記例1－1において説明した絶縁膜102、ウェル103、フォトダイオード104（104N及び104P）、ゲート電極部105、フローティングディフュージョンFD、及び、コンタクトCSと同様であってよく、これらに関する説明が、本例においても当てはまる。

[0048] 仕切り部が無い撮像素子150は、上記例1－1において説明した撮像素子100と比べて、製造コストを下げることができる。また、蛍光シグナルが弱すぎるときに、隣接する画素の蛍光シグナルを加算することができる。

[0049] 1. 1. 5 例1－5（多層膜反射フィルタの利用）

上記例1－1において説明した撮像素子のウェル表面が、多層膜反射フィルタによって形成されてもよい。多層膜反射フィルタを有する撮像素子の構成例を、図6を参照しながら説明する。

[0050] 同図の左側の（d）には、撮像素子160の画素単位161の断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

同図の右側の（a）には、同図の（d）のうち、破線A－A’の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の（b）には、同図の（d）のうち、破線B－B’の位置にお

ける断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の(c)には、同図の(d)のうち、破線C-C'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

[0051] 画素単位161は、ウェル103及び絶縁膜102の代わりに、多層膜反射フィルタ162が用いられていること以外は、画素単位101と同じである。

すなわち、画素単位161を構成するフォトダイオード164(164N及び164P)、ゲート電極部165(TG)、フローティングディフュージョンFD、コンタクトCS、及び透明基板168は、いずれも上記例1-1において説明したフォトダイオード104(104N及び104P)、ゲート電極部105(TG)、フローティングディフュージョンFD、コンタクトCS、及び透明基板108と同様であってよく、これらに関する説明が、本例においても当てはまる。

[0052] 多層膜反射フィルタ162によってウェル表面が形成されていることによって、励起光L1がフォトダイオード164へ進入することを防ぐことができる。これにより、励起光L1に起因するノイズを低減することができ、蛍光検出精度を向上させることができる。

[0053] 当該多層膜反射フィルタの構成例を、図7A及び図7Bを参照しながら説明する。

[0054] 図7Aは、当該フィルタの積層構造の模式図である。同図に示されるとおり、当該多層膜反射フィルタは、高屈折率材料から形成された層H(以下「高屈折率層H」ともいう)と低屈折率材料から形成された層L(以下「低屈折率層H」ともいう)とが交互に積層された積層構造を有する。

同図に示されるように、当該多層膜反射フィルタの2つの最外層はいずれ

も、例えば厚み t_H の高屈折材料層 H であってよい。これら 2 つの間に、同図に示されるように、厚み $2 t_L$ の低屈折率材料層 L 及び厚み $2 t_H$ の高屈折率材料層 H が交互に積層されていてよい。各層の厚みは nm オーダーであってよい。

[0055] 「当該多層膜反射フィルタによって遮断することが意図される励起光の波長範囲に平均透過率」と、「当該多層膜反射フィルタを透過することが意図される蛍光の波長範囲に平均透過率」との差 ΔT が、以下の式 (I) で表される。本開示において、誘電体多層膜は、例えば差 ΔT が 99% 以上であるように構成されてよく、特には差 ΔT を最大化するように構成される。式 (I) 中の透過率 T については、当技術分野において知られている方法により算出することができ、当該算出方法については後段で説明する。

[数1]

$$\Delta T = \text{ave}[T(\lambda)|X - X' < \lambda < X + X''] \cdot \text{ave}[T(\lambda)|Y - Y' < \lambda < Y + Y''] \cdots \quad (I)$$

[0056] 上記式 (I) の前提条件は以下のとおりである。

励起光： $X \text{ nm}$ (考慮範囲： $X - X' < \lambda < X + X''$)

(当該考慮範囲は、遮断することが意図される励起光の波長範囲に相当する。)

蛍光： $Y \text{ nm}$ (考慮範囲： $Y - Y' < \lambda < Y + Y''$)

(当該考慮範囲は、透過することが意図される蛍光の波長範囲に相当する。)

高屈折率材料：屈折率 N_H 、膜厚 t_H

低屈折率材料：屈折率 N_L 、膜厚 t_L

繰り返し数： N (N は 1 超の整数である)

当該多層膜反射フィルタが有する層の総数： $L = 2N + 1$ 層 (L は 3 超の整数である) 当該多層膜反射フィルタの総厚： $2N(t_H + t_L) \text{ nm}$

[0057] 前記 ΔT の最大化は、例えば図 7 B に示される波長に対する透過率の模式的なグラフに基づき説明される。同図に示されるように、波長 λ が $Y - Y'$

～ $Y + Y''$ ”である範囲における平均透過率 $Ave[T(\lambda) | Y - Y' < \lambda < Y + Y'']$ 及び波長 λ が $X - X' \sim X - X''$ である範囲における $Ave[T(\lambda) | X - X' < \lambda < X - X'']$ との差 ΔT が最大化されるように、多層膜反射フィルタは構成される。

[0058] (式(1)の透過率 T の算出方法)

図55Aに、前記多層膜反射フィルタを光が透過する状況の模式図が示されている。同図に示されるように、当該状況において、空気(Air、屈折率 $n_0 = 1$)から多層膜162の面内方向に対して垂直に入射した光が、 L 層の多層膜(第 j 層の複素屈折率: $N_j = n_j + i k_j$)を通過し、フォトダイオード164(Si、複素屈折率: $N_m = n_m + i k_m$)へ射出する。

多層膜162と空気との間の界面 $I(0)$ 、及び、多層膜162と空気との間のフォトダイオード164との界面 $I(L)$ に加え、多層膜162を構成する各層の間の界面 $I(1) \sim$ 界面 $I(L-1)$ が存在する。

多層膜の材料(すなわち複素屈折率)が決まれば、各界面の反射のフレネル係数、各界面の透過のフレネル係数、及び各層での位相変化と波の減衰が決定される。透過率 T は、多層膜の材料に基づき決定されたこれらの値を使って、文献「光学薄膜の基礎理論 増補改訂版」(オプトロニクス社、2011年2月25日発行)の第99～103頁に記載された算出方法に従い求めることができる。当該算出方法において、より具体的には以下の式(11)を用いて、透過率 T が得られる。

[数2]

$$T = \frac{Re(N_m)}{n_0} \left| \tau_0' \right|^2 \dots \quad (11)$$

上記式(11)は、前記文献の第103頁(特には数式(4-50))に記載されている。

上記式(11)中の各要素は以下のとおりである。

$\text{Re}(N_m)$ は、上記のとおり、 S_i の複素屈折率の実部 ($= n_m$) である。

n_0 は、上記のとおり、空気の屈折率 ($= 1$) である。

τ_0' は、後述する仮想界面 $I(0)'$ における透過のフレネル係数であり、前記文献第 101 頁の数式 (4-48) に記載されたとおりである。 τ_0' の算出方法は、前記文献の第 99~103 頁に記載されている。

当該算出方法においては、図 55B に示されるように、界面 $I(L)$ 及び界面 $I(L-1)$ のフレネル係数から仮想界面 $I(L-1)'$ のフレネル係数を求め、さらに、図 55C に示されるように、仮想界面 $I(L-1)'$ のフレネル係数及び界面 $I(L-2)$ のフレネル係数から仮想界面 $I(L-2)'$ のフレネル係数を求め、さらに、図 55D に示されるように、同様の仮想界面のフレネル係数の算出を繰り返して、仮想界面 $I(0)'$ のフレネル係数が得られる。

[0059] 1. 1. 6 例 1-6 (多層膜反射フィルタと当該フィルタの部分へ延長されたトレンチ)

上記例 6 において説明した撮像素子のウェル表面は、多層膜反射フィルタによって形成されている。本開示において、多層膜反射フィルタが、仕切り部によって画素毎に区分けされていてもよい。すなわち、画素単位を規定する仕切り部が、フォトダイオード部分だけでなく、多層膜反射フィルタ部分に延長されていてもよい。この構成について、図 8 を参照しながら説明する。

[0060] 同図の左側の (d) には、撮像素子 170 の画素単位 171 の断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

同図の右側の (a) には、同図の (d) のうち、破線 $A-A'$ の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の (b) には、同図の (d) のうち、破線 $B-B'$ の位置にお

ける断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の（c）には、同図の（d）のうち、破線C-C'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

[0061] 上記例5において説明した画素単位161においては、仕切り部166は、フォトダイオード164の位置までであるが、本例における画素単位171においては、仕切り部176が多層膜反射フィルタ172の部分まで延長されている。このように、仕切り部176が形成されることで、励起光L1が他の画素へ進入することを防ぐことができ、これは励起光によるノイズの低減に貢献する。そのため、蛍光検出精度をさらに高めることができる。

[0062] 1. 1. 7 例1-7（多層膜反射フィルタとトレンチのバリエーション）

上記例6において説明した撮像素子は、画素単位の周囲の全て（画素単位を規定する矩形の4辺の全て）にわたって仕切り部が多層膜反射フィルタの部分まで延長されている。本開示において、仕切り部は、画素単位の周囲のうちの一部においては仕切り部が多層膜反射フィルタの部分まで延長され、画素単位の周囲のうちの残りにおいては仕切り部が多層膜反射フィルタの部分まで延長されず、蛍光検出用のフォトダイオードの部分まで存在している。この構成について、図9を参照しながら説明する。

[0063] 同図の左側の（d）には、撮像素子180の画素単位181の断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

同図の右側の（a）には、同図の（d）のうち、破線A-A'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の（b）には、同図の（d）のうち、破線B－B'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の（c）には、同図の（d）のうち、破線C－C'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の左側の（e）には、同図の（a）、（b）、及び（c）における破線D－D'、破線E－E'、及び破線F－F'における断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

[0064] 同図の（d）に示される断面においては、仕切り部186は、フォトダイオード184の部分から多層膜反射フィルタ182の部分まで延長されている。

一方で、同図の（e）に示される断面においては、仕切り部186は、フォトダイオード184の部分まで設けられているが、多層膜反射フィルタ182の部分には設けられていない。これにより、同図の（a）、（b）、及び（c）の励起光L1が、その矢印の方向に進行するように照射されることが可能となる。この方向に進行するように励起光L1が照射されることで、励起光がフォトダイオード184に進行することを防ぐことができ、励起光に起因するノイズを低減することができる。これは、蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0065] また、同図に示されるように、ウェルの側壁部分に、励起光L1を検出するためのN領域183が設けられていてよい。これにより、励起光のシグナルを読み出すことが可能となる。

また、同図に示されるように、N領域183は、トレンチ186と接続されていてよい。これにより、キャリア（電子またはホール）の読み出しが可

能となる。

この実施態様において、蛍光シグナルに加え、励起光シグナルも読み出される。これに伴い、画素単位 181 は、2 セットの電子読み出し部を有してよく、その一方が、蛍光シグナルを読み出すものであり、他方が励起光シグナルを読み出すものである。

同図に示されるように、画素単位 181 は、ゲート電極部 105 (TG)、フローティングディフュージョン FD、及び、コンタクト CS を有し、これらが蛍光シグナルを読み出す電子読み出し部を構成する。これらは、上記例 1-1 において説明したとおりであり、その説明が本実施態様においても当てはまる。

また、同図に示されるように、画素単位 181 は、さらに、ゲート電極部 TG2、フローティングディフュージョン FD2、及びコンタクト CS2 が設けられてよい。これらは、励起光シグナルを読み出す電子読み出し部を構成する。これらも、上記例 1-1 において説明したとおりであり、その説明が本実施態様においても当てはまる。なお、同図においては、TG2 は N 領域 183 と接続されていないが、TG2 は N 領域 183 と接続するように構成されてもよい。この場合は、FD2 は不要であり、CS2 が TG2 へ接続されてもよい。

[0066] 1. 1. 8 例 1-8 (透明ウェル)

本開示において、ウェルの側壁部分は、透明であってよい。具体的には、当該側壁部分は、励起光を透過させる程度に透明であってよい。この構成について、図 10 を参照しながら説明する。

[0067] 同図の左側の (d) には、撮像素子 190 の画素単位 191 の断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

同図の右側の (a) ~ (c) は、画素単位 191 が格子状に配列されている撮像素子 190 の受光面の一部を示す模式図であり、より具体的には、以下のとおりの断面の模式図である。

同図の右側の（a）には、同図の（d）のうち、破線A－A'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の（b）には、同図の（d）のうち、破線B－B'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の（c）には、同図の（d）のうち、破線C－C'の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

[0068] 画素単位191は、透明材料で形成されたウェル199を有する。ウェル199の上面は、同図に示されるように、透明でない材料から形成されたシート192によって覆われていてよい。

ウェル199の形状及びサイズは、上記例1－1において説明したとおりであってよく、その説明が本例についても当てはまる。また、ウェル199は、上記例1－1において説明したとおり、分析物が保持されるように構成されてよい。

[0069] 画素単位191は、フォトダイオード194を有する。当該フォトダイオードは、例えばSiフォトダイオードであってよく、例えばSiのN領域194N及びP領域195Pを有してよい。同図に示されるように、N領域194Nは、その周囲を、P領域195Pによって囲まれていてよい。

[0070] 画素単位191は、フォトダイオード194を有する。フォトダイオード194は、前記ウェルの底部側にだけ設けられていてよい。

また、画素単位101は、ポリシリコン（Poly-Si）195（TG）を有する。当該ポリシリコンは、ゲート電極部として機能する。さらに、画素単位101は、フローティングディフュージョンFD及びコンタクトCSを有す

る。これらは、上記例１－１において説明したとおりである。

[0071] 画素単位１９１は、仕切り部１９６によって、他の単位画素と区切られている。仕切り部１９６は、トレンチと呼ばれてもよい。

仕切り部１９６は、或る単位画素と他の単位画素との間に設けられている。仕切り部１９６は、絶縁体又は金属によって構成されてよい。仕切り部１９６は、フォトダイオード１９４の部分をカバーするように設けられているが、ウェル１９９の部分へは延長されていなくてよい。これにより、励起光Ｌ１を、受光面と平行に進行させることができる。また、励起光Ｌ１が受光面と平行に進行させることで、励起光が、フォトダイオード１９４へ進入することを防ぐことができる。これは、蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0072] 撮像素子１９０は、裏面照射型であり、すなわち、フォトダイオードの蛍光入射側とは反対側に配線層が設けられている。

フォトダイオード１９４の一方の側にウェル１９３が設けられており、フォトダイオード１９４の反対側に配線層（図示されていない）が設けられている。すなわち、単位画素１９１は、配線層、検出部（フォトダイオード）、及び分析物保持部（ウェル）がこの順に並んでいる積層構造を有する。本開示の撮像素子は、このように構成されていることで、より大きな蛍光信号を取得することができ、これは蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0073] 撮像素子１９０を生体試料分析のために用いる場合、分析物をウェル内に到達させ且つ保持するために、空間が形成されてよい。当該空間は、分析物が流れる流路であってよい。例えば、分析物を含む液状試料が当該空間を流れて、当該分析物が、ウェル底面で捕捉されうる。当該空間の少なくとも一部はウェル形状によって形成されてよい。当該空間の他の一部は、図１０に示されるように透明基板１９８によって形成されてよい。透明基板１９８は、透明であるので、励起光をウェル内へ到達させることができる。透明基板１９８の材料は、例えばガラスであってよいが、樹脂（例えばアクリル樹脂又はポリカーボネート樹脂など）であってもよい。

このように、撮像素子１９０は、分析物をウェル内へ到達させるための空

間を有してよく、さらに、当該空間を形成する透明基板 198 を有してよい。

[0074] 1. 1. 9 例 1-9 (透明ウェルとトレンチ)

上記例 8 において説明した画素単位のウェル側壁は、その全体が透明であるものである。本開示において、ウェル側壁のうち、励起光が進行する部分は透明であってよく、その他の部分はフォトダイオードによって形成されていてよい。この構成について、図 11 を参照しながら説明する。

[0075] 同図の左側の (d) には、撮像素子 200 の画素単位 201 の断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

同図の右側の (a) ~ (c) は、画素単位 201 が格子状に配列されている撮像素子 200 の受光面の一部を示す模式図であり、より具体的には、以下のとおりの断面の模式図である。

同図の右側の (a) には、同図の (d) のうち、破線 A-A' の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の (b) には、同図の (d) のうち、破線 B-B' の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の右側の (c) には、同図の (d) のうち、破線 C-C' の位置における断面の模式図であり、この模式図では、複数の画素単位が、格子状に配列されている状態が示されている。また、当該断面は、当該撮像素子の受光面に平行な面における断面である。

同図の左側の (e) には、同図の (a)、(b)、及び (c) における破線 D-D'、破線 E-E'、及び破線 F-F' における断面の模式図が示されている。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面であ

る。

[0076] 画素単位201は、同図の(d)及び(e)に示されるように、分析物が保持されるウェルを有する。

同図の(e)に示されるように、当該ウェルの側壁のうち励起光L1が通過する部分(すなわち励起光L1の進行方向と直行する側壁)は、透明であり、これにより励起光の進行が妨げられない。当該透明側壁は、フォトダイオードが設けられておらず、また、仕切り部も設けられていない。

一方で、同図の(d)に示されるように、当該ウェルの側壁のうち励起光L1の進行方向と平行な側壁は、フォトダイオードによって形成され、且つ、仕切り部が設けられている。

このように、本開示の撮像素子の画素単位が有するウェルは、その一部が透明であり、残りが透明でなくてよい。そして、透明でない部分は、例えばフォトダイオードによって形成されてよい。これにより、励起光を受光面と平行に進行させることができ、且つ、励起光照射により生じた蛍光をより多く受光することができる。これは、蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0077] 1. 2 励起光遮断部に関する構成例

[0078] 1. 2. 1 例2-1(基本構成例)

上記1. 1のいくつかの例において、多層膜反射フィルタをウェルの表面に設ける構成を説明した。これらの例では、多層膜反射フィルタは、励起光が検出部(フォトダイオード)へ進行することを防ぐための構成要素として用いられている。すなわち、当該多層膜反射フィルタは、励起光遮断部として用いられており、当該励起光遮断部は、分析物保持部(ウェル)上に設けられている。すなわち、各画素単位には、前記励起光が検出部へ到達することを防ぐ励起光遮断部が設けられていてよい。また、前記励起光遮断部は、前記蛍光を透過させるように構成されてよい。

本開示において、励起光遮断部は、分析物保持部(ウェル)と検出部(フォトダイオード)との間に設けられてもよい。以下で、このように設けられた励起光遮断部を有する本開示に従う裏面照射型撮像素子の構成例を、図1

2を参照しながら説明する。同図は、本開示に従う裏面照射型撮像素子の画素単位の断面の模式図を示す。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

[0079] 画素単位301は、ウェル303及びフォトダイオード304を有する。画素単位301は、ウェル303及びフォトダイオード304の間に、絶縁膜302及び多層膜反射フィルタ307を有している。多層膜反射フィルタ307は、上記で述べた励起光遮断部に相当する。このように、画素単位301は、フォトダイオード304、多層膜反射フィルタ307、絶縁膜302、及びウェル303がこの順に並んでいる積層構造を有するように構成されてよい。

本開示に従う撮像素子は、上記例1-1において説明したように、格子状に配列された複数の画素単位301を有してよい。

[0080] ウェル303は、分析物を保持するように構成されてよく、すなわち分析物保持部に相当する。

ウェル303の受光面と平行な面における形状は、上記例1-1において説明したように、矩形であってよいが、他の多角形であってもよく、又は、円形又は楕円形などであってもよい。

ウェル303は、上記例1-1において説明したように、分析物を保持するように構成されてよく、すなわち分析物保持部に相当する。

ウェル303及び画素単位301のサイズは、上記例1-1においてウェル103及び画素単位101について説明したとりであってよく、その説明が本例においても当てはまる。

[0081] ウェル303は、分析物が保持されるように構成されてよい。例えばウェル303の表面（特には底面）には、上記例1-1において説明したように、分析物を保持する化合物が固定化されていてよい。

[0082] フォトダイオード304は、例えばSiフォトダイオードであってよく、例えばSiのN領域304N及びP領域304Pを有してよい。同図に示されるように、N領域304Nは、その周囲を、P領域304Pによって囲ま

れていてよい。

フォトダイオード304は、同図に示されるように、前記ウェルの底部側に設けられている。

[0083] 画素単位301は、ゲート電極部305を有する。当該ゲート電極部305は、バーティカルトランスファーゲート（VG: Vertical Transfer Gate）として構成されてよい。代替的には、当該ゲート電極部305は、トランスファーゲート（TG）として構成されてもよい。当該ゲート電極部は、ポリシリコン（Poly-Si）を有するものであってよい。当該ゲート電極部を介して、フォトダイオード304に蓄積された信号電荷が読み出される。画素単位301はさらに、フォトダイオードに蓄積された電子が転送されるフローティングディフュージョンFD及び該フローティングディフュージョンに接続されたコンタクトCSを有してよい。

同図に示されるとおり、フォトダイオード304は、埋め込み型フォトダイオード構造を有してよい。当該構造を有するフォトダイオード304に、ゲート電極部305が接続されており、フォトダイオード304に蓄積された電子は、ゲート電極部305からフローティングディフュージョンFDへ転送され、そして、コンタクトCSから読みだされる。

本開示において、フォトダイオードから電子を読み出すために設けられる構成要素を電子読み出し部ともいう。当該電子読み出し部は、上記のとおり、ゲート電極部305（VG）、フローティングディフュージョンFD、及びコンタクトCSを有してよい。FD及びVGは、互いに接触していてもよく又は互いと接触していなくてもよく、これらの接触の有無はゲート電極部のON電圧により変わりうる。同図においては、フローティングディフュージョンは、画素単位のそれぞれに設けられており、当該電子読み出し部は、いわゆるFD非共有方式の構造を有するが、当該電子読み出し部は、上記例1-1において説明したように、FD非共有方式の構造を有してもよい。

[0084] 絶縁膜302は、例えば酸化珪素膜、窒素含有酸化珪素膜、窒化珪素膜、酸素含有窒化珪素膜、又は金属酸化物膜であってよい。絶縁膜は、高密度プ

ラズマ処理された絶縁膜であってもよい。

[0085] 多層膜反射フィルタ 307 は、上記で図 7 A 及び B を参照して説明したとおりであってよく、その説明が本例においても当てはまる。すなわち、当該多層膜反射フィルタは、高屈折率材料から形成された層 H（以下「高屈折率層 H」ともいう）と低屈折率材料から形成された層 L（以下「低屈折率層 H」ともいう）とが交互に積層された積層構造を有する。

当該多層膜反射フィルタは、上記式（1）で表される差 ΔT が最大化されるように構成されてよい。

[0086] 本開示において、このように多層膜反射フィルタが、ウェル（分析物保持部）とフォトダイオード（検出部）との間に設けられてよい。当該多層膜反射フィルタは、ウェル（及び分析物）へ照射された励起光を遮断し、且つ、分析物から生じた蛍光を透過させる。これにより、励起光に起因するノイズを低減することができる。これは、蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0087] 多層膜反射フィルタ 307 の厚み T5 は、例えば 100 nm ~ 30 μ m、好ましくは 150 nm ~ 20 μ m、より好ましくは 200 nm ~ 15 μ m であってよい。

[0088] 画素単位 301 は、仕切り部 306 によって、他の単位画素と区切られている。仕切り部 306 は、トレンチと呼ばれてもよい。

仕切り部 306 は、或る単位画素と他の単位画素との間に設けられている。仕切り部 306 は、絶縁体又は金属によって構成されてよい。仕切り部 306 によって、単位画素 301 に進入した励起光及び画素単位 301 内の分析物 S1 から生じた蛍光が、他の単位画素へ進入することを防ぐ。また、仕切り部 306 は、フォトダイオード 304 内の電子が、他の単位画素のフォトダイオードへ進入することを防ぐ。

[0089] 複数の画素単位 301 を有する本開示の撮像素子は、裏面照射型であり、すなわち、フォトダイオードの蛍光入射側とは反対側に配線層が設けられている。

フォトダイオード 304 の一方の側にウェル 303 が設けられており、フ

フォトダイオード304の反対側に配線層が設けられている。すなわち、画素単位201は、配線層、検出部（フォトダイオード）、及び分析物保持部（ウェル）がこの順に並んでいる積層構造を有する。本開示の撮像素子は、このように構成されていることで、より大きな蛍光信号を取得することができ、これは蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0090] 複数の画素単位301を有する本開示の撮像素子は、上記1. 1において説明したように、当該複数の画素単位301が格子状に配列されている構成を有してよい。1つの撮像素子が有する画素単位301の数並びに撮像素子のサイズ及び形状は、上記1. 1において説明したとおりであり、その説明が本例においても当てはまる。

[0091] 複数の画素単位301を有する本開示の撮像素子を生体試料分析のために用いる場合、分析物をウェル内に到達させ且つ保持するために、空間が形成されてよい。当該空間は、分析物が流れる流路であってよい。例えば、分析物を含む液状試料が当該空間を流れて、当該分析物が、ウェル底面で捕捉されうる。当該空間の少なくとも一部はウェル形状によって形成されてよい。当該空間の他の一部は、図12に示されるように透明基板308によって形成されてよい。透明基板308は、透明であるので、励起光をウェル内へ到達させることができる。透明基板308の材料は、例えばガラスであってよいが、樹脂（例えばアクリル樹脂又はポリカーボネート樹脂など）であってもよい。

このように、本開示の撮像素子は、分析物をウェル内へ到達させるための空間を有してよく、さらに、当該空間を規定する透明基板308を有してよい。

[0092] 1. 2. 2 例2-2（2階構造のフォトダイオード）

上記例1-1において説明した画素単位に、さらに励起光を検出するためのフォトダイオードが追加されてもよい。すなわち、本開示において、各画素単位は、前記励起光を検出する励起光検出部をさらに備えていてよい。そして、本開示の裏面照射型撮像素子は、前記励起光検出部が取得した信号を

用いて、前記蛍光検出部が取得した信号の処理が行われるように構成されてよい。

当該フォトダイオードが追加された画素単位の構成例について、以下で、図 13 を参照しながら説明する。同図は、本開示に従う裏面照射型撮像素子の画素単位の断面の模式図を示す。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

[0093] 画素単位 311 は、ウェル 313 及び蛍光検出用フォトダイオード 314 を有する。画素単位 311 は、ウェル 313 及びフォトダイオード 314 の間に、絶縁膜 312、励起光を検出するためのフォトダイオード 319、及び多層膜反射フィルタ 317 を有している。多層膜反射フィルタ 317 は、上記で述べた励起光遮断部に相当する。このように、画素単位 311 は、蛍光検出用フォトダイオード 314、多層膜反射フィルタ 317、励起光検出用フォトダイオード 319、絶縁膜 312、及びウェル 313 がこの順に並んでいる積層構造を有するように構成されてよい。

本開示に従う撮像素子は、上記例 1-1 において説明したように、格子状に配列された複数の画素単位 311 を有してよい。

[0094] 蛍光検出用フォトダイオード 314、ゲート電極部 315 (VG)、フローティングディフュージョン FD、コンタクト CS、多層膜反射フィルタ 317、絶縁膜 312、及びウェル 313 は、上記例 2-1 において説明した蛍光検出用フォトダイオード 304、多層膜反射フィルタ 307、絶縁膜 302、及びウェル 303 と同じであってよく、上記 2-1 における当該説明が本例においてもあてはまる。

[0095] 励起光検出用フォトダイオード 319 は、例えば Si フォトダイオードであってよく、例えば Si の N 領域 319N 及び P 領域 319P を有してよい。同図に示されるように、N 領域 319N は、その周囲を、P 領域 319P によって囲まれていてよい。

励起光検出用フォトダイオード 319 は、同図に示されるように、ウェル 313 と多層膜反射フィルタ 317 との間に設けられてよい。

[0096] 励起光検出用フォトダイオード319には、ゲート電極部320が設けられていてよい。当該ゲート電極部を介して、励起光検出用フォトダイオード319に蓄積された信号電荷が読み出される。

ゲート電極部320（VG2）は、励起光検出用フォトダイオード319の電子を読み出すように構成されている。ゲート電極部320（VG2）は、電子を読み出す部分と、多層膜反射フィルタ317及び蛍光検出用フォトダイオード314を通過する部分とを有する。前者の部分は、ポリシリコン（Poly-Si）を有するものであってよい。後者の部分は、例えば絶縁膜に覆われた金属電極であってよく、当該金属電極が配線層と接続されうる。

また、画素単位311はさらに、励起光検出用フォトダイオードに蓄積された電子が転送されるフローティングディフュージョンFD及び該フローティングディフュージョンに接続されたコンタクトCSを有してよい。

同図に示されるとおり、フォトダイオード319は、埋め込み型フォトダイオード構造を有してよい。当該構造を有するフォトダイオード319に、ゲート電極部320（VG2）が接続されており、フォトダイオード319に蓄積された電子は、ゲート電極部320からフローティングディフュージョンFDへ転送され、そして、コンタクトCSから読みだされる。

[0097] 前記励起光検出用フォトダイオードによって、励起光のシグナルを検出することができる。励起光シグナルに基づき、蛍光シグナルに含まれる励起光ノイズを軽減又は除去することができる。これは、蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0098] 1. 2. 3 例2-3（2階構造のフォトダイオードと吸収フィルタ）

上記例1-1において説明した画素単位は、2つのフォトダイオードの間に多層膜反射フィルタが設けられている。本開示において、2つのフォトダイオードの間に、多層膜反射フィルタの代わりに、励起光を吸収する光学特性を有する吸収フィルタが設けられてもよい。当該吸収フィルタは、蛍光を透過させる光学特性を有する。当該吸収フィルタを有する画素単位の構成例について、以下で、図14を参照しながら説明する。同図は、本開示に従う

裏面照射型撮像素子の画素単位の断面の模式図を示す。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

- [0099] 画素単位 3 2 1 は、ウェル 3 2 3 及び蛍光検出用フォトダイオード 3 2 4 を有する。画素単位 3 2 1 は、ウェル 3 2 3 及びフォトダイオード 3 2 4 の間に、絶縁膜 3 2 2 - 1、励起光検出用フォトダイオード 3 2 7、吸収フィルタ 3 2 6、及び絶縁膜 3 2 2 - 2 を有している。吸収フィルタ 3 2 6 は、上記で述べた励起光遮断部に相当する。このように、画素単位 3 2 1 は、蛍光検出用フォトダイオード 3 2 4、吸収フィルタ 3 2 6、励起光検出用フォトダイオード 3 2 7、及びウェル 3 2 3 がこの順に並んでいる積層構造を有するように構成されてよい。

本開示に従う撮像素子は、上記例 1 - 1 において説明したように、格子状に配列された複数の画素単位 3 2 1 を有してよい。

- [0100] 蛍光検出用フォトダイオード 3 2 4、ゲート電極部 3 2 5、フローティングディフュージョン F D、コンタクト C S、絶縁膜 3 2 2 - 1 及び絶縁膜 3 2 2 - 2、及びウェル 3 2 3 は、上記例 2 - 1 において説明した蛍光検出用フォトダイオード 3 0 4、ゲート電極部 3 0 5、フローティングディフュージョン F D、コンタクト C S、絶縁膜 3 0 2、及びウェル 3 0 3 と同じであってよく、上記例 2 - 1 における当該説明が本例においてもあてはまる。

励起光検出用フォトダイオード 3 2 7、ゲート電極部 3 2 9、フローティングディフュージョン F D 2、及びコンタクト C S 2 は、上記例 2 - 2 において説明した励起光検出用フォトダイオード 3 1 9、ゲート電極部 3 2 0、フローティングディフュージョン F D 2、及びコンタクト C S 2 と同じであってよく、上記例 2 - 2 における当該説明が本例においてもあてはまる。

- [0101] 吸収フィルタ 3 2 6 は、特定の波長域の光を選択的に透過し且つその他の波長域の光を吸収する光学特性を有するフィルタであってよい。吸収フィルタ 3 2 6 は、蛍光を選択的に透過し且つ少なくとも励起光を吸収する光学特性を有するフィルタであってよい。

本開示において、このような吸収フィルタが、励起光検出用フォトダイオ

ードと蛍光検出用フォトダイオードのとの間に設けられる。前記吸収フィルタにより、蛍光検出用フォトダイオードへ励起光が進行することを防ぐことができ、これは蛍光検出精度の向上に貢献する。また、励起光の光路上において、前記吸収フィルタは励起光検出用フォトダイオードの前に配置されているので、前記吸収フィルタは、励起光検出用フォトダイオードによる励起光検出精度に悪影響を及ぼさない。

[0102] また、本開示において、図 16 に示されるように、1つのP領域344P内に、蛍光検出用のN領域344N-1及び励起光検出用のN領域344N-2が設けられてもよい。P領域344PとN領域344N-1とが蛍光検出用フォトダイオードとして機能する。当該蛍光検出用フォトダイオードに蓄積した電子は、電子読み出し部（ゲート電極部345-1、フローティングディフュージョンFD、及びコンタクトCSを含む）によって読み出される。

P領域344PとN領域344N-2とが励起光検出用フォトダイオードとして機能する。当該励起光検出用フォトダイオードに蓄積した電子は、電子読み出し部（ゲート電極部345-2、フローティングディフュージョンFD2、及びコンタクトCS2を含む）によって読み出される。

本開示において、各画素単位は、このような2階構造のフォトダイオードを有するように構成されてよい。当該構成に関して、後段の例4-1以降においてより詳細に説明する。

[0103] 1. 2. 4 例2-4（光電変換膜の利用）

上記例2-3において説明した画素単位は、励起光検出用フォトダイオードを有している。本開示において、励起光検出用フォトダイオードの代わりに、光電変換膜が設けられてもよい。当該光電変換膜は、波長選択性を有する光電変換膜であってよく、特に励起光を選択的に光電変換する光電変換膜であってよい。このように、励起光は、光電変換膜によって検出されてもよい。当該光電変換膜を有する画素単位の構成例について、以下で、図15を参照しながら説明する。同図は、本開示に従う裏面照射型撮像素子の画素

単位の断面の模式図を示す。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

- [0104] 画素単位 331 は、ウェル 333 及び蛍光検出用フォトダイオード 334 を有する。画素単位 331 は、ウェル 333 及びフォトダイオード 334 の間に、絶縁膜 332-1、光電変換膜 337、吸収フィルタ 336、及び絶縁膜 322-2 を有している。吸収フィルタ 336 は、上記で述べた励起光遮断部に相当する。このように、画素単位 331 は、蛍光検出用フォトダイオード 334、吸収フィルタ 336、光電変換膜 337、及びウェル 333 がこの順に並んでいる積層構造を有するように構成されてよい。

本開示に従う撮像素子は、上記例 1-1 において説明したように、格子状に配列された複数の画素単位 331 を有してよい。

- [0105] 蛍光検出用フォトダイオード 334、ゲート電極部 335、フローティングディフュージョン FD、コンタクト CS、絶縁膜 332-1 及び絶縁膜 332-2、及びウェル 333 は、上記例 2-1 において説明した蛍光検出用フォトダイオード 304、ゲート電極部 305、フローティングディフュージョン FD、コンタクト CS、絶縁膜 302、及びウェル 303 と同じであってよく、上記例 2-1 における当該説明が本例においてもあてはまる。

吸収フィルタ 336 は、上記例 2-3 において説明した吸収フィルタ 326 と同じであってよく、上記例 2-3 における当該説明が本例においてもあてはまる。

- [0106] 光電変換膜 337 は、波長選択性を有する光電変換膜であってよく、特に分析物に照射される励起光を選択的に光電変換する光電変換膜である。光電変換膜 337 は、分析物への励起光照射により生じた蛍光を光電変換するものでなくてよい。当該光電変換膜は、例えば無機材料又は有機材料によって構成されてよい。

- [0107] 前記無機材料は、例えば無機半導体材料であってよい。一実施態様において、当該無機半導体材料は、III-V 族半導体材料であってよく、例えばガリウムヒ素系半導体及びインジウムリン系半導体であってよい。このよう

な材料として、より具体的には、InGaAs、GaAs、InP、及びGaNを挙げることができ、特に、当該材料はInGaAsであってよい。他の実施態様において、前記無機材料は、二次元半導体材料であってもよく、当該材料は、 MoS_2 、又は WS_2 、であってよい。さらに他の実施態様において、前記無機材料は、 GaO_3 であってもよい。

[0108] 前記有機材料は、例えば有機半導体材料であってよい。光電変換膜が、前記有機半導体材料から形成される場合、前記光電変換膜は、例えばp型有機半導体の層、n型有機半導体の層、及びp型有機半導体とn型有機半導体との混合層から選ばれる1以上の層を有してよい。

例えば、前記光電変換膜は、p型有機半導体の単層構造を有してよく、又は、n型有機半導体の単層構造を有してよく、又は、p型有機半導体とn型有機半導体との混合層の単層構造を有してよい。

また、前記光電変換膜は、p型有機半導体層とn型有機半導体層との積層構造を有してよく、すなわち「p型有機半導体層／n型有機半導体層」という積層構造を有してよい。また、前記光電変換膜は、p型有機半導体層及び／又はn型有機半導体層と前記混合層とが積層された構造を有してもよい。例えば、前記光電変換膜は、「p型有機半導体層／p型有機半導体とn型有機半導体との混合層／n型有機半導体層」という積層構造、「p型有機半導体層／p型有機半導体とn型有機半導体との混合層」という積層構造、または、「n型有機半導体層／p型有機半導体とn型有機半導体との混合層」の積層構造を有してもよい。

[0109] 前記p型有機半導体としては、ナフタレン誘導体、アントラセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、ペリレン誘導体、テトラセン誘導体、ペンタセン誘導体、キナクリドン誘導体、チオフェン誘導体、チエノチオフェン誘導体、ベンゾチオフェン誘導体、ベンゾチエノベンゾチオフェン誘導体、トリアリルアミン誘導体、カルバゾール誘導体、ペリレン誘導体、ピセン誘導体、クリセン誘導体、フルオランテン誘導体、フタロシアニン誘導体、サブフタロシアニン誘導体、サブポルフィラジン誘導体、複素環化合物

を配位子とする金属錯体、ポリチオフェン誘導体、ポリベンゾチアジアゾール誘導体、ポリフルオレン誘導体等を挙げることができる。前記 p 型有機半導体は、これらのうちの 1 つまたは 2 以上であってよい。

[0110] 前記 n 型有機半導体としては、フラーレン及びフラーレン誘導体（例えば、C₆₀や、C₇₀、C₇₄等のフラーレン（高次フラーレン、内包フラーレン等）又はフラーレン誘導体（例えば、フラーレンフッ化物やPCBMフラーレン化合物、フラーレン多量体等））、p 型有機半導体よりもHOMO及びLUMOが大きい（深い）有機半導体、透明な無機金属酸化物を挙げることができる。前記 n 型有機半導体は、これらのうちの 1 つまたは 2 以上であってよい。

[0111] 前記 n 型有機半導体として、具体的には、窒素原子、酸素原子、硫黄原子を含有する複素環化合物、例えば、ピリジン誘導体、ピラジン誘導体、ピリミジン誘導体、トリアジン誘導体、キノリン誘導体、キノキサリン誘導体、イソキノリン誘導体、アクリジン誘導体、フェナジン誘導体、フェナントロリン誘導体、テトラゾール誘導体、ピラゾール誘導体、イミダゾール誘導体、チアゾール誘導体、オキサゾール誘導体、イミダゾール誘導体、ベンズイミダゾール誘導体、ベンゾトリアゾール誘導体、ベンズオキサゾール誘導体、ベンズオキサゾール誘導体、カルバゾール誘導体、ベンゾフラン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、サブポリフィラジン誘導体、ポリフェニレンビニレン誘導体、ポリベンゾチアジアゾール誘導体、ポリフルオレン誘導体等を分子骨格の一部に有する有機分子、有機金属錯体やサブフタロシアニン誘導体を挙げることができる。

[0112] 前記フラーレン誘導体に含まれる基等として、ハロゲン原子；直鎖、分岐若しくは環状のアルキル基若しくはフェニル基；直鎖若しくは縮環した芳香族化合物を有する基；ハロゲン化物を有する基；パーシャルフルオロアルキル基；パーフルオロアルキル基；シリルアルキル基；シリルアルコキシ基；アリールシリル基；アリールスルファニル基；アルキルスルファニル基；アリールスルホニル基；アルキルスルホニル基；アリールスルフィド基；アル

キルスルフィド基；アミノ基；アルキルアミノ基；アリールアミノ基；ヒドロキシ基；アルコキシ基；アシルアミノ基；アシルオキシ基；カルボニル基；カルボキシ基；カルボキソアミド基；カルボアルコキシ基；アシル基；スルホニル基；シアノ基；ニトロ基；カルコゲン化物を有する基；ホスフィン基；ホスホン基；これらの誘導体を挙げることができる。

[0113] 前記光電変換膜の膜厚は、例えば $1 \times 10^{-8} \text{ m}$ （メートル） $\sim 5 \times 10^{-7} \text{ m}$ 、好ましくは $2.5 \times 10^{-8} \text{ m} \sim 3 \times 10^{-7} \text{ m}$ 、より好ましくは $2.5 \times 10^{-8} \text{ m} \sim 2 \times 10^{-7} \text{ m}$ 、さらには $1 \times 10^{-7} \text{ m} \sim 1.8 \times 10^{-7} \text{ m}$ であってよい。なお、有機半導体は、p型、n型と分類されることが多いが、p型とは正孔を輸送し易いという意味であり、n型とは電子を輸送し易いという意味であり、無機半導体のように熱励起の多数キャリアとして正孔又は電子を有しているという解釈に限定されるものではない。

[0114] 緑色の波長の光を光電変換する光電変換膜を構成する材料としては、例えば、ローダミン系色素、メラシアニン系色素、キナクリドン誘導体、サブフタロシアニン系色素（サブフタロシアニン誘導体）等を挙げることができる。

また、青色の光を光電変換する光電変換膜を構成する材料としては、例えば、クマリン酸色素、トリスー８ーヒドリキシキノリアルミニウム（Alq3）、メラシアニン系色素等を挙げることができる。

さらに、赤色の光を光電変換する光電変換膜を構成する材料としては、例えば、フタロシアニン系色素、サブフタロシアニン系色素（サブフタロシアニン誘導体）を挙げることができる。

さらにまた、前記光電変換膜としては、紫外域から赤色域にかけて略全ての可視光に対して感光するパシクロマチックな感光性有機光電変換膜を用いることも可能である。

[0115] 光電変換膜 337 による光電変換によって生じた信号電荷は、例えば、光電変換膜 337 に設けられたゲート電極部 339 によって読み出されてよい。さらに、光電変換膜 337 には、フローティングディフュージョン F D 2

及びコンタクトCS2が設けられてよい。ゲート電極部339、フローティングディフュージョンFD2、及びコンタクトCS2は、上記例2-2において説明したゲート電極部320、フローティングディフュージョンFD2、及びコンタクトCS2と同じであってよく、上記例2-2における当該説明が本例においてもあてはまる。

読み出された信号電荷に基づき、蛍光検出用フォトダイオード334によって検出された蛍光信号のノイズ低減処理が行われうる。このようにして、蛍光検出精度が向上されうる。

[0116] 1. 2. 5 例2-5（2階構造のフォトダイオードと吸収フィルタの他の構成例）

上記例2-1～2-4において説明した画素単位は、蛍光検出用フォトダイオードを有している。本開示において、蛍光検出用フォトダイオードの代わりに、量子ドット光電変換膜が用いられてよく、例えば複数の量子ドット光電変換膜が積層された多層膜が用いられてもよい。以下でこのように構成された画素単位の例を、図17を参照しながら説明する。同図は、本開示に従う裏面照射型撮像素子の画素単位の断面の模式図を示す。当該断面は、当該撮像素子の受光面に垂直な面における断面である。

[0117] 画素単位351は、ウェル353に加え、量子ドット光電変換膜354-1～354-5が積層された多層膜を有している。ウェル353と前記多層膜との間には、絶縁膜352が設けられている。

[0118] 量子ドット光電変換膜のそれぞれは、特定の波長の光を光電変換する。すなわち、前記多層膜は、互いに異なる波長の光（特には蛍光）を光電変換する複数の量子ドット光電変換膜を有する。これにより、種々の波長の蛍光を検出することができる。

また、前記複数の量子ドット光電変換膜の一つ以上が、励起光を光電変換するものであってもよい。これにより、励起光が検出されてもよい。

各量子ドット光電変換膜は、それぞれ電子読み出し部355-1～355-5と接続されてよい。各電子読み出し部から、各電子読み出し部に接続さ

れた量子ドット光電変換膜における信号が読み出される。各電子読み出し部は、上記で説明したように、ゲート電極部（TG又はVG）を有してよい。また、各電子読み出し部は、フローティングディフュージョンFD及び／又はコンタクトCSを有するものであってもよい。

なお、同図の画素単位は、5つの量子ドット光電変換膜が積層された多層膜を有するが、画素単位が有する量子ドット光電変換膜の数は5つに限定されない。本開示において、画素単位は、量子ドット光電変換膜を1つ有してもよく、又は、2以上の量子ドット膜光電変換膜を有してよい。

量子ドットは、その粒径に応じて、光電変換する光の波長が変わる。そこで、量子ドットの粒径を変更することで、種々の蛍光に対応することができる。

[0119] 1. 2. 6 例2-6（透明基板への吸収フィルタの積層）

本開示の撮像素子は、上記で説明したとおり、透明基板と組み合わされて流路を形成するために用いられる。すなわち、本開示は、当該撮像素子と当該透明基板とを備えており、当該撮像素子と当該透明基板とが流路を形成している流路ユニットも提供する。

本開示において、当該透明基板に、吸収フィルタが積層されてもよい。吸収フィルタが積層された透明基板に関する構成例を、図18を参照しながら説明する。

[0120] 同図のA～Dのいずれにおいても、画素単位311が示されている。当該画素単位311は、上記例2-2において図13を参照して説明したとおりのものであり、その説明が本例においても当てはまる。

[0121] 一実施態様において、同図のAにおいて示されるとおり、透明基板318の2つの主面のうち、ウェル側の面とは反対側の面に吸収フィルタ361が積層されてよい。

[0122] 他の実施態様において、同図のBに示されるとおり、透明基板318の2つの主面のうち、ウェル側の面とは反対側の面に吸収フィルタ362が積層され、且つ、当該吸収フィルタ362は仕切り部363によって画素毎に区

分けされていてよい。

- [0123] さらに他の実施態様において、同図のCに示されるとおり、透明基板318の2つの主面のうち、ウェル側の面とは反対側の面に、2の吸収フィルタ364及び365が積層されてよい。これら2つの吸収フィルタ364及び365は、互いに異なる波長の光を吸収するように構成されてよい。

なお、透明基板の1つの主面に積層される吸収フィルタの数は、1又は2に限定されず、3以上であってもよい。

- [0124] さらに他の実施態様において、同図のDに示されるとおり、透明基板318の2つの主面のうち、ウェル側の面に、吸収フィルタ366が積層されてよい。

なお、同図のDでは1層の吸収フィルタが当該面に積層されているが、当該面に、2以上の吸収フィルタが積層されてもよく、これら2以上の吸収フィルタは、互いに異なる波長の光を吸収するように構成されてよい。

- [0125] 以上のように、吸収フィルタを透明基板に積層することによって、不要な光を吸収させて、必要な励起光だけを分析物に到達させることができる。また、不要な光が、蛍光検出用フォトダイオードに到達することも防ぐことができる。これは、蛍光検出精度の向上に貢献する。

さらに、吸収フィルタを利用することで、LEDやレーザなどの高価且つナローバンドな光源を使わずとも、生体試料分析システムを構築できる

- [0126] 1. 2. 7 例2-7（ウェルの変形例）

本開示において、ウェルの底面（すなわち分析物が保持される面）に、凹凸形状が設けられてよい。

また、本開示において、ウェルの周囲に、画素単位を規定するように仕切り部が設けられていてもよい。

これらの構成例について、図19を参照しながら説明する。

- [0127] 同図のAに示されている撮像素子の画素単位311-1は、ウェル313のウェル底面371に凹凸形状が設けられていること以外は、上記例2-2において図13を参照して説明した撮像素子の画素単位311と同じである

。

本開示において、撮像素子の画素単位 3 1 1 - 1 のように、ウェルの底の表面に凹凸形状が設けられてよい。例えば、当該表面に、例えば円錐形状、円柱形状、立方体形状、直方体形状、角錐形状（例えば三角錐、四角錐、又は五角錐形状）の凸状構造が規則的に又は不規則的に設けられてよい。代替的には、円錐形状、円柱形状、立方体形状、直方体形状、角錐形状（例えば三角錐、四角錐、又は五角錐形状）の凹状構造が規則的に又は不規則的に設けられてよい。

このような表面によって、ウェル底面での、蛍光の表面反射を防ぐことができる。そのため、このような表面は、より多くの蛍光を生じさせることができ、これは蛍光検出精度の向上に貢献する。

これら凸状構造又は凹状構造の寸法は、好ましくは検出されるべき蛍光の波長よりも小さくてよい。このように小さい寸法を有する構造体は、蛍光の反射を防ぐために特に適している。

[0128] 同図の B に示されている撮像素子の画素単位 3 1 1 - 2 は、ウェル 3 1 3 の周囲に仕切り部 3 7 2 がウェルを囲むように設けられていること以外は、上記例 2 - 2 において図 1 3 を参照して説明した撮像素子の画素単位 3 1 1 と同じである。すなわち、画素単位 3 1 1 - 2 は、破線によって囲まれている部分の仕切り部 3 7 2 を有するが、画素単位 3 1 1 はその部分に仕切り部を有さない。仕切り部 3 7 2 によって、ウェル部分においても、画素単位が区分けされている。仕切り部 3 7 2 は、絶縁体又は金属によって形成されてよい。

本開示において、仕切り部がウェルの周囲に設けられていることによって、ウェル内の分析物から生じた蛍光やウェルに照射された励起光が、他の画素単位のフォトダイオードへと進行することを防ぐことができる。これにより、他の画素単位における光に起因するノイズを低減することができ、これは、蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0129] 1. 2. 8 例 2 - 8（ウェルの傾き）

本開示において、蛍光検出用フォトダイオードと多層膜反射フィルタとの積層面に対してウェルの底面が傾斜されているように、ウェルが設けられていてよい。このように傾斜させてウェルを設けるために、例えばウェルを支持する絶縁膜に傾斜が設けられていてよい。

また、このように傾斜させてウェルを設ける場合に、絶縁膜中にレンズが設けられてよい。当該レンズは、蛍光の少なくとも一部を、蛍光検出用フォトダイオードにおいて集光させる光学特性を有するレンズであってよい。

なお、当該レンズは、励起光の少なくとも一部を、励起光検出用フォトダイオードに集光させる光学特性を有してもよい。

以下で、ウェルが傾斜されているところの構成例について、図20を参照しながら説明する。

[0130] 同図のAに示されている撮像素子の画素単位381-1は、蛍光検出用フォトダイオード384、当該蛍光検出用フォトダイオードに接続されたゲート電極部385、フローティングディフュージョンFD、コンタクトCS、仕切り部386、多層膜反射フィルタ387、励起光検出用フォトダイオード389、当該励起光検出用フォトダイオードに接続されたゲート電極部390、フローティングディフュージョンFD2、及びコンタクトCS2を有する。これらは、上記例2-2において図13を参照して説明した蛍光検出用フォトダイオード314、ゲート電極部315、フローティングディフュージョンFD、コンタクトCS、仕切り部316、多層膜反射フィルタ317、励起光検出用フォトダイオード319、ゲート電極部320、フローティングディフュージョンFD2、及びコンタクトCS2と同じであり、その説明が本例にもあてはまる。また、透明基板388も、上記例2-2において図13を参照して説明した透明基板318と同じである。

[0131] 画素単位381-1は、ウェル383を有する。当該ウェルは、蛍光検出用フォトダイオード384へ蛍光が進入する入射面（すなわち、蛍光検出用フォトダイオード384と多層膜反射フィルタ387との積層面）に対して傾斜するように設けられている。すなわち、分析物が保持されるウェル底面

が、当該入射面（すなわち当該積層面）に対して傾斜されている。

[0132] 上記のとおりウェルを傾斜させるために、画素単位 381-1 は、ウェル 383 と励起光検出用フォトダイオード 389 との間に設けられている絶縁膜 382 が傾斜を有するように構成されている。すなわち、当該絶縁膜の 2 つの主面が、互いに平行でなく、交差するように（すなわち 0 度超の角度を形成するように）設けられる。

なお、代替的に、励起光フォトダイオードの上面（励起光の入射面）が傾斜されていてもよく、この場合は、絶縁膜の 2 つの主面が、互いに平行であってよい。

[0133] 励起光として直進する光（例えばレーザ光）が用いられた場合に、このようにウェル（特に分析物が保持されるウェル底面）が傾斜されていることで、蛍光検出用フォトダイオードへ入射する励起光を減少させることができる。これは、励起光によるノイズの低減をもたらし、蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0134] 同図の B に示されている撮像素子 381-2 は、絶縁膜 382 の内部にレンズ 391 が設けられていること以外は、同図の A に示されている撮像素子の画素単位 381-1 と同じである。

レンズ 391 は、分析物 S1 への励起光照射により生じた蛍光の少なくとも一部を、蛍光検出用フォトダイオード 384 に集光させるように構成されてよい。

なお、レンズ 391 の形状は、同図に示されるような凸レンズに限られず、回折レンズなどであってもよい。

[0135] 当該レンズが設けられることで、より多くの蛍光をフォトダイオードへ入射させることができる。これは、蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0136] 1. 2. 9 例 2-9（ウェルのシフト）

本開示の撮像素子は、蛍光検出用フォトダイオードの位置に対して、ウェルの位置がシフトできるように構成されてよい。以下で、このように構成された撮像素子の例について、図 21 を参照しながら説明する。

[0137] 同図のAには、複数の画素単位401a、401b、及び401cが配列された撮像素子400が示されている。これら画素単位は、蛍光検出用フォトダイオードの位置に対してウェル・BR>S03の位置が移動可能であること及びカラーフィルタ404が設けられていること以外は、絶縁膜上記例2-2において図13を参照して説明した画素単位311と同じである。カラーフィルタ404は、カラーフィルタ領域404a、404b、及び404cを有する。画素単位401aに設けられたカラーフィルタ領域404a、画素単位402bに設けられたカラーフィルタ領域404b、及び画素単位401cに設けられたカラーフィルタ領域404cは、互いに異なる波長の光を透過させる。なお、用語「カラーフィルタ領域」は、各画素単位への着目という観点から、「領域」を省略し、単に「カラーフィルタ」と称されてもよい。

[0138] 同図のAには、ウェル403の移動前の状態が示されている。同図のBには、ウェル403の移動途中の状態が示されており、同図のCには、ウェル403の移動後の状態が示されている。これらの図に示されるように、ウェル403は、蛍光検出用フォトダイオードの位置に対して移動することができる。一方で、励起光検出用フォトダイオード及び多層膜反射フィルタは、蛍光検出用フォトダイオードの位置に対して移動できないように固定されている。また、当該移動に伴い、透明基板408も移動可能であってよい。

これらの図に示される3種の画素単位401a、401b、及び401cには、互いに異なる波長の光を透過させるカラーフィルタ404a、404b、及び404cがそれぞれ設けられている。これらカラーフィルタは、前記励起光検出用フォトダイオード及び前記多層膜反射フィルタと同じく、前記蛍光検出用フォトダイオードの位置に対して移動できないように固定されてよい。

また、当該カラーフィルタが設けられる位置は適宜選択されてよい。当該カラーフィルタは、例えば同図に示されるように絶縁膜402上に設けられてよく、又は、前記絶縁膜と前記励起光検出用フォトダイオードとの間に設

けられてよく、又は、前記励起光検出用フォトダイオードと前記多層膜反射フィルタとの間に設けられてよく、又は、前記多層膜反射フィルタと前記蛍光検出用フォトダイオードとの間に設けられてもよい。

同図のAに示されるように、ウェル403の移動前においては、分析物Sbは、中央画素単位401b状のウェルに保持されている。同図のCに示されるように、ウェル403の移動後においては、分析物Sb及び分析物Sbを保持するウェルは、右側の画素単位401c上に移動する。ここで、画素単位401b上に存在するカラーフィルタ404bが透過させる光の波長は、右側の画素単位401c上に存在するカラーフィルタ404cが透過させる光の波長と異なる。これにより、当該分析物Sbから生じた光が、例えば前記中央の画素単位401bによっては検出されないが、当該移動後の前記右側の画素単位401cによっては検出されてよい。反対に、当該分析物から生じた光が、前記中央の画素単位401bによっては検出されるが、当該移動後の前記右側の画素単位401cによっては検出されなくてよい。これにより、分析物がどの波長帯の光を生成しているかを区別することができる。また、移動前の状態での光検出及び移動後の状態での光検出という1シーケンスにおいて、2つの波長の光を確認することができる。これにより分析速度が向上される。

以上の説明における実施態様では、1つのウェルが、前記移動によって2つの画素上を移動する。この場合、カラーフィルタは、位置に応じて異なる2つの波長の光を透過させるように構成されてよい。

また、カラーフィルタは、ウェルの位置に応じて異なる3つ以上の波長の光を透過させるように構成されてよく、さらに、ウェルの位置を制御することによって、1シーケンスで異なる3以上の波長の光が検出されてもよい。

このようにウェルがシフト可能であることによって、分析物から生じる光を、複数の画素で検出することができるという効果が発揮される。

なお、上記で説明した図においては、3つのカラーフィルタ404a、404b、及び404cは、互いに異なる波長の光を透過させる光学特性を有

するものであるが、カラーフィルタの構成はこれに限定されない。例えばカラーフィルタ404a及びカラーフィルタ404cは同じ波長の光を透過させるものであり、且つ、カラーフィルタ404bが透過させる光の波長が、カラーフィルタ404a及びカラーフィルタ404cと異なってもよい。また、カラーフィルタ404a及びカラーフィルタ404bは同じ波長の光を透過させるものであり、且つ、カラーフィルタ404cが透過させる光の波長が、カラーフィルタ404a及びカラーフィルタ404bと異なってもよい。

また、上記で説明した図においては、透過させる光の波長が異なる3種のカラーフィルタ領域404a、404b、及び404cが示されており、すなわち互いに異なる光学特性を有する3種のカラーフィルタが示されている。本開示において、カラーフィルタ領域の光学特性の種類数は、3種に限定されない。例えば、カラーフィルタは、互いに異なる波長の光を透過させる2種以上のカラーフィルタ領域を有してよく、例えば2種～10種、特に2種、3種、又は4種のカラーフィルタ領域を有してよい。

[0139] 1. 2. 10 例2-10（導波路、吸収フィルタ、プラズモンフィルタ、メタマテリアル、又は偏光子の利用）

本開示の撮像素子は、蛍光検出用フォトダイオードとウェルとの間に、導波路、吸収フィルタ、プラズモンフィルタ、メタマテリアル、及び偏光子のうちの1つ以上を備えられていてもよい。以下で、このように構成された撮像素子の例について、図22～図29を参照しながら説明する。

[0140] 図22に示される画素単位411-1は、ウェル413、蛍光検出用フォトダイオード414、当該蛍光検出用フォトダイオードに接続されたゲート電極部415、フローティングディフュージョンFD、コンタクトCS、仕切り部416、多層膜反射フィルタ417、励起光検出用フォトダイオード419、当該励起光検出用フォトダイオードに接続されたゲート電極部420、フローティングディフュージョンFD2、及びコンタクトCS2を有する。これらは、上記例2-2において図13を参照して説明したウェル31

3、蛍光検出用フォトダイオード314、ゲート電極部315、フローティングディフュージョンFD、コンタクトCS、仕切り部316、多層膜反射フィルタ317、励起光検出用フォトダイオード319、ゲート電極部320、フローティングディフュージョンFD2、及びコンタクトCS2と同じであり、その説明が本例にもあてはまる。また、透明基板418も、上記例2-2において図13を参照して説明した透明基板318と同じである。

[0141] 画素単位411-1は、蛍光検出用フォトダイオード414とウェル413との間に、吸収フィルタ412及び導波路421を有する。より具体的には、蛍光検出用フォトダイオード414、多層膜反射フィルタ417、導波路421、吸収フィルタ412、励起光検出用フォトダイオード419、及びウェル413が、この順に並んでいる積層構造を有している。

[0142] 吸収フィルタ412は、例えば、励起光を吸収する光学特性を有してよい。さらに、吸収フィルタ412は、蛍光を透過させる光学特性を有してよい。吸収フィルタ412によって、蛍光以外の不要な光が、蛍光検出用フォトダイオード414に到達することを防ぐことができる。これは、蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0143] また、導波路421が、吸収フィルタ412と多層膜反射フィルタ417との間に存在することで、蛍光を、より確実に蛍光検出用フォトダイオードに到達させることができる。これは、蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0144] 図23に示される画素単位411-2は、導波路を有する。導波路の代わりに、同図に示されるようにレンズ422又は回折格子を有してよい。当該レンズ又は当該回折格子は、蛍光を集光するように構成されてよく、特に蛍光検出用フォトダイオードで集光するように構成されてよい。これにより、蛍光検出精度が高められる。

[0145] また、当該レンズ又は当該回折格子は、波長依存性を有してよい。より具体的には、特定の波長の光を特定の位置で集光し、且つ、他の特定の波長の光を他の特定の位置で集光するように構成されてよい。すなわち、波長に応じて集光ポイントを変えることができる。

また、同図に示されるように、1つのP領域中に2以上のN領域が形成されてよく、すなわち2以上のフォトダイオードが形成されてよい。そして、波長に応じて集光ポイントが異なり、且つ、2以上のフォトダイオードが形成されることで、分光することができる。

[0146] 図24に示される画素単位411-3は、アレイ状に配列された導波路424を有している。画素単位411-3は、導波路がアレイ状に配列されていること以外は、上記で説明した図22に記載の画素単位411-1と同じである。また、当該導波路は、絶縁膜425内に形成されてよい。

[0147] 図25に示される画素単位411-4は、吸収フィルタ412を有さないこと以外は、上記で説明した図24に記載の画素単位411-3と同じである。本開示の撮像素子は、このように吸収フィルタを有さなくてよく、導波路と多層膜反射フィルタを有するものであってもよい。

[0148] 図26に示される画素単位411-5は、吸収フィルタ412、導波路424、及び多層膜反射フィルタ417の積層順序が異なること以外は、図24に記載の画素単位411-3と同じである。すなわち、画素単位411-5は、蛍光検出用フォトダイオード414、吸収フィルタ412、導波路424、多層膜反射フィルタ417、励起光検出用フォトダイオード419、及びウェル413が、この順に並んでいる積層構造を有している。

[0149] 図27に示される画素単位411-6は、多層膜反射フィルタ417と励起光検出用フォトダイオードとの間に、レンズ構造が形成されている。当該レンズ構造は、例えば吸収フィルタ426の形状を調整することによってレンズとして機能するように構成されたレンズ構造であってよい。同図においては、模式的に吸収フィルタ426に、凹部が形成されており、この凹部の構造がレンズとして機能するように構成されている。このような凹レンズ形状によって、混色を防ぐことができる。

[0150] 図28に示される画素単位411-7は、多層膜反射フィルタ417と励起光検出用フォトダイオードとの間に、プラズモンフィルタ427を有している。当該プラズモンフィルタは、特定の波長の光だけを透過させる光学特

性を有する。そのため、当該プラズモンフィルタは、例えば蛍光だけを透過させるように構成されてよい。当該プラズモンフィルタは、金属粒子（特にナノ粒子）の含むものであってよく、例えば金（Au）粒子を含むものであってよい。

代替的には、当該画素単位は、プラズモンフィルタ 4 2 7 の代わりに、メタマテリアルを有してもよい。より特には、当該画素単位は、多層膜反射フィルタ 4 1 7 と励起光検出用フォトダイオードとの間に、メタマテリアルから形成された層（「メタマテリアル層」ともいう）を有してもよい。当該メタマテリアル層は、特定の波長の光だけを透過させる光学特性を有してよく、特に蛍光検出用フォトダイオードによって検出されるべき蛍光を選択的に透過させるように構成されてよい。

[0151] 図 2 9 に示される画素単位 4 1 1 - 8 は、多層膜反射フィルタ 4 1 7 と励起光検出用フォトダイオードとの間に、偏光子 4 2 8 を有している。当該偏光子を利用する場合は、好ましくは、励起光は偏光光である。当該偏光子は、励起光である偏光光を消光させ且つ蛍光を透過させる光学特性を有するものであってよい。なお、偏光子を利用する実施態様については、後段でより詳細に説明する。

[0152] 以上のような構成によっても、蛍光検出精度を向上させることができる。

[0153] 1. 2. 1 1 例 2 - 1 1 （ウェル上に配置される蛍光反射材料）

本開示において、ウェルの上部に、分析物への励起光照射によって生じた蛍光を反射する材料が配置されてよい。当該材料は、特に、当該励起光を透過させるものであってよい。当該材料は、例えば積層膜であってよい。この構成について、以下で図 3 0 を参照しながら説明する。

[0154] 同図に示される画素単位 4 3 1 は、ウェル 4 3 3、蛍光検出用フォトダイオード 4 3 4、当該蛍光検出用フォトダイオードに接続されたゲート電極部 4 3 5、フローティングディフュージョン F D、コンタクト C S、仕切り部 4 3 6、多層膜反射フィルタ 4 3 7、励起光検出用フォトダイオード 4 3 9、当該励起光検出用フォトダイオードに接続されたゲート電極部 4 4 0、フ

ローティングディフュージョンFD2、及びコンタクトCS2を有する。これらは、上記例2-2において図13を参照して説明したウェル313、蛍光検出用フォトダイオード314、ゲート電極部315、フローティングディフュージョンFD、コンタクトCS、仕切り部316、多層膜反射フィルタ317、励起光検出用フォトダイオード319、ゲート電極部320、フローティングディフュージョンFD2、及びコンタクトCS2と同じであり、その説明が本例にもあてはまる。

[0155] 同図に示されるように、積層膜441が、ウェルの直上、特に分析物の直上に配置するように設けられている。すなわち、積層膜441及びウェル433によって分析物S1を挟むように、当該積層膜は設けられる。当該積層膜は、例えば上記で述べた透明基板に積層されてよい。

当該積層膜は、分析物への励起光照射によって生じた蛍光（破線矢印）を反射し、且つ、励起光を透過させる。当該励起光照射によって、蛍光検出用フォトダイオードへ向かって進行する蛍光が生じるが、蛍光検出用フォトダイオードと反対側（すなわちウェル開口部側）へと進行する蛍光も生じうる。当該積層膜によって、当該反対側へ進行する蛍光が反射されて、蛍光検出用フォトダイオードによって検出される。これは、蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0156] 1. 2. 12 例2-12（ピンホール構造）

本開示において、ウェルの上部に、分析物への励起光照射によって生じた蛍光を反射するためのピンホール構造又はMEMSシャッターが設けられてもよい。この構成について、以下で図31を参照しながら説明する。

[0157] 同図に示される画素単位451は、ウェル453、蛍光検出用フォトダイオード454、当該蛍光検出用フォトダイオードに接続されたゲート電極部455、フローティングディフュージョンFD、コンタクトCS、多層膜反射フィルタ457、励起光検出用フォトダイオード459、当該励起光検出用フォトダイオードに接続されたゲート電極部460、フローティングディフュージョンFD2、及びコンタクトCS2を有する。これらは、上記例2

ー 2 において図 1 3 を参照して説明したウェル 3 1 3、蛍光検出用フォトダイオード 3 1 4、ゲート電極部 3 1 5、フローティングディフュージョン FD、コンタクト CS、多層膜反射フィルタ 3 1 7、励起光検出用フォトダイオード 3 1 9、ゲート電極部 3 2 0、フローティングディフュージョン FD 2、及びコンタクト CS 2 と同じであり、その説明が本例にもあてはまる。

[0158] 同図に示されるように、ウェル 4 5 3 の開口部には、ピンホール H 1 が空いている蓋部 4 6 1 が設けられている。

蓋部 4 6 1 にピンホール H 1 が設けられていることで、励起光（同図の実線矢印）を分析物 S 1 に向けて照射することができる。

蓋部 4 6 1 は、例えば蛍光を反射させる材料（金属、例えば Al によって、その内面（ウェル側の面）が形成されてよい。これにより、分析物 S 1 への励起光照射によって生じた蛍光（同図の破線矢印）が、ウェル外へ出ることなく、同図に示されるように蓋部 4 6 1 によって反射されて、蛍光検出用フォトダイオード 4 5 4 へ向かって進行する。

[0159] また、同図に示されるように、仕切り部 4 5 6 が、当該蓋部に到達するように延長されている。仕切り部 4 5 6 は、例えば、蛍光を蛍光検出用フォトダイオード 4 5 4 へと導く導光壁として構成されてよい。例えば、仕切り部 4 5 6 は、屈折率が低いクラッド材料又は金属（例えば Cu、W、又は Ti などの、埋め込み易い光反射性材料）によって形成されてよい。また、いくつかの実施態様においては、仕切り部 4 5 6 は、エアギャップであってもよい。

[0160] 以上のとおりの蓋部及び仕切り部によって、蛍光検出用フォトダイオードへ到達する蛍光の量を増やすことができ、これは蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0161] また、前記蓋部 4 6 1 は、MEMS シャッターであってもよい。MEMS シャッターが用いられる場合の例を、図 3 2 を参照しながら説明する。同図に示されるように撮像素子の画素単位 3 7 1 は、図 3 1 において示された撮像素子の画素単位 3 6 1 の蓋部に、MEMS シャッター 3 7 2 が追加された

構成を有する。MEMSシャッター372が、同図の矢印D1の方向に移動することで、ピンホールの開閉が制御される。

[0162] 1. 2. 13 例2-13 (Si1階構造上に設けられた励起光遮断部)

上記例2-11において図22~27を参照して説明した画素単位は、蛍光検出用フォトダイオード及び励起光検出用フォトダイオードを有し、すなわちSi2階構造を有し、さらにして、当該Si2階構造に加えて、多層膜反射フィルタ及び吸収フィルタや導波路などの励起光遮断部を有する。

本開示において、画素単位は、励起光検出用フォトダイオードを有さず、蛍光検出用フォトダイオードと励起光遮断部を有するように構成されてもよい。この構成について、以下で図33A及びBを参照しながら説明する。

[0163] 図33A及びBに示される画素単位471-1~471-6は、励起光検出用フォトダイオード及びそれに接続されたゲート電極部を有さないこと以外は、図22~27に示される画素単位411-1~411-6と同様である。

このように、本開示の画素単位は、蛍光検出用フォトダイオードと励起光遮断部（多層膜反射フィルタと吸収フィルタ、導波路、又はレンズとを含む）との積層構造を有してもよい。

[0164] 1. 2. 14 例2-14 (Si2階構造上に設けられた励起光遮断部)

上記例2-11において図22~27を参照して説明した画素単位は、蛍光検出用フォトダイオード及び励起光検出用フォトダイオードの間に、励起光遮断部を有している。本開示において、画素単位は、蛍光検出用フォトダイオードと励起光検出用フォトダイオードとの間に、励起光遮断部の構成要素の一部が設けられており、且つ、励起光検出用フォトダイオードとウェルとの間に励起光遮断部の構成要素の他の一部が設けられてもよい。この構成について、以下で図34A及びBを参照しながら説明する。

[0165] 図34A及びBに示される画素単位481-1~481-6は、励起光遮断部の構成要素の一部が、ウェルと励起光検出用フォトダイオードとの間にあり且つ当該励起光遮断部の構成要素の残りが、ウェルと励起光検出用フォ

トダイオードとの間に存在すること以外は、図 22～27 に示される画素単位 411-1～411-6 と同様である。本開示の画素単位は、このように構成されてもよい。

[0166] 1. 2. 15 例 2-15 (トレンチの形状)

上記例 2-1 において説明した画素単位が複数配列された撮像素子において、隣り合う 2 つの画素単位の多層膜反射フィルタは、図 35 の左の領域 490 において示されるように、仕切り部によって区切られる。当該仕切り部のトレンチ形状は、例えば同図の右の (a)～(c) のいずれかの形状を有してよい。これらの形状について以下で説明する。

[0167] 当該トレンチ形状は、同図 (a) に示されるように、高屈折率層 H における略直方体形状及び低屈折率層 L における略台形形状が交互に積層された形状を有してよい。すなわち、高屈折率層 H においては、垂直に多層膜反射フィルタが掘られ、低屈折率層 L においては、テーパ角を有するように多層膜反射フィルタが掘られてよい。

代替的には、高屈折率層 H 及び低屈折率層 L の両方において、テーパ角を有するように多層膜反射フィルタが掘られてよい。これにより、当該トレンチ形状は、同図 (b) に示されるように、多層膜反射フィルタの浅い部分から深い部分に向かうにつれ幅が狭くなるような形状を有してよい。

代替的には、高屈折率層 H 及び低屈折率層 L の両方において、テーパ角を有さないように多層膜反射フィルタが掘られてよい。これにより、当該トレンチ形状は、同図 (c) に示されるように、多層膜反射フィルタのいずれの深さにおいても一定の幅を有する形状であってよい。

[0168] 1. 3 偏光子を有する励起光遮断部に関する構成例

[0169] 1. 3. 1 例 3-1 (基本構成例)

本開示に従う裏面照射型撮像素子は、上記 1. 2 において述べたように励起光遮断部を有してよい。一実施態様において、当該励起光遮断部は偏光子を含んでよい。この場合において、前記励起光は、例えば偏光光であってよい。

以下で、偏光子を有する本開示の裏面照射型撮像素子の構成例について、以下で図面を参照しながら説明する。

[0170] 生体由来物質等の試料を検出する固体撮像装置において、高い励起光カット率（高S／N比）及び画素サイズの微細化（高スループット）が求められている。

上記例1．2において説明した画素単位301が、図36Aに示されている。当該画素単位は、励起光を遮断するための構成要素として、多層膜反射フィルタ307を有する。高い励起光カット率を得るためには多層膜反射フィルタの膜厚を高くすることが必要であるが、トレードオフとして画素構造の厚さが増し、微細化を進めるほど光学的クロストークが発生しやすくなる。

[0171] 画素単位301の多層膜反射フィルタ307の厚みT1は、励起光の透過をより確実に防ぐためには、例えば数 μm 程度（特には3 μm ～4 μm 程度）とすることが考えられる。当該多層膜反射フィルタの代わりに偏光子を有する本開示の裏面照射型撮像素子は、例えば図36Bに示されるような構成を有し、当該偏光子の厚みT2は、例えば1 μm 以下（特には0.2 μm ～0.3 μm 程度）とすることができる。

このように、本開示において励起光遮断部として偏光子を用いることで、画素の低背化が可能である。これは、画素の微細化のために非常に有利である。

また、偏光子は高い励起光カット率を有するので、多層膜反射フィルタの代わりに偏光子を用いることによって、S／N比の向上を実現することができる。これは、蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0172] 偏光子はその並びの方向に対して入射してくるS偏光またはP偏光のどちらか一方の偏光光を透過させ、他方を消光する。そこで、本開示において、偏光子によって消光される偏光光が励起光として分析物に照射されてよい。当該照射によって、蛍光が生成される。分析物保持部（特にはナノウェル）を透過した励起光は、偏光子で消光され、蛍光のみが当該偏光子を透過す

る。透過した蛍光は、蛍光検出用フォトダイオードによって検知される。このように、偏光子を用いることによって、偏光選択的に励起光をカットすることができ、すなわち高い励起光カット率を実現することが可能である。また多層膜反射フィルタの厚みと比べて偏光子の厚みは大幅に小さいため、画素の低背化が可能である。画素の低背化は、光学的クロストークの抑制のためにも有用である。また、画素の低背化は、画素の微細化に有利な構造を形成することも可能とする。

[0173] 以下で、偏光子を有する本開示に従う裏面照射型撮像素子について図36B及びCを参照しながら説明する。

同図の右に示される画素単位501は、ウェル503及び蛍光検出用フォトダイオード504を有する。

画素単位501は、ウェル503及びフォトダイオード504の間に、絶縁膜502-1、偏光子507、及び絶縁膜502-2を有している。偏光子507は、上記で述べた励起光遮断部に相当する。このように、画素単位501は、フォトダイオード504、偏光子507、及びウェル503がこの順に並んでいる積層構造を有するように構成されてよい。

本開示に従う撮像素子は、上記例1-1において説明したように、格子状に配列された複数の画素単位501を有してよい。すなわち、同図の左の平面図に示されるように、裏面照射型撮像素子500が、格子状に配列された複数の画素単位501から構成されてよい。

[0174] 同図において、ウェル503、フォトダイオード504（N領域504N及びP領域504P）、ゲート電極部505、仕切り部506、及び透明基板508は、上記例2-1において説明したウェル303、フォトダイオード304（N領域304N及びP領域304P）、ゲート電極部305、仕切り部306、及び透明基板308と同じであってよく、その説明が本例についてもあてはまる。

[0175] 画素単位501は、ウェル503と蛍光検出用フォトダイオード504との間に偏光子507を有する。偏光子507は、絶縁膜502-1を介して

ウェル503と積層されてよい。また、偏光子507は、絶縁膜502-2を介して蛍光検出用フォトダイオード504と積層されてよい。これら絶縁膜は、例えば SiO_2 であってよい。

[0176] 図36Cに示されるように、偏光光である励起光L1（実線矢印）が、分析物S1へ照射される。

当該照射された励起光のうち、一部は、分析物S1を通過して、ウェル503内を進行し、偏光子507へ到達する。偏光光である励起光L1は、偏光子507によって消光される。これにより、励起光L1は、蛍光検出用フォトダイオード504へ到達しない。励起光L1の分析物S1への照射によって、蛍光L2（破線矢印）が生じる。蛍光L2は、偏光子507を透過して、蛍光検出用フォトダイオード504へ到達する。

[0177] 以上のように偏光子によって蛍光を選択的にフォトダイオードへ到達させることができる。これは、蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0178] 1. 3. 2 例3-2（偏光子のパターン）

本開示において、偏光子は偏光情報を取得するために用いられるものでない。そのため、1つの画素単位に1つの偏光子が積層されていてもよいが、複数の画素単位にわたって1つの偏光子が積層されていてもよい。すなわち、1つの偏光子が、2以上の画素単位の検出部をカバーするように設けられてよい。また、フォトダイオードに対する偏光子の向きは、いずれの向きであってもよい。

[0179] 例えば図37の（a）に示されるように、4つのフォトダイオードPD1～PD4に対して1つの偏光子が、画素配列方向に対して斜め方向に配置されてよく、又は、同図の（b）に示されるように、4つのフォトダイオードPD1～PD4に対して1つの偏光子が、画素配列方向に対して水平又は垂直方向に配置されてもよい。

また、同図の（c）及び（d）に示されるように、各フォトダイオードに対して1つの偏光子が、画素配列方向に対して斜め方向に又は水平若しくは垂直方向に配置されてもよい。

[0180] 1. 3. 3 例3-3（非偏光光が用いられる場合の例）

本開示において、光源から出射される光は、非偏光光であってもよい。この場合において、光源から分析部まで光路上に、当該非偏光光を偏光光とする偏光子が配置されてよい。この場合の構成例を、図38を参照しながら説明する。

[0181] 一実施態様において、透明基板に偏光子が積層されてよい。例えば同図に示されるように、透明基板508-1及び508-2の間に偏光子509が設けられてよく、すなわち透明基板、偏光子、及び透明基板の積層構造体が形成されてよい。通常光源から非偏光光L10が照射されて、当該積層構造体へ到達する。当該非偏光光L10が、当該積層構造体を通過した光L11は偏光光である。当該偏光光L11が、分析物へ照射される。

なお、1つの透明基板に偏光子が積層されてもよい。

[0182] 同図に示される画素単位511は、上記例3-1において説明した画素単位501と同じである。画素単位501のフォトダイオード504上に積層された偏光子507は、偏光光L11を消光する光学特性を有する。これにより、上記例3-1において述べたとおりの励起光遮断が可能となる。

[0183] 例えば、前記透明基板としてのカバーガラスに偏光子が搭載される。そして、フォトダイオード上に積層された偏光子は、その透過／消光特性が、カバーガラス上の当該偏光子の偏光光に対する透過／消光特性と反対になるように構成される。すなわち、カバーガラス上の偏光子が透過させる偏光光は、フォトダイオード上に積層された偏光子により消光される。

[0184] このように、特定の偏光光を透過させる偏光子を光源とウェルとの間の光路上に配置し、且つ、当該特定の偏光光を消光する偏光子をウェルと蛍光検出用フォトダイオードとの間の光路上に配置することで、非偏光光を出射する光源を用いることができる。

[0185] 1. 3. 4 例3-4（偏光子と励起光吸収フィルタとの組合せ）

本開示の撮像素子の画素単位は、偏光子に加え、励起光吸収フィルタを有してもよい。これらの組合せにより、励起光をより確実に遮断することがで

きる。このような組合せを有する撮像素子画素単位の構成例を、図39を参照しながら説明する。

[0186] 同図のAに示される撮像素子の画素単位521は、ウェル523及び蛍光検出用フォトダイオード524を有する。

画素単位521は、ウェル523及びフォトダイオード524の間に、絶縁膜522-1、吸収フィルタ（例えば多層膜反射フィルタ）529、偏光子527、及び絶縁膜522-2を有している。吸収フィルタ529及び偏光子527は、上記で述べた励起光遮断部に相当する。このように、画素単位521は、フォトダイオード523、偏光子527、吸収フィルタ529、及びウェル523がこの順に並んでいる積層構造を有するように構成されてよい。

[0187] 同図におけるウェル523、フォトダイオード524（N領域524N及びP領域524P）、ゲート電極部525、仕切り部526、及び透明基板528は、上記例2-1において説明したウェル303、フォトダイオード304（N領域304N及びP領域304P）、ゲート電極部305、仕切り部306、及び透明基板308と同じであってよく、その説明が本例についてもあてはまる。

[0188] 画素単位521は、偏光子527に加えて、吸収フィルタ529をさらに有する。そのため、励起光カット率をさらに高めることができる。

[0189] また、偏光子527の位置及び吸収フィルタ529の位置は、ウェル523と蛍光検出用フォトダイオード524との間（特にはウェル523と蛍光検出用フォトダイオード524との間の励起光の光路上）であればよく、適宜変更されてもよい。

例えば同図のBに示される撮像素子531のように、画素単位521は、フォトダイオード523、吸収フィルタ529、偏光子527、及びウェル523がこの順に並んでいる積層構造を有してもよい。

[0190] 1. 3. 5 例3-5（分析物保持部の材料）

本開示の撮像素子の画素単位は、上記のとおり分析物保持部を有し、特に

は分析物が保持されるウェルを有する。当該分析物保持部は、励起光遮断部に積層されてよく、例えば絶縁膜を介して積層される。分析物保持部及び絶縁膜の材料は、分析対象となる光に悪影響を及ぼさない材料であればよく、当業者により適宜選択されうる。好ましくは、当該材料は、偏光に干渉せず、且つ、試薬に対する耐候性を有する材料である。

[0191] 例えば図36Bに示されるウェル503は、例えば SiO_2 、 SiN 、又は樹脂材料などの材料から形成されてよい。

また、図40のAに示される画素単位541のように、ウェルの底面部分543-2の材料は、ウェルの側壁部分543-1の材料と異なるものであってよい。例えばウェルの底面部分543-2の材料、 SiN 又はガラスであってよい。

また、同図に示されるように、底面部分543-2が、偏光子547（又は吸収フィルタ）に積層されてもよい。すなわち、底面部分543-2がウェル543（特にウェル側壁）と変更子547との間の層間膜として用いられてもよい。

[0192] なお、同図におけるフォトダイオード544（N領域544N及びP領域544P）、ゲート電極部545、仕切り部546、及び透明基板548は、上記例2-1において説明したフォトダイオード304（N領域304N及びP領域304P）、ゲート電極部305、仕切り部306、及び透明基板308と同じであってよく、その説明が本例についてもあてはまる。

[0193] また、同図のBに示される画素単位551のように、ウェルの全体553が、 SiN 又はガラスから形成されてもよい。

なお、同図のBに示される画素単位551のウェル以外の構成要素は、同図のAと同じである。

[0194] 1. 3. 6 例3-6（プラズモンフィルタ）

本開示の撮像素子の画素単位は、励起光遮断部としてプラズモンフィルタを有してもよい。本開示において、プラズモンフィルタの波長選択性を利用して、励起光を選択的に遮断し、蛍光をフォトダイオードに到達させてもよ

い。プラズモンフィルタが用いられる構成例を、図41を参照しながら説明する。

[0195] 同図のAに示される撮像素子の画素単位561は、ウェル563及び蛍光検出用フォトダイオード564を有する。

画素単位561は、ウェル563及びフォトダイオード564の間に、絶縁膜562-1、プラズモンフィルタ567、及び絶縁膜562-2～562-4を有している。プラズモンフィルタ567は、上記で述べた励起光遮断部に相当する。このように、画素単位561は、フォトダイオード564、プラズモンフィルタ567、及びウェル563がこの順に並んでいる積層構造を有するように構成されてよい。

[0196] 同図におけるウェル563、フォトダイオード564（N領域564N及びP領域564P）、ゲート電極部565、仕切り部566、及び透明基板568は、上記例2-1において説明したウェル303、フォトダイオード304（N領域304N及びP領域304P）、ゲート電極部305、仕切り部306、及び透明基板308と同じであってよく、その説明が本例についてもあてはまる。

[0197] プラズモンフィルタ567は、表面プラズモン共鳴効果によって励起光を選択的に遮断し、且つ、蛍光は透過させるフィルタである。当該フィルタは、例えば金属から形成されてよく、例えばAu又はCuから形成されてよいが、これらに限定されない。当該フィルタは、同図のBに示される断面模式図に示されるように、アレイ状に配置されたホール（ホールアレイともいう）を有してよい。

遮断される光の波長は、ホールのピッチ及び／又は直径を調整することによって調整することができる。ピッチおよび直径は、同図のBに示される寸法であってよい。ピッチは、ホールの単位構造が表れる間隔を意味する。これらの調整によって、例えば可視光～近赤外光の波長範囲の光についての透過特性を調整することができる。

[0198] 絶縁膜562-1～562-4の材料は当業者により適宜選択されてよい

。

同図において、ウェルとプラズモンフィルタとの間に3層の絶縁膜が存在するが、絶縁膜の数は、3層でなくてもよい。これらの間に設けられる絶縁膜の層の数は、1層以上であってよく、例えば1層、2層、3層、4層、又は5層であってよい。

同図において、フォトダイオードとプラズモンフィルタとの間に1層の絶縁膜が存在するが、絶縁膜の数は、1層でなくてもよい。これらの間に設けられる絶縁膜の層の数は、1層以上であってよく、例えば1層、2層、3層、4層、又は5層であってよい。

各絶縁膜の材料に関して、上記で述べたように、各絶縁膜は、例えば酸化珪素膜、窒素含有酸化珪素膜、窒化珪素膜、酸素含有窒化珪素膜、又は金属酸化物膜であってよい。各絶縁膜は、高密度プラズマ処理された絶縁膜であってもよい。

[0199] 1. 3. 7 例3-7 (Fabry-Perot共振器分光)

本開示の撮像素子の画素単位は、励起光遮断部としてFabry-Perot構造（以下FP構造ともいう）を有する膜を有してもよい。本開示において、FP構造を有する膜の波長選択性を利用して、励起光を選択的に遮断し、蛍光をフォトダイオードに到達させてもよい。FP構造を有する膜が用いられる構成例を、図4

2を参照しながら説明する。

[0200] 同図に示される撮像素子571は、ウェル573及び蛍光検出用フォトダイオード574を有する。

画素単位571は、ウェル573及びフォトダイオード574の間に、FP構造を有する膜577を有する。FP構造を有する膜577は、上記で述べた励起光遮断部に相当する。このように、画素単位571は、フォトダイオード574、FP構造を有する膜577、及びウェル573がこの順に並んでいる積層構造を有するように構成されてよい。

[0201] 同図におけるウェル573、フォトダイオード574 (N領域574N及

びP領域574P)、ゲート電極部575、仕切り部576、及び透明基板578は、上記例2-1において説明したウェル303、フォトダイオード304(N領域304N及びP領域304P)、ゲート電極部305、仕切り部306、及び透明基板308と同じであってよく、その説明が本例についてもあてはまる。

[0202] FP構造を有する膜577は、FP構造を有する膜は、Fabry-Pérot共振器分光により波長選択的に励起光を遮断する。FP構造を有する膜として、例えばTiO₂/SiO₂系多層膜及びPolySi/SiO₂系多層膜などの高屈折材料多層膜構造を有する膜が用いられてよい。FP構造を有する膜は、多層膜反射フィルタよりも薄い膜厚で励起光のみを選択的にカットすることができる。

[0203] FP構造を有する膜は、当該膜を構成する各層の厚み及び材料並びに層の数などを調整することによって、その光学特性を調整することができる。これに関して、以下で図43を参照しながら説明する。

[0204] 同図のAには、TiO₂/SiO₂系多層膜の各波長での透過率を示すグラフ(上)と当該多層膜の断面模式図(下)が示されている。当該グラフにおいて、横軸λ(nm)は当該多層膜に入射する光の波長λを示し、縦軸Tは、当該多層膜に入射した光のうち当該多層膜を透過した光の割合(すなわち透過率T)を示す。

当該多層膜は、同図に示されるように、18層の膜であり、各層の厚みは各層の右に示されている。当該多層膜の全厚は1168nmである。

同図の積層構造を有する膜へ、同図中の矢印に示される方向へ進行する光の透過率(Siへ到達する光の割合)が、当該グラフにプロットされている。

当該多層膜の透過率は、550nm付近にピークを有する。当該ピークにおける半値幅は約10nmである。

当該多層膜の530nmの励起光の透過率は、550nmの蛍光の透過率に対して1/60以下である。

波長 532 nm の励起光（半値幅約 30 nm）の分析物への照射により波長 553 nm の蛍光が生じる場合を想定する。この場合に関して、当該多層膜は、当該分析物への励起光照射により生じる蛍光を選択的に透過させ、当該励起光を選択的に遮断することができる。

[0205] 同図の B には、Poly Si / SiO₂ 系多層膜の各波長での透過率を示すグラフ（上）と当該多層膜の断面模式図（下）が示されている。当該グラフにおいて、横軸 λ (nm) は当該多層膜に入射する光の波長 λ を示し、縦軸 T は、当該多層膜に入射した光のうち当該多層膜を透過した光の割合（すなわち透過率 T）を示す。

当該多層膜は、同図に示されるように、9 層の膜であり、各層の厚みは各層の右に示されている。当該多層膜の全厚は 650 nm である。

同図の積層構造を有する膜へ、同図中の矢印に示される方向へ進行する光の透過率（Si へ到達する光の割合）が、当該グラフにプロットされている。

当該多層膜の透過率は、550 nm 付近にピークを有する。当該ピークにおける半値幅は約 20 nm である。

当該多層膜の 530 nm の励起光の透過率は、550 nm の蛍光の透過率に対して 1 / 10 以下である。

波長 532 nm の励起光（半値幅約 30 nm）の分析物への照射により波長 553 nm の蛍光が生じる場合を想定する。この場合に関して、当該多層膜は、当該分析物への励起光照射により生じる蛍光を選択的に透過させ、当該励起光を選択的に遮断することができる。

[0206] 以上のとおり、FP 構造を有する膜によって、蛍光を選択的に透過させ、且つ、励起光を選択的に遮断することができる。また、当該膜の構成を調整することで、所望の波長の光を選択的に透過又は遮断することができる。

[0207] 1. 4 PD 縦積み構造に関する構成例

[0208] 1. 4. 1 例 4 - 1（基本構成例）

本開示に従う裏面照射型撮像素子は、上記 1. において述べたように、分

析物への励起光照射により生じた蛍光を検出する蛍光検出部を有する。一実施態様において、当該蛍光検出部は、2以上のフォトダイオードを含んでよい。前記2以上のフォトダイオードは、前記分析物保持部と配線層との間に、縦積み構造を形成するように配置されてよい。

当該2以上のフォトダイオードを有する蛍光検出部を含む本開示の裏面照射型撮像素子の構成例について、以下で図面を参照しながら説明する。

[0209] 生体試料を分析するために、2以上の蛍光物質を用いることが望ましい場合がある。例えば、DNAシーケンシングに関して、1種類の蛍光物質が用いられる1色法ケミストリーを採用する場合よりも、2種類の蛍光物質を用いる2色法ケミストリー又は4種類の蛍光物質を用いる4色法ケミストリーを採用するほうが、スループットが高い。これは、1色法ケミストリーの場合は、各塩基を特定する蛍光物質を使用する際に、蛍光物質とブロック剤を洗い流す作業が必要であり、より多くの回数の染色及びイメージ読み込みが必要であるためであるが、2色法又は4色法ではこれらの回数を減らすことができる。

[0210] 本開示に従う裏面照射型撮像素子の蛍光検出部が2以上のフォトダイオードを有することで、異なる2種以上の波長の光を同時に検出することができる。これにより、2以上の蛍光物質が用いられる生体試料分析におけるスループットを改善することができる。例えばより少ない回数の染色で核酸（例えばDNA又はRNA）の塩基配列を決定することができ、塩基配列決定のスループットを改善することができる。

[0211] 好ましくは、前記2以上のフォトダイオードは、前記分析物保持部と配線層との間に、縦積み構造を形成するように配置されている。これは、例えば核酸シーケンシングのために特に適している。核酸シーケンシングにおいては、面内の特定の位置に固定されたDNAの伸長を蛍光によって検出するので、受光面内における同じ位置にフォトダイオードが縦積みされていることによって（フォトダイオードが深さ方向に積層されていることによって）、当該DNAの伸長を示す蛍光情報を取得しやすい。また、縦積み構造によっ

て、画素単位の受光面におけるサイズを小さくすることができる。

[0212] 前記裏面照射型撮像素子について、以下で図44を参照しながら説明する。同図は、当該裏面照射型撮像素子の一例の断面模式図を示す。

[0213] 画素単位701は、ウェル703を有する。ウェル703は、同図に示されるように、絶縁膜702によって覆われていてよい。

ウェル703は、同図においては、矩形であるが、他の多角形であってもよく、又は、円形又は楕円形などであってもよい。

ウェル703（及びウェルを被覆する絶縁膜702）は、分析物を保持するように構成されてよく、すなわち分析物保持部に相当する。

上記1. 1において説明したウェル103及び絶縁膜102に関する説明が、ウェル703及び絶縁膜702についてもあてはまる。

[0214] 画素単位701は、2つのフォトダイオード704-1及び704-2を有する。当該フォトダイオードは、例えばSiフォトダイオードであってもよい。

フォトダイオード704-1は、N領域704N1及びP領域704Pから構成される。

フォトダイオード704-2は、N領域704N2及びP領域704Pから構成される。

同図において、フォトダイオード704-1のN領域704N1及びフォトダイオード704-2のN領域704N2は接しているが、これら領域は分離されていてもよい。後者の場合、これら2つのN領域は、P領域によって分離されていてもよい。

同図に示されるとおり、N領域704N1及び704N2は、その周囲を、P領域704Pによって囲まれていてよい。

[0215] 本開示において、画素単位がこのように2つのフォトダイオードを有することで、互いに異なる波長を有する2つの光を、1つの画素単位において検出することができる。

本開示において、1つの画素単位が有するフォトダイオードの数は2つに

限定されず、後述のとおり3つ又はそれ以上であってもよい。

[0216] 前記2つのフォトダイオード704-1及び704-2は、同図に示されるとおり、受光面に垂直な方向に並んでおり、すなわち縦積みされている。当該縦積み構造は、上記のとおり例えばDNAシーケンシングにおいて特に適している。

[0217] 画素単位701は、絶縁膜707を有してよい。ウェル703とフォトダイオード704とは、絶縁膜707を介して積層されてよい。

[0218] 同図に示されていないが、画素単位は、仕切り部によって他の単位画素と区切られていてよい。上記1. 1において説明した仕切り部106に関する説明が、本例における仕切り部についてもあてはまる。

[0219] 同図に示されていないが、画素単位は、フォトダイオード704-1及び704-2にそれぞれ接続されたゲート電極部を有する。当該ゲート電極部は、上記1. 1において説明したようにポリシリコンであってよい。当該ゲート電極部の構成例は、以下4. 2において説明する。

[0220] 画素単位701はアレイ状に配列されて撮像素子が形成されてよい。当該撮像素子は、裏面照射型であり、すなわち、フォトダイオードの蛍光入射側とは反対側に配線層（図示されていない）が設けられている。

フォトダイオード704の一方の側にウェル703が設けられており、フォトダイオード704の反対側に配線層が設けられている。すなわち、単位画素701は、配線層、検出部（フォトダイオード）、及び分析物保持部（ウェル）がこの順に並んでいる積層構造を有する。本開示の撮像素子は、このように構成されていることで、より大きな蛍光信号を取得することができ、これは蛍光検出精度の向上に貢献する。

[0221] 1. 4. 2 例4-2（2層のフォトダイオードを有する撮像素子の構成例）

上記例4-1において説明した撮像素子は、2層のフォトダイオードそれぞれに接続されたゲート電極部を有する。当該2層のフォトダイオードが縦積み構造を形成している場合、ウェルからより遠いフォトダイオード（下層

のフォトダイオード)の受光面積は、ウェルにより近いフォトダイオード(上層のフォトダイオード)の受光面積よりも小さい。これにより、これら2つのフォトダイオードにそれぞれ割り当てられるゲート電極を形成しやすく、特に画素単位的面積(受光面に平行な面の面積)を小さくすることができる。これに関して、以下で図45を参照しながら説明する。

[0222] 同図の上には、二層のフォトダイオードを有する撮像素子画素単位の模式的な断面図が示されている。当該断面図は、受光面と垂直な平面の模式的な断面図である。

[0223] 画素単位711は、ウェル713及び絶縁膜712及び717を有する。これらは、上記例4-1において述べたウェル703及び絶縁膜702及び707と同じであり、その説明が本例においてもあてはまる。

[0224] 画素単位は、2つのフォトダイオード714-1及び714-2を有する。これらフォトダイオードは、例えばSiフォトダイオードであってよい。

フォトダイオード714-1は、N領域714N1及びP領域714Pから構成される。

フォトダイオード714-2は、N領域714N2及びP領域714Pから構成される。

同図において、N領域714N1及びN領域714N2は接しているが、これら領域は分離されていてもよい。後者の場合、これら2つのN領域は、P領域によって分離されていてもよい。

同図に示されるとおり、N領域714N1及び714N2は、その周囲を、P領域714Pによって囲まれていてよい。

[0225] 前記2つのフォトダイオード714-1(特にN領域714N1)及びフォトダイオード714-2(特にN領域714N2)は、同図に示されるとおり、受光面に垂直な方向に並んでおり、すなわち縦積みされている。当該縦積み構造は、上記のとおり例えばDNAシーケンシングにおいて特に適している。

[0226] フォトダイオード714-1は、ゲート電極部715-1と接続されてい

る。フォトダイオード714-2は、ゲート電極部715-2と接続されている。これらゲート電極部は、上記1. 1において説明したようにポリシリコンから形成されてよい。これらゲート電極部は、配線層と接続されている。また、前記撮像素子は裏面照射型であり、当該配線層は、同図における下方に配置されている。すなわち、当該撮像素子は、ウェル、フォトダイオード、及び配線層がこの順に並んでいる積層構造を有する。

[0227] 同図の上のA-A'線、B-B'線、及びC-C'線における断面の模式図が、同図の下の方図、B図、及びC図にそれぞれ示されている。これら断面模式図は、複数の上記画素単位711がアレイ状に配列されて撮像素子を形成している場合における断面模式図である。

[0228] A図に示されるように、A-A'線における断面図にはウェル713が表れる。

B図に示されるように、B-B'線における断面図には、フォトダイオード714-1を構成するP領域714P及びN領域714N1が表れる。

C図に示されるように、C-C'線における断面図には、フォトダイオード714-2を構成するP領域714P及びN領域714N2に加え、N領域714N1が表れる。また、B図及びC図から分かるとおり、フォトダイオード714-2のN領域714N2の面積は、フォトダイオード714-1のN領域714N1の面積よりも小さい。この面積の差を利用して、フォトダイオード714-1に接続されたゲート電極部715-1が配置されており、これにより、画素単位が大きくならないように構成されている。

[0229] 以上のとおり、2層のフォトダイオードが縦積み構造を形成するように設けられることによって、互いに異なる波長を有する2つの蛍光を1つの画素単位で検出することができる。

また、当該縦積み構造において、下層に位置するフォトダイオードの受光面積を上層に位置するフォトダイオードよりも小さくすることによって、画素単位が大きくならないようにゲート電極部を設けることができる。これは

、撮像素子の小型化に貢献する。

[0230] 1. 4. 3 例4-3 (3層のフォトダイオードを有する撮像素子の構成例)

上記例4-1及び4-2において説明した撮像素子は、2層のフォトダイオードを有し、これらが蛍光検出部を構成している。本開示の撮像素子の画素単位の蛍光検出部は、3層又はそれより多いフォトダイオードを有してもよい。3層のフォトダイオードを有する蛍光検出部を有する撮像素子画素単位に関して、以下で図46を参照しながら説明する。

[0231] 同図の上には、3層のフォトダイオードを有する撮像素子画素単位の模式的な断面図が示されている。当該断面図は、受光面と垂直な平面の模式的な断面図である。なお、当該断面図において、3つのゲート電極部が示されているが、これらは本例のより良い理解のために便宜上示されているものであり、同図の下に示されている断面図と完全には整合していない。

[0232] 画素単位721は、ウェル723及び絶縁膜722及び727を有する。これらは、上記例4-1において述べたウェル703及び絶縁膜702及び707と同じであり、その説明が本例においてもあてはまる。

[0233] 画素単位は、2つのフォトダイオード724-1、724-2、及び724-3を有する。これらフォトダイオードは、例えばSiフォトダイオードであってよい。

フォトダイオード724-1は、N領域724N1及びP領域724Pから構成される。

フォトダイオード724-2は、N領域724N2及びP領域724Pから構成される。

フォトダイオード724-3は、N領域724N3及びP領域724Pから構成される。

同図において、N領域724N1及びN領域724N2は接しており、またはN領域724N2及びN領域724N3は接している。本開示において、これらN領域は分離されていてもよい。2つのN領域が分離されている場

合、これらN領域は、P領域によって分離されていてよい。

同図に示されるとおり、N領域724N1、724N2、及び724N3は、その周囲を、P領域724Pによって囲まれていてよい。

[0234] 前記3つのフォトダイオード724-1（特にはN領域724N1）及びフォトダイオード724-2（特にはN領域714N2）及びフォトダイオード724-3（特にはN領域714N3）は、同図に示されるとおり、受光面に垂直な方向に並んでおり、すなわち縦積みされている。当該縦積み構造は、上記のとおり例えばDNAシーケンシングにおいて特に適している。

[0235] フォトダイオード724-1は、ゲート電極部725-1と接続されている。フォトダイオード724-2は、ゲート電極部725-2と接続されている。フォトダイオード724-3は、ゲート電極部725-3と接続されている。これらゲート電極部は、上記1. 1において説明したようにポリシリコンから形成されてよい。これらゲート電極部は、配線層と接続されている。また、前記撮像素子は裏面照射型であり、当該配線層は、同図における下方に配置されている。すなわち、当該撮像素子は、ウェル、フォトダイオード、及び配線層がこの順に並んでいる積層構造を有する。

[0236] 同図の上のA-A'線、B-B'線、C-C'線、及びD-D'線における断面の模式図が、同図の下の方のA図、B図、C図、及びD図にそれぞれ示されている。これら断面模式図は、複数の上記画素単位721がアレイ状に配列されて撮像素子を形成している場合における断面模式図である。

[0237] A図に示されるように、A-A'線における断面図にはウェル723が表れる。

B図に示されるように、B-B'線における断面図には、フォトダイオード724-1を構成するP領域724P及びN領域724N1が表れる。

C図に示されるように、C-C'線における断面図には、フォトダイオード724-2を構成するP領域724P及びN領域724N2に加え、N領域724N1が表れる。D図に示されるように、D-D'線における断面図には、フォトダイオード724-3を構成するP領域724P及びN領域

7 2 4 N 3 に加え、N 領域 7 2 4 N 1 及び N 領域 7 2 4 N 2 が表れる。

また、B 図、C 図、及び D 図から分かるとおり、フォトダイオード 7 2 4 - 2 の N 領域 7 2 4 N 2 の面積は、フォトダイオード 7 2 4 - 1 の N 領域 7 2 4 N 1 の面積よりも小さい。また、フォトダイオード 7 2 4 - 3 の N 領域 7 2 4 N 3 の面積は、フォトダイオード 7 2 4 - 2 の N 領域 7 2 4 N 2 の面積よりも小さい。この面積の差を利用して、ゲート電極部 7 2 5 - 1 及び 7 2 5 - 2 が配置されており、これにより、画素単位が大きくならないように構成されている。

[0238] 以上のとおり、3 層のフォトダイオードが縦積み構造を形成するように設けられることによって、互いに異なる波長を有する 3 つの蛍光を 1 つの画素単位で検出することができる。

また、当該縦積み構造において、下層に位置するフォトダイオードの受光面積を上層に位置するフォトダイオードよりも小さくすることによって、画素単位が大きくならないようにゲート電極部を設けることができる。これは、撮像素子の小型化に貢献する。

[0239] 1. 4. 4 例 4 - 4 (2 層のフォトダイオードを有する場合の感度検証)

上記例 4 - 2 において説明した画素単位 7 1 1 について、各フォトダイオードの感度の検証を行った。当該感度検証は、一般的に用いられる蛍光物質の蛍光波長領域の光 (赤色光 (6 6 8 nm) 及び緑色光 (5 4 5 nm)) の、S i の深さ 3 μ m までの光強度の積分値に基づき行われた。

[0240] 図 4 7 に示されるように、上層のフォトダイオード P D 1 (N 領域) の上側端を P D 1 s とし且つ下側端を P D 1 e とする。同様に、下層のフォトダイオード P D 2 (N 領域) の上側端を P D 2 s とし且つ下側端を P D 2 e とする。

[0241] 図 4 8 に、赤色光の光強度及び緑色光の光強度と S i 深さとの関係がプロットされている。当該プロットには、これらの光の吸収についても示されている。当該プロットに示されるように、深さが深くなるにつれて、赤色光及び緑色光の光強度は低下する。これに伴い、これらの光の吸収は増加する。

当該プロットから、PD 1のPD 1 s～PD 1 eまでの位置における光強度の積分値が得られる。同様に、当該プロットから、PD 2のPD 2 s～PD 2 eまでの位置における光強度の積分値が得られる。本検証においては、PD 1が緑色光の検出のために用いられ且つPD 2が赤色光の検出のために用いられると想定された。

[0242] PD 1の位置を固定し且つPD 2を種々の位置に移動させた場合におけるG/R比(G/R Rate)を算出した。また、PD 2の位置を固定し且つPD 1を種々の位置に移動させた場合におけるG/R比を算出した。

算出されたG/R比が、図49に示されている。これらの結果より、PD 1の位置を固定した場合において、PD 2 sの位置がより深くなるほど、G/R比が高い。また、PD 2の位置を固定した場合において、PD 1 eの位置をより浅くなるほど、G/R比が高い。そのため、2つのPDの位置をSi内で深さ方向(受光面と垂直な方向)において離すことが、感度を高めるために望ましいと考えられる。

また、Siの深さ3 μ mに関する本ケースにおいて、感度比1.32が達成されることも分かる。

また、これらの結果に基づき、本開示において、前記2以上のフォトダイオードのうち、前記配線層により近いフォトダイオードが、より長い波長の蛍光を検出するように構成されてよい。

[0243] 1.5 製造方法

[0244] 1.5.1 製造方法の例1(ウェル構造を有するPDを含む撮像素子)

本開示に従う撮像素子は、例えば撮像素子に関する技術分野において知られている技術を適用することによって製造することができる。本開示に従う撮像素子の製造方法の例を以下で、図50A～Bを参照しながら説明する。当該例においては、上記例1-1において説明した撮像素子100と同様の構造を有する撮像素子1100の製造フローの一例が示されている。

[0245] 図50A及びBに、本開示に従う裏面照射型撮像素子の製造方法フロー図を説明するための模式図が示されている。

図50Aの(a)に示されるように、フォトダイオードを形成するSiウェハー1104Pが用意され、そして、当該ウェハーの面S1に、フォトレジストPRが所定のパターンを描くように塗布される。例えば同図に示されるように、ウェルの側壁部分を形成する領域以外にフォトレジストPRが塗布されてよい。

[0246] 当該塗布後、同図の(b)及び(c)に示されるように、フォトリソグラフィによって、フォトダイオードのN領域1104Nの埋め込みが行われる。形成されるN領域1104Nの形状は、例えば形成されるウェルの構造又は後述のFD若しくはゲート電極部1105の位置若しくは形状などに応じて、当業者により適宜設計されてよい。

[0247] 次に、同図の(c)に示されるように、面S1に、ハードマスクHMが形成される。

[0248] ハードマスクHM形成後、同図の(d)に示されるように、仕切り部を形成する領域に、Poly-Siが埋め込まれる。当該埋め込みは、例えばドライエッチングにより行われてよい。

[0249] 次に、ハードマスクHMの除去後、同図の(e)に示されるように、P領域1104Pの一部にFDが形成される。その後、同図の(f)に示されるように、面S1にPoly-Si層が形成され、そして、当該Poly-Si層上にフォトレジストPRが積層される。当該フォトレジストPRは、所定のパターンを描くように塗布されてよい。例えば同図に示されるように、ゲート電極部以外の領域に、フォトレジストPRが積層されうる。

[0250] 当該積層後、同図の(g)に示されるように、フォトリソグラフィ及びドライエッチングによって、ゲート電極部1105となるPoly-Siだけを残し、他のPoly-Si層が除去される。その後、面S1上に配線層1109が設けられ、FDと接続するコンタクトCSも形成される。

[0251] 次に、図50Bの(h)に示されるように、ウェハーがひっくり返される。

[0252] 次に、同図の(i)に示されるように、ウェハーの面S2に、仕切り部を

形成する部分の P o l y - S i に、タングステンが埋め込まれて、仕切り部 1 1 0 6 が形成される。当該埋め込みは、例えばウェットエッチングによって行われてよい。

[0253] 仕切り部 1 1 0 6 の形成後、同図の (j) に示されるように、面 S 2 に、フォトレジスト P R が、所定のパターンを描くように積層される。当該フォトレジストは、例えば、ウェルが形成されるべき部分以外に積層されてよい。

[0254] 次に、同図の (k) に示されるように、ドライエッチングが行われてウェル構造が P 領域に形成される。

[0255] ウェル構造の形成後、同図の (l) に示されるように、ウェル表面を形成するカラーフィルタ（又は多層膜反射フィルタ） 1 1 0 3 が成膜され、さらに、カラーフィルタ 1 1 0 3 上に絶縁膜 1 1 0 2 が成膜される。このようにして、撮像素子 1 1 0 0 が製造される。

[0256] 撮像素子 1 1 0 0 は、同図の (m) に示されるように、例えば透明基板 1 1 0 8 など、流路ユニットを形成する各種部材と組み合わされて、生体試料分析用流路ユニット 1 1 1 0 が形成される。

[0257] 生体試料分析用流路ユニット 1 1 1 0 の一例の断面模式図が図 5 0 C に示されている。生体試料分析用流路ユニット 1 1 1 0 は、同図に示されるように、本開示に従う裏面照射型撮像素子 1 1 0 0 及び透明基板 1 1 0 8 を有し、これら撮像素子 1 1 0 0 及び透明基板 1 1 0 8 は、流路 C を形成するように配置されている。流路 C の空間を形成するために、裏面照射型撮像素子 1 1 0 0 及び透明基板 1 1 0 8 は、壁部 1 1 1 1 を介して接続されてよい。

[0258] 流路 C は、分析物を含む生体試料が流れる流路である。流路 C 内を、当該生体試料が流されることで、撮像素子 1 1 0 0 のウェル内に（特にはウェル底面）に、分析物が捕捉される。そして、当該分析物に励起光が照射され、当該励起光照射によって生じた蛍光が、撮像素子 1 1 0 0 によって検出される。

[0259] 1. 5. 2 製造方法の例 2（多層膜反射フィルタを有する撮像素子）

本開示に従う撮像素子の製造方法の例を以下で、図5 1 A～Cを参照しながら説明する。当該例においては、上記例2－2において説明した画素単位3 1 1を複数有する撮像素子の製造フローの一例が示されている。

画素単位3 1 1は、蛍光検出用フォトダイオード3 1 4及び励起光検出用フォトダイオード3 1 9を有する。そこで、画素単位3 1 1を形成するために、これら2つのフォトダイオードはそれぞれ別のS i ウェハを用いて製造される。そして、各フォトダイオードの構造が形成された後に、2つのフォトダイオードが積層される。以下の図5 1 A及びBにおいて、蛍光検出用フォトダイオードを形成するためのフロー図がS i 1 Lの行に示されており、励起光検出用フォトダイオードを形成するためのフロー図がS i 2 Lの行に示されている。図5 1 Cにおいては、これら2つのフォトダイオードが貼り合わせられた後のフロー図が示されている。以下で、これらのフローの詳細を説明する。

[0260] 図5 1 Aの（a）に示されるように、蛍光検出用フォトダイオードを形成するためのS i ウェハ1 3 1 4 P、及び、励起光検出用フォトダイオードを形成するためのS i ウェハ1 3 1 9 Pが用意される。

S i ウェハ1 3 1 4 Pの面S 1 1に、フォトレジストPRが所定のパターンを描くように塗布される。例えば同図に示されるように、N領域を形成する領域以外にフォトレジストPRが塗布されてよい。

S i ウェハ1 3 1 9 Pの面S 2 1にも、フォトレジストPRが所定のパターンを描くように塗布される。例えば同図に示されるように、N領域を形成する領域以外にフォトレジストPRが塗布されてよい。

[0261] 同図の（b）に示されるように、蛍光検出用フォトダイオードを形成するためのS i ウェハ1 3 1 4 Pに、フォトリソグラフィーによって、N領域1 3 1 4 Nの埋め込みが行われる。

同様に、S i ウェハ1 3 1 9 Pにも、フォトリソグラフィーによって、N領域1 3 1 9 Nの埋め込みが行われる。

N領域の形成後、所定のパターンを描くように、ハードマスク層HMの形

成が行われる。当該ハードマスク層HMは、P o l y - S i の埋め込みが行われる領域以外を覆うように形成される。

[0262] 同図の(c)に示されるように、いずれのウェハーについても、P o l y - S i の埋め込みが行われる。当該埋め込みはドライエッチング処理によって行われてよい。

[0263] 当該埋め込み後、ハードマスクが除去され、そして、同図の(d1)に示されるように、FD形成用のフォトリジストPRが所定のパターンを描くようにウェハーの面S11及びS21にそれぞれ形成される。当該フォトリジストPRは、同図に示されるように、FD(Si1L行)又はFD2(Si2L行)が形成される領域以外の領域に積層される。そして次に、イオンインプランテーション処理が行われる。当該イオンインプランテーション処理によって、同図の(d2)に示されるように、Siウェハー1314Pのうちの、当該フォトリジストが積層されていない領域に、FD(Si1L行)が形成される。同様に、イオンインプランテーション処理によって、Siウェハー1319PにFD2(Si2L行)が形成される。その後、前記フォトリジストPRは除去される。

ゲート電極部の埋め込みが行われる領域以外の領域に積層される。そして次に、同図の(d2)に示されるように、ドライエッチング処理が行われて、ゲート電極部の埋め込みが行われる領域が削られる。その後、前記フォトリジストPRは除去される。

[0264] 次に、同図の(e1)に示されるように、ゲート電極部形成用のフォトリジストPRが所定のパターンを描くようにウェハーの面S11及びS21にそれぞれ形成される。当該フォトリジストPRは、同図に示されるように、ゲート電極部の埋め込みが行われる領域以外の領域に積層される。そして次に、同図の(e2)に示されるように、ドライエッチング処理が行われて、ゲート電極部の埋め込みが行われる領域が削られる。その後、前記フォトリジストPRは除去される。その後、前記フォトリジストPRが除去され、当該除去において、露出しているSiの表面全部が酸化される。当該酸化によ

って、ゲート電極部の埋め込みが行われる領域に、熱酸化膜が形成される。
このようにして、トレンチ内面が、熱酸化膜によって被覆される。

[0265] 次に、同図の（f）に示されるように、面S 1 1及び面S 2 1に、P o l y - S i 層が形成される。これに伴い、前記トレンチ内も、P o l y - S i が埋め込まれる。

その後、各ウェハーのP o l y - S i 層上にフォトレジストが形成される。
当該フォトレジストは、ゲート電極部が形成される部分に形成される。

[0266] 当該フォトレジスト形成後、フォトリソグラフィー及びドライエッチング処理によって、当該フォトレジストが形成されていない領域のP o l y - S i 層が除去されて、同図の（g）に示されるように、ゲート電極部1 3 1 5 - 1 及び1 3 2 0 - 1 が形成される。

[0267] その後、図5 1 Bの（h）に示されるとおり、蛍光検出用フォトダイオードのウェハーの面S 1 1上に、コンタクトC S及び配線層1 3 2 9が形成される。これにより、配線層1 3 2 9とゲート電極部1 3 1 5 - 1 が接続される。

また、励起光検出用フォトダイオードのウェハーの面S 2 1には、後述の貼り合わせのために用いられる接着材料が施与される。

[0268] 配線層の形成後、同図の（i）に示されるとおり、蛍光検出用フォトダイオードのウェハーがひっくり返される。

励起光検出用フォトダイオードについても、ウェハーがひっくり返されてよく、この状態で、後述の貼り合わせが行われてよい。

[0269] 次に、同図の（j）に示されるとおり、蛍光検出用フォトダイオード及び励起光検出用フォトダイオードのいずれについても、ウェハー内に埋め込まれたP o l y - S i が、ドライエッチング処理されてタングステンが埋め込まれる。これにより、仕切り部1 3 1 6が形成されるとともに、蛍光検出用フォトダイオードのP領域内にゲート電極部1 3 2 0 - 2も形成される。

[0270] その後、同図の（k）に示されるとおり、多層膜反射フィルタ1 3 1 7が、蛍光検出用フォトダイオードの面S 1 2（配線層が形成されている面とは反

対側の面）に形成される。当該多層膜反射フィルタを形成するために、屈折率の異なる２種の絶縁膜が交互に成膜されてよい。

[0271] 当該多層膜反射フィルタの形成後、同図の（l）に示されるとおり、多層膜反射フィルタ上にハードマスクHMが形成される。当該ハードマスクHMは、仕切り部及びゲート電極部が形成される領域以外の領域に形成される。そして、当該ハードマスク形成後、ドライエッチング加工が行われ、その後、タングステンが埋め込まれる。これにより、仕切り部１３１６及びゲート電極部１３２０－２が多層膜反射フィルタ内に形成される。また、後段でFD２と接続されることになるコンタクトCS２も形成される。

[0272] 次に、同図の（m）に示されるとおり、ハードマスクHMが除去される。

[0273] ハードマスク除去後、同図の（n）に示されるとおり、励起光検出用フォトダイオードが、前記接着剤量を介して、多層膜反射フィルタ上に積層される。当該積層によって、ゲート電極部１３２０－１及びゲート電極部１３２０－２が接続される。また、FD２がCS２に接続される。

[0274] 次に、図５１Cの（o）に示されるとおり、励起光検出用フォトダイオード上に絶縁膜１３１２が形成される。

[0275] その後、同図の（p）に示されるとおり、ウェルを形成するための材料１３１３が絶縁膜１３１２上に積層され、さらに、当該材料上にフォトリソが所定のパターンを描くように形成積層される。当該フォトリソは、ウェルが形成される領域以外の領域に積層される。

[0276] その後、同図の（q）に示されるとおり、例えばドライエッチング処理によって材料１３１３が掘削されて、ウェルが形成される。このようにして、画素単位１３１１が配列された撮像素子が製造される。

[0277] 当該撮像素子は、同図の（r）に示されるように、例えば透明基板１３１８など、流路ユニットを形成する各種部材と組み合わされて、生体試料分析用流路ユニット１３００が形成される。

[0278] 生体試料分析用流路ユニット１３００の一例の断面模式図が図５１Dに示されている。生体試料分析用流路ユニット１３００は、同図に示されるよう

に、本開示に従う裏面照射型撮像素子 1 3 3 1 及び透明基板 1 3 1 8 を有し、これら撮像素子 1 3 3 1 3 及び透明基板 1 3 1 8 は、流路 C を形成するように配置されている。流路 C の空間を形成するために、裏面照射型撮像素子 1 3 3 1 及び透明基板 1 3 1 8 は、壁部 1 3 3 2 を介して接続されてよい。

[0279] 流路 C は、分析物を含む生体試料が流れる流路である。流路 C 内を、当該生体試料が流されることで、撮像素子 1 3 3 1 のウェル内に（特にはウェル底面）に、分析物が捕捉される。そして、当該分析物に励起光が照射され、当該励起光照射によって生じた蛍光が、撮像素子 1 3 3 1 によって検出される。

[0280] 1. 5. 3 製造方法の例 3（多層膜反射フィルタを有する撮像素子）

本開示に従う撮像素子の製造方法の例を以下で、図 5 2 A～C を参照しながら説明する。当該例においては、上記例 2-1 において説明した画素単位 3 0 1 を複数有する撮像素子 1 3 4 1 の製造フローの一例が示されている。以下で、これらのフローの詳細を説明する。

[0281] 図 5 2 A の（a）に示されるように、蛍光検出用フォトダイオードを形成するための S i ウェハ 1 3 0 4 P が用意される。

S i ウェハ 1 3 0 4 P の面 S 1 に、フォトレジスト P R が所定のパターンを描くように塗布される。例えば同図に示されるように、N 領域を形成する領域以外にフォトレジスト P R が塗布されてよい。

[0282] 同図の（b）に示されるように、蛍光検出用フォトダイオードを形成するための S i ウェハ 1 3 1 4 P に、フォトリソグラフィーによって、N 領域 1 3 1 4 N の埋め込みが行われる。

N 領域の形成後、所定のパターンを描くように、ハードマスク層 H M の形成が行われる。当該ハードマスク層 H M は、P o l y - S i の埋め込みが行われる領域以外を覆うように形成される。

[0283] 同図の（c）に示されるように、いずれのウェハについても、P o l y - S i の埋め込みが行われる。当該埋め込みはドライエッチング処理によって行われてよい。

[0284] 当該埋め込み後、ハードマスクが除去され、そして、同図の（d 1）に示されるように、F D形成用のフォトリソグラフィPRが所定のパターンを描くようにウェハの面S 1 1に形成される。当該フォトリソグラフィPRは、同図に示されるように、F Dが形成される領域以外の領域に積層される。そして次に、イオンインプラント処理が行われる。当該イオンインプラント処理によって、同図の（d 2）に示されるように、S iウェハ1 3 0 4 Pのうちの、当該フォトリソグラフィPRが積層されていない領域に、F Dが形成される。その後、前記フォトリソグラフィPRは除去される。

[0285] 次に、同図の（e 1）に示されるように、ゲート電極部形成用のフォトリソグラフィPRが所定のパターンを描くようにウェハの面S 1に形成される。当該フォトリソグラフィPRは、同図に示されるように、ゲート電極部の埋め込みが行われる領域以外の領域に積層される。そして次に、同図の（e 2）に示されるように、ドライエッチング処理が行われて、ゲート電極部の埋め込みが行われる領域が削られる。その後、前記フォトリソグラフィPRが除去され、当該除去において、露出しているS iの表面全部が酸化される。当該酸化によって、ゲート電極部の埋め込みが行われる領域に、熱酸化膜が形成される。このようにして、トレンチ内面が、熱酸化膜によって被覆される。

[0286] 次に、同図の（f）に示されるように、面S 1にP o l y - S i層が形成される。これに伴い、前記トレンチ内も、P o l y - S iが埋め込まれる。

その後、P o l y - S i層上にフォトリソグラフィPRが形成される。当該フォトリソグラフィPRは、ゲート電極部が形成される部分に形成される。

[0287] 当該フォトリソグラフィPR形成後、フォトリソグラフィ及びドライエッチング処理によって、当該フォトリソグラフィPRが形成されていない領域のP o l y - S i層が除去されて、同図の（g）に示されるように、ゲート電極部1 3 0 5が形成される。

[0288] その後、図5 1 Bの（h）に示されるとおり、蛍光検出用フォトダイオードのウェハの面S 1上に、配線層1 3 3 9が形成される。これにより、配線層1 3 3 9が形成され、また、F Dと接続されたコンタクトC Sも形成さ

れる。

[0289] 配線層の形成後、同図の（i）に示されるとおり、蛍光検出用フォトダイオードのウェハーがひっくり返される。

[0290] 次に、同図の（j）に示されるとおり、蛍光検出用フォトダイオード及び励起光検出用フォトダイオードのいずれについても、ウェハー内に埋め込まれたP o l y - S i が、ドライエッチング処理されてタングステンが埋め込まれる。

[0291] その後、同図の（k）に示されるとおり、多層膜反射フィルタ1307が、蛍光検出用フォトダイオードの面S2（配線層が形成されている面とは反対側の面）に形成される。当該多層膜反射フィルタを形成するために、屈折率の異なる2種の絶縁膜が交互に成膜されてよい。

[0292] 当該多層膜反射フィルタの形成後、同図の（l）に示されるとおり、多層膜反射フィルタ上にハードマスクHMが形成される。当該ハードマスクHMは、仕切り部が形成される領域以外の領域に形成される。そして、当該ハードマスク形成後、ドライエッチング加工が行われ、その後、タングステンが埋め込まれる。これにより、仕切り部1306が多層膜反射フィルタ内に形成される。

[0293] 次に、同図の（m）に示されるとおり、ハードマスクHMが除去される。

[0294] ハードマスク除去後、図52Cの（n）に示されるとおり、多層膜反射フィルタ上絶縁膜1302が形成される。

[0295] その後、同図の（o）に示されるとおり、ウェルを形成するための材料1303が絶縁膜1302上に積層され、さらに、当該材料上にフォトリソが所定のパターンを描くように形成積層される。当該フォトリソは、ウェルが形成される領域以外の領域に積層される。

[0296] その後、同図の（p）に示されるとおり、例えばドライエッチング処理によって材料1303が掘削されて、ウェルが形成される。このようにして、画素単位1301が配列された撮像素子が製造される。

[0297] 当該撮像素子は、同図の（q）に示されるように、例えば透明基板130

8 など、流路ユニットを形成する各種部材と組み合わせられて、生体試料分析用流路ユニット 1400 が形成される。

[0298] 生体試料分析用流路ユニット 1400 の一例の断面模式図が図 52D に示されている。生体試料分析用流路ユニット 1200 は、同図に示されるように、本開示に従う裏面照射型撮像素子 1341 及び透明基板 1308 を有し、これら撮像素子 1341 及び透明基板 1308 は、流路 C を形成するように配置されている。流路 C の空間を形成するために、裏面照射型撮像素子 1341 及び透明基板 1308 は、壁部 1342 を介して接続されてよい。

[0299] 流路 C は、分析物を含む生体試料が流れる流路である。流路 C 内を、当該生体試料が流されることで、撮像素子 1341 のウェル内に（特にはウェル底面）に、分析物が捕捉される。そして、当該分析物に励起光が照射され、当該励起光照射によって生じた蛍光が、撮像素子 1341 によって検出される。

[0300] 2. 第 2 の実施形態（生体試料分析用流路ユニット）

[0301] 本開示は、本開示に従う裏面照射型撮像素子を有する流路ユニットを提供する。当該流路ユニットは、例えば生体試料分析のために用いられてよいが、他の用途で用いられてもよい。

[0302] 前記生体試料は、分析物を含む試料であってよい。当該分析物は、上記で述べた励起光照射によって蛍光が生じるものであってよい。当該分析物は、例えば核酸であり、より具体的には DNA 又は RNA であってよい。すなわち、本開示の流路ユニットは、核酸分析用流路ユニットであってよい。

[0303] 当該核酸分析は、核酸の配列分析であってよい。すなわち、本開示の流路ユニットは、核酸配列分析用流路ユニットであってよい。当該流路ユニットは、核酸の塩基配列を決定するために特に適している。

[0304] 当該分析物は、核酸以外の生体物質であってよく、例えばタンパク質、脂質、ペプチド、又は糖であってもよい。当該分析物は、抗体又は抗原であってもよい。

[0305] 当該分析物は、生体粒子であってもよく、例えば細胞又は非細胞性生体粒

子であってよい。当該細胞は、例えば、血液細胞であってよいが、他の細胞であってよい。また、前記非細胞性生体粒子として、細胞外小胞、特にエクソソーム及びマイクロベシクルなどを挙げることができる。

当該分析物は、細菌又はウィルスであってもよい。

[0306] 本開示に従う流路ユニットの構成例を、図53を参照しながら説明する。同図に示される流路ユニット2000は、本開示に従う裏面照射型撮像素子100と、当該撮像素子100へ試料（特に液状試料）を供給する試料供給流路部2001、及び、当該撮像素子から試料を排出する試料排出流路部2002を有している。これら3つの要素は、流体的に接続されており、流路Cを形成している。

[0307] 試料供給流路部2001は、例えば分析対象となる試料を収容している容器と流体的に接続されていてよい。

試料排出流路部2002は、例えば廃液を回収する容器と流体的に接続されていてよい。

[0308] 流路C内を試料が流れて、当該試料中に含まれる分析物（例えば核酸）が、撮像素子100のウェル内に捕捉される。

[0309] 当該ウェル内で、当該分析物を利用する化学的又は生物学的な反応が起こってよい。例えば、当該ウェル内において、核酸伸長反応が起こってよい。当該核酸伸長反応は、塩基配列シーケンシングのための反応であってよい。当該シーケンシングは、サンガーシーケンシング又は次世代シーケンシングであってよい。当該次世代シーケンシングは、パイロシーケンシング、合成によるシーケンシング、又はライゲーションによるシーケンシングであってよい。

[0310] 流路Cは、生体試料Sが流れるように構成される。流路Cは、マイクロチップ（マイクロメートルオーダーの流路を有するチップ）又はフローセルなどの流路構造体（flow channel structure）中に形成されてよい。流路Cの幅は、例えば1mm以下でよく、特に10 μ m以上1mm以下、例えば20 μ m以上500 μ m以下であってもよい。流路C及びそれを含む流路

構造体は、プラスチック又はガラスなどの材料から形成されてよい。

撮像素子のウェル内の分析物に、励起光が照射されるように、前記流路はその少なくとも一部が透明であってよく、特に、同図のL 1が通過する流路部分は透明であってよい。このように、本開示に従う流路ユニット及び撮像素子は、励起光及び蛍光が通過する部分は透明であってよい。

[0311] 3. 第3の実施形態（生体試料分析システム）

[0312] 本開示は、本開示に従う裏面照射型撮像素子又は本開示に従う流路ユニットを含む生体試料分析システムも提供する。当該システムにおいて、本開示に従う裏面照射型撮像素子又は流路ユニットは、交換可能に当該システムに組み込まれてよい。すなわち、本開示に従う裏面照射型撮像素子又は流路ユニットは、当該システムにおいてディスポーザブルな要素として利用されてよい。

[0313] 当該システムの構成例を、図54を参照しながら説明する。同図に示される生体試料分析システム3000は、本開示に従う流路ユニット2000（又は本開示に従う裏面照射型撮像素子）に加え、情報処理部3100、プロセス制御システム3200、光学系制御システム3300、流体制御システム3300、及び流体貯蔵システム3400を含む。

[0314] 本開示に従う流路ユニット2000及びそれに含まれる撮像素子は、上記1. 及び2. において説明したとおりである。

[0315] 情報処理部3100は、例えば各種データ（例えば蛍光データ）の処理を実行する処理部及び各種データを記憶する記憶部を含む。処理部は、前記流路ユニットの撮像素子によって取得された蛍光データに基づき、分析処理を実行しうる。当該分析処理は、例えば塩基配列の決定処理であってよいが、他の処理であってもよい。

[0316] 情報処理部3100は、各種データ（例えば光データや画像）を出力することができるように構成されていてよい。例えば、情報処理部3100は、当該蛍光データに基づき生成された各種データ（例えば塩基配列データ又は分析物の同定データなど）を出力しうる。また、情報処理部3100は、各

種データの入力を受け付けることができるように構成されていてよく、例えばユーザからの分析指示データを受け付ける。情報処理部 3100 は、当該出力又は当該入力を実行させるための出力部（例えばディスプレイなど）又は入力部（例えばキーボードなど）を含みうる。

[0317] 情報処理部 3100 は、汎用のコンピュータとして構成されていてよく、例えば CPU（又は GPU）、RAM、及び ROM を備えている情報処理装置として構成されてよい。情報処理部 3100 は、プロセス制御システム 3200、光学系制御システム 3300、流体制御システム 3400、及び流体貯蔵システム 3500 のうちの 1 以上が備えられている筐体内に含まれていてよく、又は、当該筐体の外にあってもよい。また、情報処理部 3100 による各種処理又は機能は、ネットワークを介して接続されたサーバコンピュータ又はクラウドにより実現されてもよい。

[0318] プロセス制御システム 3200 は、流路ユニット内で実行される処理（時には生物的又は化学的な処理）を制御するシステムであってよい。当該システムは、例えば当該流路ユニット内の温度制御、及び／又は、当該流路ユニット内への試料又は試薬の供給又は排出の制御を実行する。当該制御を実行するために、プロセス制御システム 3200 は、温度調節システムを含んでよい。また、当該制御を実行するために、プロセス制御システム 3200 は、他の要素 3300、3400、又は 3500 を制御してもよい。

[0319] 光学系制御システム 3300 は、分析物への励起光照射及び当該励起光照射によって生じた蛍光データの取得を制御するように構成されてよい。光学系制御システム 3300 は、例えば光照射部を含んでよい。当該光照射部は、光を出射する光源部と、当該光を照射位置（例えば撮像素子に設けられたウェル内の分析物）へと導く導光光学系とを含んでよい。前記光源部は、1 又は複数の光源を含む。光源の種類は、例えばレーザ光源又は LED であってよい。前記光源部は、励起光を出射する。また、前記光源部は、非偏光光を出射してよく、又は、偏光光を出射してもよい。各光源から出射される光の波長は、所望の蛍光を生じさせるように適宜選択されてよい。当該光は、

例えば紫外光、可視光、又は赤外光のいずれかの波長であってよい。導光光学系は、例えばビームスプリッター群、ミラー群又は光ファイバなどの光学部品を含む。また、導光光学系は、光を集光するためのレンズ群を含んでよい、例えば対物レンズを含んでよい。

[0320] 流体制御システム3400は、流路ユニット2000への流体供給及び／又は流路ユニット2000からの流体排出を制御する。流体制御システム3400は、例えば1以上のポンプユニットを含んでよい。流体制御システム3400は、流路ユニット2000への流体供給を制御するポンプユニット、及び／又は、流路ユニット2000からの流体排出を制御するポンプユニットを含んでよい。

[0321] 流体貯蔵システム3500は、試料を収容する容器、試薬を収容する容器、及び廃液を収容する容器を含んでよく、さらに、これらの容器を制御するように構成されてよい。例えばこれらの容器内の温度を検出及び／又は制御する温度制御装置を含んでよい。

[0322] (検出部)

検出部6102は、生体粒子への光照射により生じた光を検出する少なくとも一つの光検出器を備えている。検出する光は、例えば蛍光又は散乱光（例えば前方散乱光、後方散乱光、及び側方散乱光のいずれか1つ以上）である。各光検出器は、1以上の受光素子を含み、例えば受光素子アレイを有する。各光検出器は、受光素子として、1又は複数のPMT（光電子増倍管）及び／又はAPD及びMPPC等のフォトダイオードを含んでよい。当該光検出器は、例えば複数のPMTを一次元方向に配列したPMTアレイを含む。また、検出部6102は、CCD又はCMOSなどの撮像素子を含んでもよい。検出部6102は、当該撮像素子により、生体粒子の画像（例えば明視野画像、暗視野画像、及び蛍光画像など）を取得しうる。

[0323] 検出部6102は、所定の検出波長の光を、対応する光検出器に到達させる検出光学系を含む。検出光学系は、プリズムや回折格子等の分光部又はダイクロイックミラーや光学フィルタ等の波長分離部を含む。検出光学系は、

例えば生体粒子への光照射により生じた光を分光し、当該分光された光が、生体粒子が標識された蛍光色素の数より多い複数の光検出器にて検出されるよう構成される。このような検出光学系を含むフローサイトメータをスペクトル型フローサイトメータと呼ぶ。また、検出光学系は、例えば生体粒子への光照射により生じた光から特定の蛍光色素の蛍光波長域に対応する光を分離し、当該分離された光を、対応する光検出器に検出させるよう構成される。

[0324] また、検出部 6102 は、光検出器により得られた電気信号をデジタル信号に変換する信号処理部を含みうる。当該信号処理部が、当該変換を行う装置として A/D 変換器を含んでよい。当該信号処理部による変換により得られたデジタル信号が、情報処理部 6103 に送信されうる。前記デジタル信号が、情報処理部 6103 により、光に関するデータ（以下「光データ」ともいう）として取り扱われうる。前記光データは、例えば蛍光データを含む光データであってよい。より具体的には、前記光データは、光強度データであってよく、当該光強度は、蛍光を含む光の光強度データ（Area、Height、Width 等の特徴量を含んでもよい）であってよい。

[0325] なお、本開示は、以下のような構成をとることもできる。

[1]

分析物を保持するように構成された分析物保持部と、
前記分析物への励起光照射により生じた蛍光を検出する蛍光検出部と、
を少なくとも備えている画素単位を複数有する
裏面照射型撮像素子。

[2]

前記分析物保持部は、ウェルの形状を有しており、
前記検出部が、前記ウェルの底部に加え前記ウェルの側面を覆うように設けられている、

[1] に記載の裏面照射型撮像素子。

[3]

前記裏面照射型撮像素子は、画素単位の間にはトレンチが設けられている、〔1〕又は〔2〕に記載の裏面照射型撮像素子。

〔4〕

2以上のウェルが、列状構造を形成するように連結されている、〔1〕～〔3〕のいずれか一つに記載の裏面照射型撮像素子。

〔5〕

各画素単位に、分析物の位置を調整するように電圧が印加される電極対が設けられている、〔1〕～〔4〕のいずれか一つに記載の裏面照射型撮像素子。

〔6〕

各画素単位には、前記励起光が検出部へ到達することを防ぐ励起光遮断部が設けられている、〔1〕～〔5〕のいずれか一つに記載の裏面照射型撮像素子。

〔7〕

前記励起光遮断部は、多層膜反射フィルタを含む、

〔6〕に記載の裏面照射型撮像素子。

〔8〕

前記多層膜反射フィルタは、前記分析物保持部と前記検出部との間に配置されている、〔7〕に記載の裏面照射型撮像素子。

〔9〕

各画素単位は、前記励起光を検出する励起光検出部をさらに備えている、〔1〕～〔8〕のいずれか一つに記載の裏面照射型撮像素子。

〔10〕

前記裏面照射型撮像素子は、前記励起光検出部が取得した信号を用いて、前記蛍光検出部が取得した信号の処理が行われるように構成されている、〔9〕に記載の裏面照射型撮像素子。

〔11〕

前記励起光遮断部は、偏光子、プラズモンフィルタ、メタマテリアル、又

は、ファブリーペロー構造の多層膜を含む、

〔6〕～〔10〕のいずれか一つに記載の裏面照射型撮像素子。

〔12〕

前記励起光遮断部は、前記蛍光を透過させるように構成されている、〔6〕～〔11〕のいずれか一つに記載の裏面照射型撮像素子。

〔13〕

前記励起光遮断部は、偏光子を含み、

前記励起光は、偏光光である、

〔6〕～〔12〕のいずれか一つに記載の裏面照射型撮像素子。

〔14〕

前記励起光遮断部は、偏光子を含み、

1つの偏光子が、2以上の画素単位の検出部をカバーするように設けられている、

〔6〕～〔12〕のいずれか一つに記載の裏面照射型撮像素子。

〔15〕

前記蛍光検出部は、2以上のフォトダイオードを有する、〔1〕～〔14〕のいずれか一つに記載の裏面照射型撮像素子。

〔16〕

前記2以上のフォトダイオードは、前記分析物保持部と配線層との間に、縦積み構造を形成するように配置されている、〔15〕に記載の裏面照射型撮像素子。

〔17〕

前記2以上のフォトダイオードのうち、前記配線層により近いフォトダイオードが、より長い波長の蛍光を検出するように構成されている、〔15〕又は〔16〕に記載の裏面照射型撮像素子。

〔18〕

前記2以上のフォトダイオードは、2層構造又は3層構造を形成している、〔15〕～〔17〕のいずれか一つに記載の裏面照射型撮像素子。

〔 1 9 〕

分析物を保持するように構成された分析物保持部と、前記分析物への励起光照射により生じた蛍光を検出する蛍光検出部と、を少なくとも備えている画素単位を複数有する裏面照射型撮像素子、及び、
前記分析物保持部へ生体試料を供給する流路、
を有する生体試料分析用流路ユニット。

〔 2 0 〕

分析物を保持するように構成された分析物保持部と、前記分析物への励起光照射により生じた蛍光を検出する蛍光検出部と、を少なくとも備えている画素単位を複数有する裏面照射型撮像素子、及び、
前記分析物保持部へ生体試料を供給する流路、
を有する生体試料分析用流路ユニットを用いて生体試料を分析する生体試料分析システム。

符号の説明

- [0326] 1 0 0 撮像素子
1 0 1 画素単位
1 0 2 絶縁膜
1 0 3 ウェル
1 0 4 フォトダイオード
1 0 5 ゲート電極部
1 0 6 仕切り部
1 0 8 透明基板

請求の範囲

- [請求項1] 分析物を保持するように構成された分析物保持部と、
前記分析物への励起光照射により生じた蛍光を検出する蛍光検出部
と、
を少なくとも備えている画素単位を複数有する
裏面照射型撮像素子。
- [請求項2] 前記分析物保持部は、ウェルの形状を有しており、
前記検出部が、前記ウェルの底部に加え前記ウェルの側面を覆うよ
うに設けられている、
請求項 1 に記載の裏面照射型撮像素子。
- [請求項3] 前記裏面照射型撮像素子は、画素単位の上にトレンチが設けられて
いる、請求項 2 に記載の裏面照射型撮像素子。
- [請求項4] 2 以上のウェルが、列状構造を形成するように連結されている、請
求項 2 に記載の裏面照射型撮像素子。
- [請求項5] 各画素単位に、分析物の位置を調整するように電圧が印加される電
極対が設けられている、請求項 2 に記載の裏面照射型撮像素子。
- [請求項6] 各画素単位には、前記励起光が検出部へ到達することを防ぐ励起光
遮断部が設けられている、請求項 1 に記載の裏面照射型撮像素子。
- [請求項7] 前記励起光遮断部は、多層膜反射フィルタを含む、
請求項 6 に記載の裏面照射型撮像素子。
- [請求項8] 前記多層膜反射フィルタは、前記分析物保持部と前記検出部との間
に配置されている、請求項 7 に記載の裏面照射型撮像素子。
- [請求項9] 各画素単位は、前記励起光を検出する励起光検出部をさらに備えて
いる、請求項 1 に記載の裏面照射型撮像素子。
- [請求項10] 前記裏面照射型撮像素子は、前記励起光検出部が取得した信号を用
いて、前記蛍光検出部が取得した信号の処理が行われるように構成さ
れている、請求項 9 に記載の裏面照射型撮像素子。
- [請求項11] 前記励起光遮断部は、偏光子、プラズモンフィルタ、メタマテリア

ル、又は、ファブリーペロー構造の多層膜を含む、

請求項 6 に記載の裏面照射型撮像素子。

[請求項12] 前記励起光遮断部は、前記蛍光を透過させるように構成されている、請求項 1 1 に記載の裏面照射型撮像素子。

[請求項13] 前記励起光遮断部は、偏光子を含み、
前記励起光は、偏光光である、
請求項 6 に記載の裏面照射型撮像素子。

[請求項14] 前記励起光遮断部は、偏光子を含み、
1 つの偏光子が、2 以上の画素単位の検出部をカバーするように設けられている、
請求項 6 に記載の裏面照射型撮像素子。

[請求項15] 前記蛍光検出部は、2 以上のフォトダイオードを有する、請求項 1 に記載の裏面照射型撮像素子。

[請求項16] 前記 2 以上のフォトダイオードは、前記分析物保持部と配線層との間に、縦積み構造を形成するように配置されている、請求項 1 5 に記載の裏面照射型撮像素子。

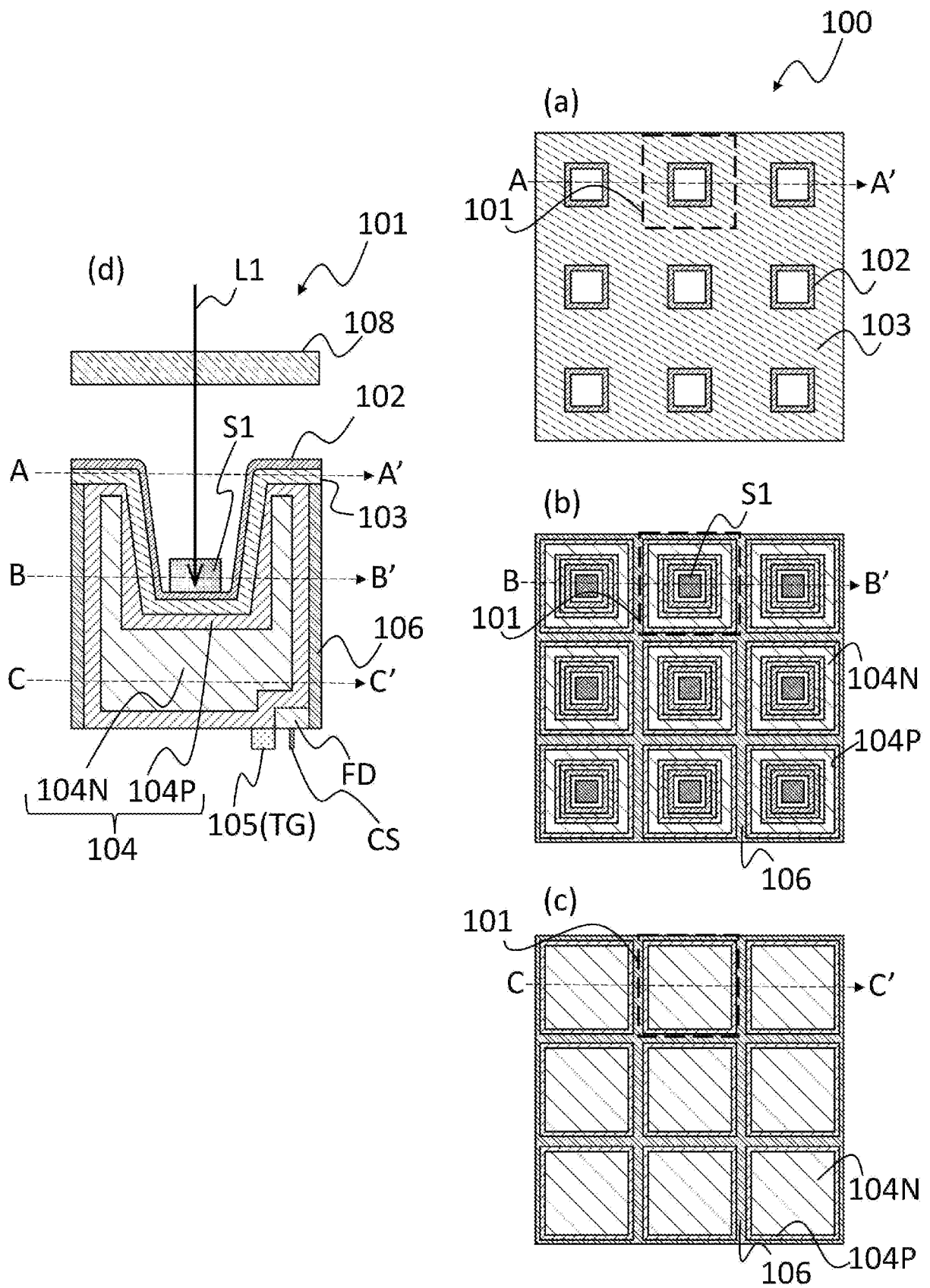
[請求項17] 前記 2 以上のフォトダイオードのうち、前記配線層により近いフォトダイオードが、より長い波長の蛍光を検出するように構成されている、請求項 1 6 に記載の裏面照射型撮像素子。

[請求項18] 前記 2 以上のフォトダイオードは、2 層構造又は 3 層構造を形成している、請求項 1 5 に記載の裏面照射型撮像素子。

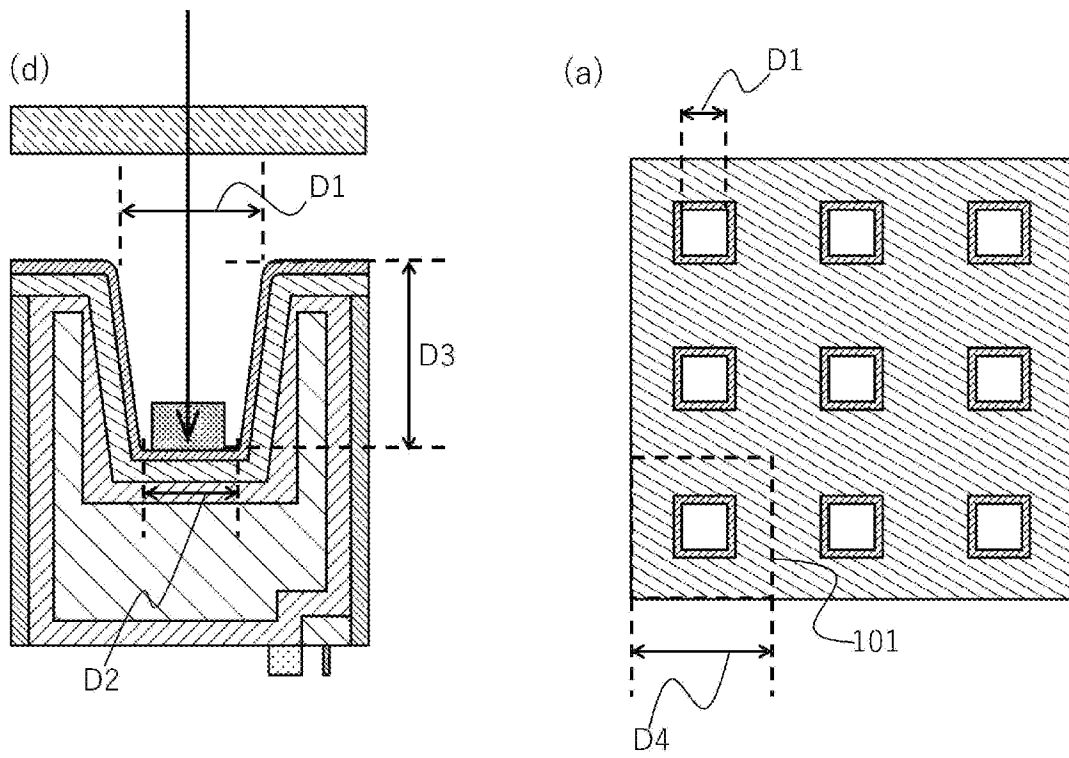
[請求項19] 分析物を保持するように構成された分析物保持部と、前記分析物への励起光照射により生じた蛍光を検出する蛍光検出部と、を少なくとも備えている画素単位を複数有する裏面照射型撮像素子、及び、
前記分析物保持部へ生体試料を供給する流路、
を有する生体試料分析用流路ユニット。

[請求項20] 分析物を保持するように構成された分析物保持部と、前記分析物への励起光照射により生じた蛍光を検出する蛍光検出部と、を少なくとも

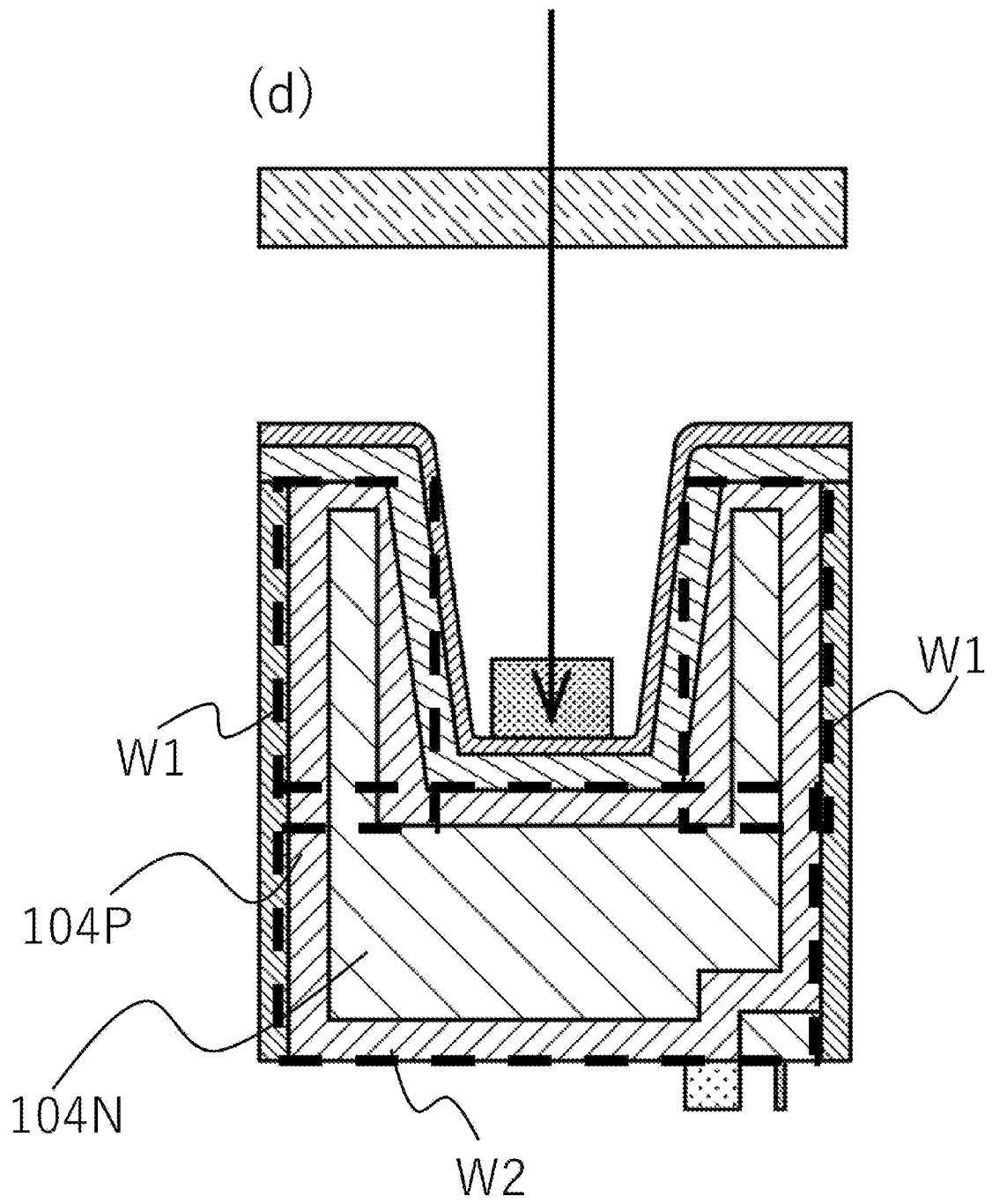
も備えている画素単位を複数有する裏面照射型撮像素子、及び、
前記分析物保持部へ生体試料を供給する流路、
を有する生体試料分析用流路ユニットを用いて生体試料を分析する
生体試料分析システム。



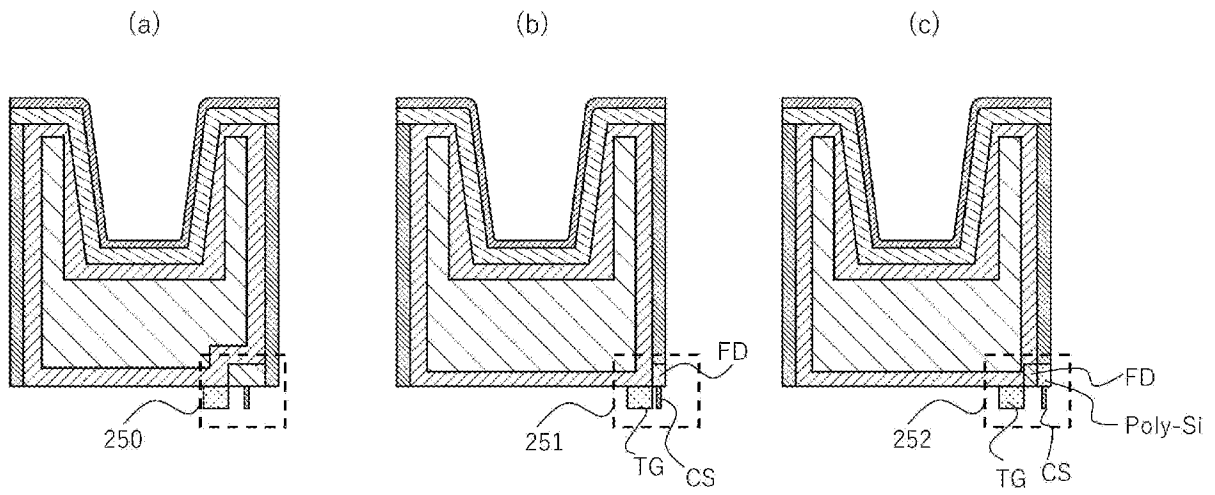
[図2A]



[図2B]



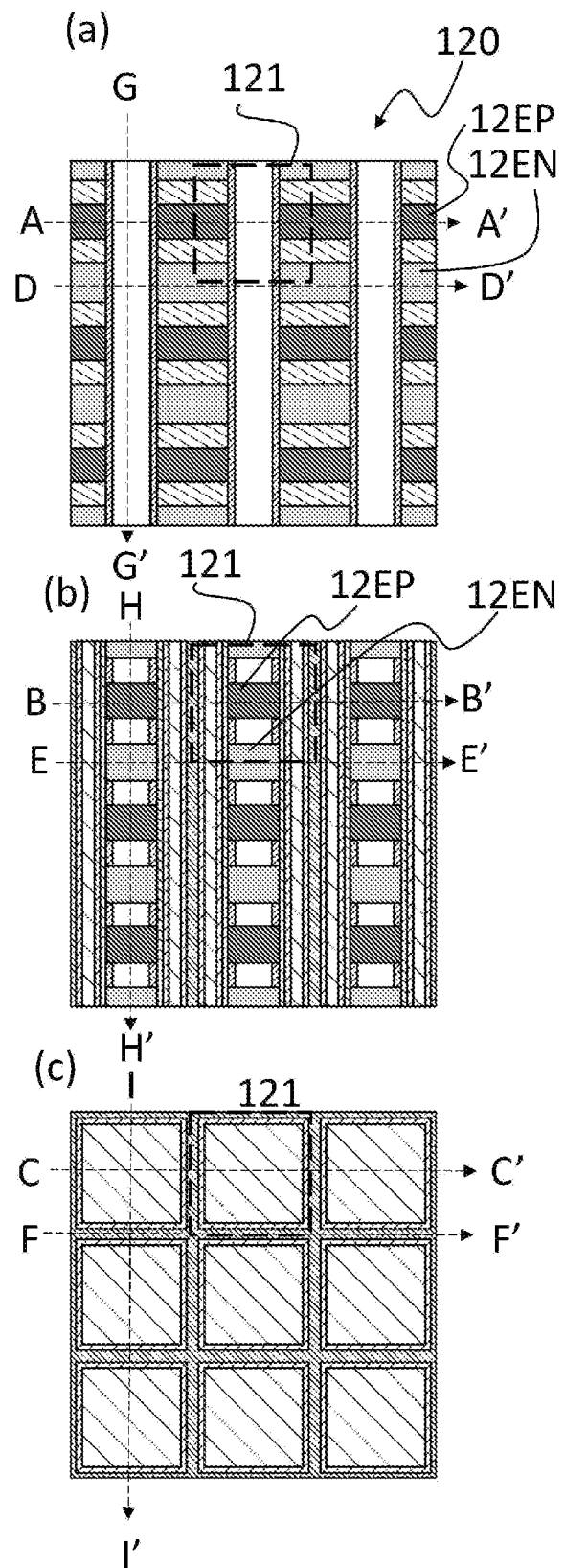
[図2C]



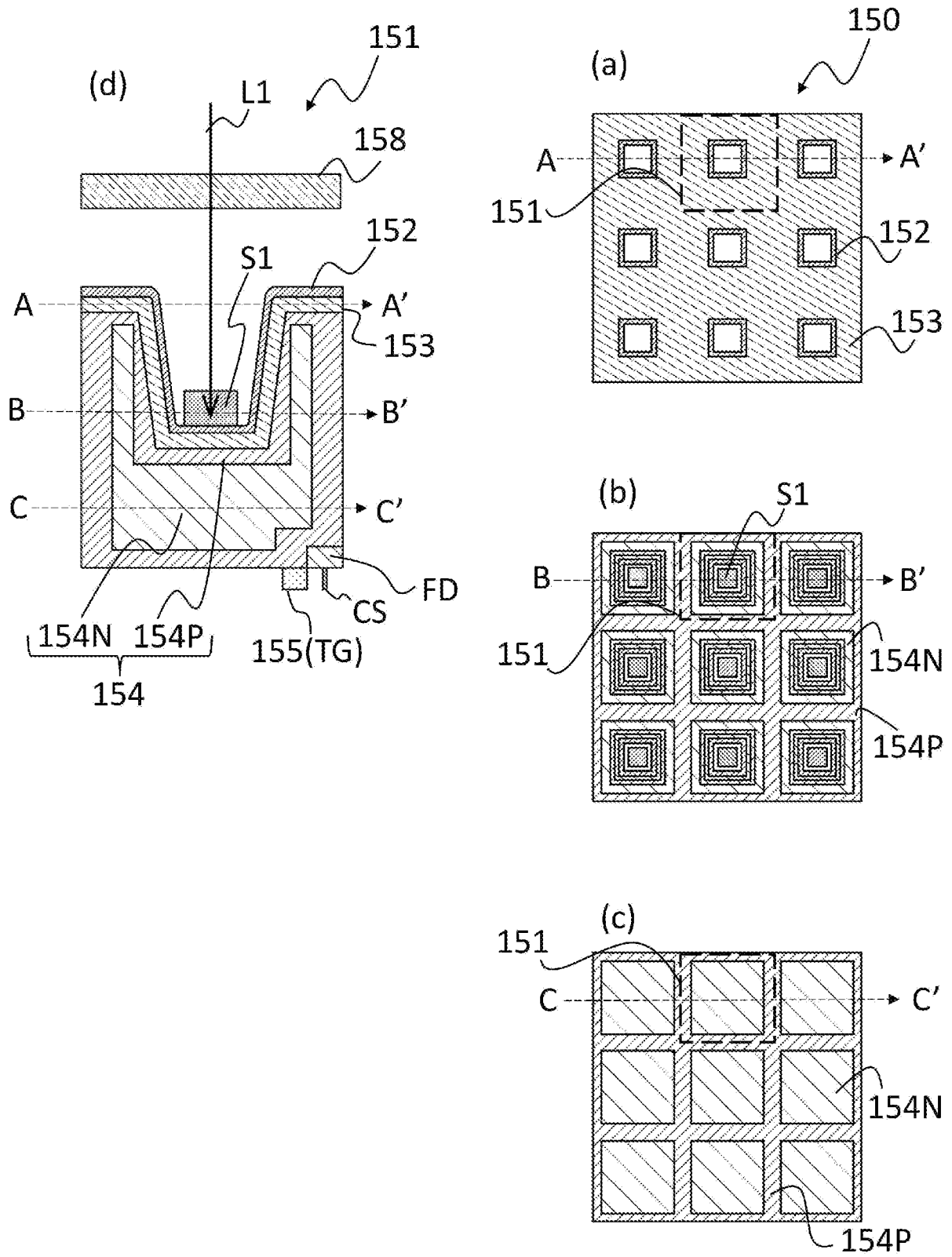
(d) Cross-sectional view showing the device after the second etching process. The top layer 128 has been patterned into a central rectangular opening S1. The side walls are labeled 121, 122, and 123. The bottom surface is labeled 124. The depth of the opening is indicated by A-A' and B-B'. The bottom surface is further divided into regions 124N and 124P.

(e) Cross-sectional view showing the device after the third etching process. The top layer 128 has been removed from the central region, exposing the underlying material 124. The side walls are labeled 125(TG). The bottom surface is labeled 126. The depth of the opening is indicated by C-C' and D-D'. The bottom surface is further divided into regions 124N and 124P.

(f) Cross-sectional view showing the device after the fourth etching process. The top layer 128 has been completely removed from the central region, leaving a flat surface 124. The side walls are labeled 126. The bottom surface is labeled 127. The depth of the opening is indicated by E-E' and F-F'. The bottom surface is further divided into regions 124N and 124P.

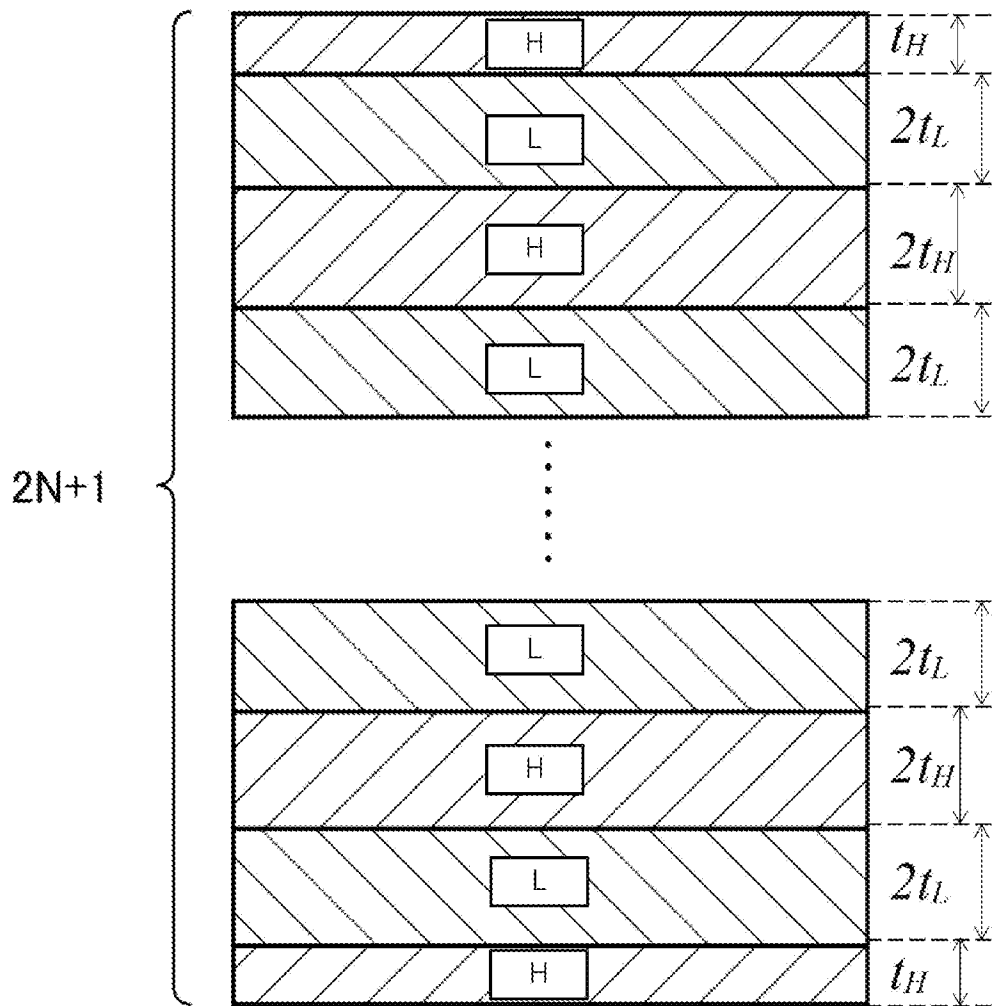


[図5]

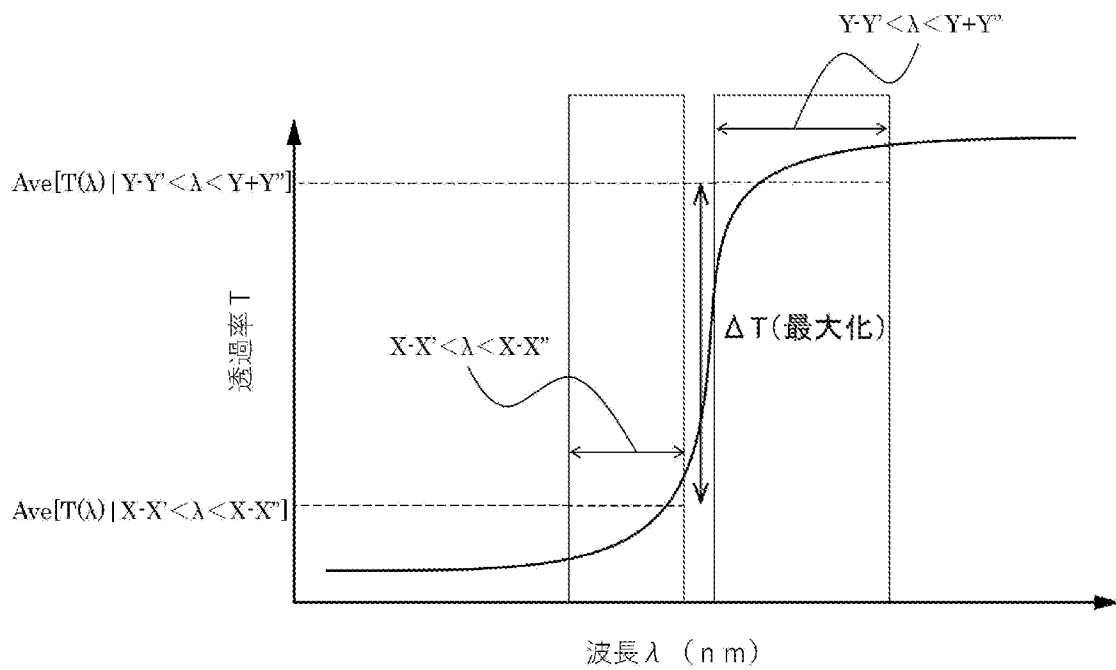


[illegible]

[図7A]

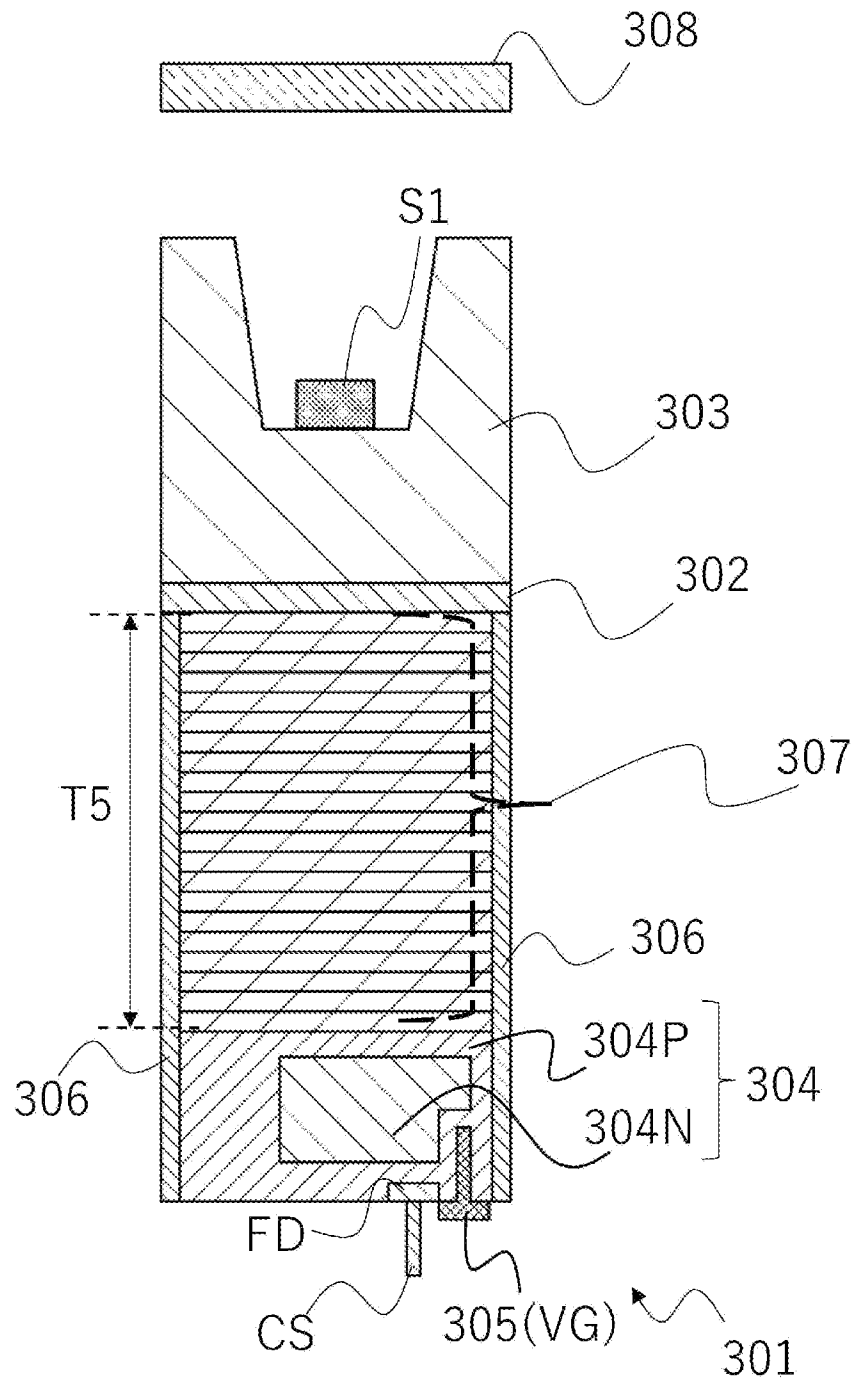


[図7B]

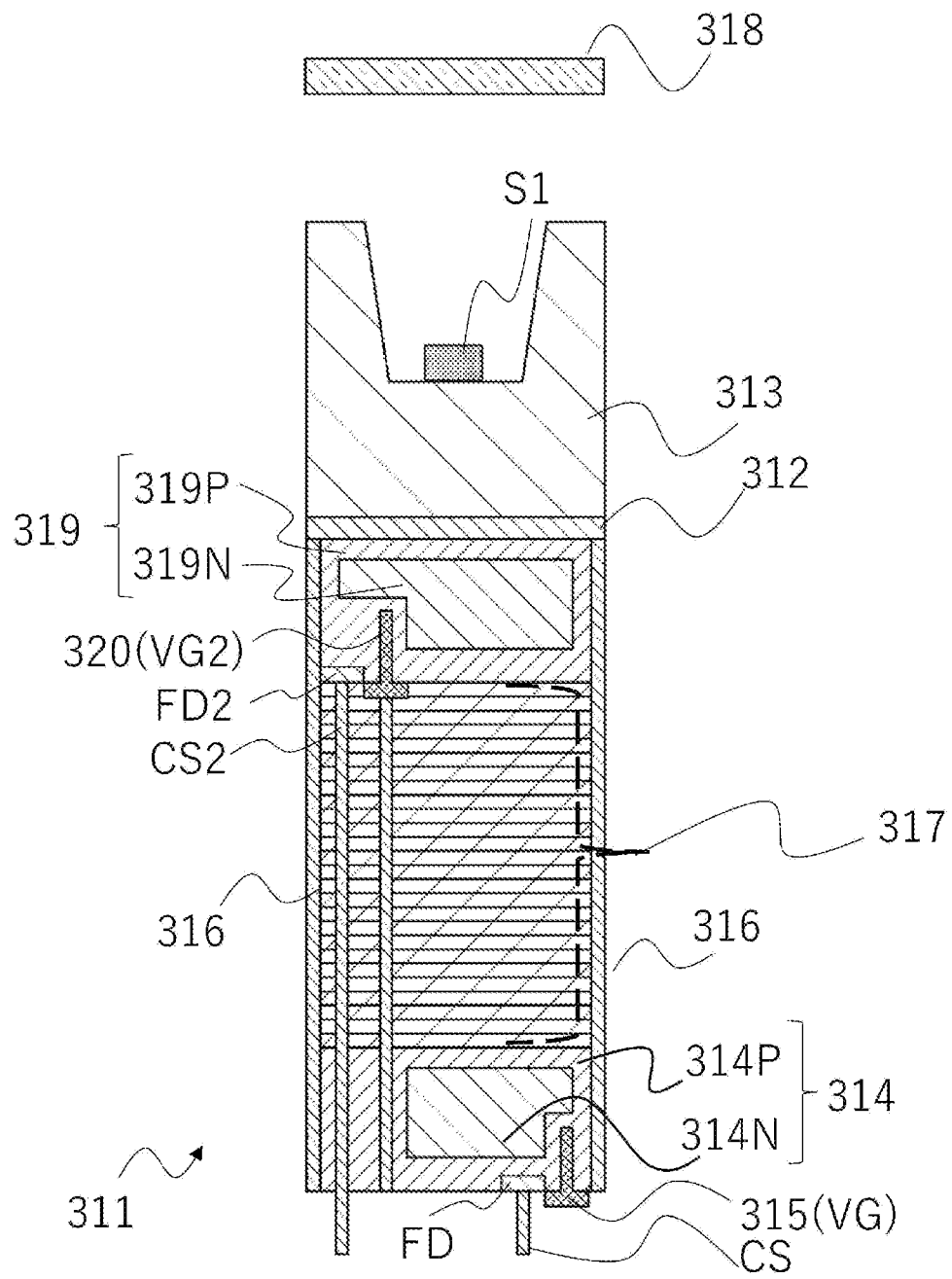


[illegible]

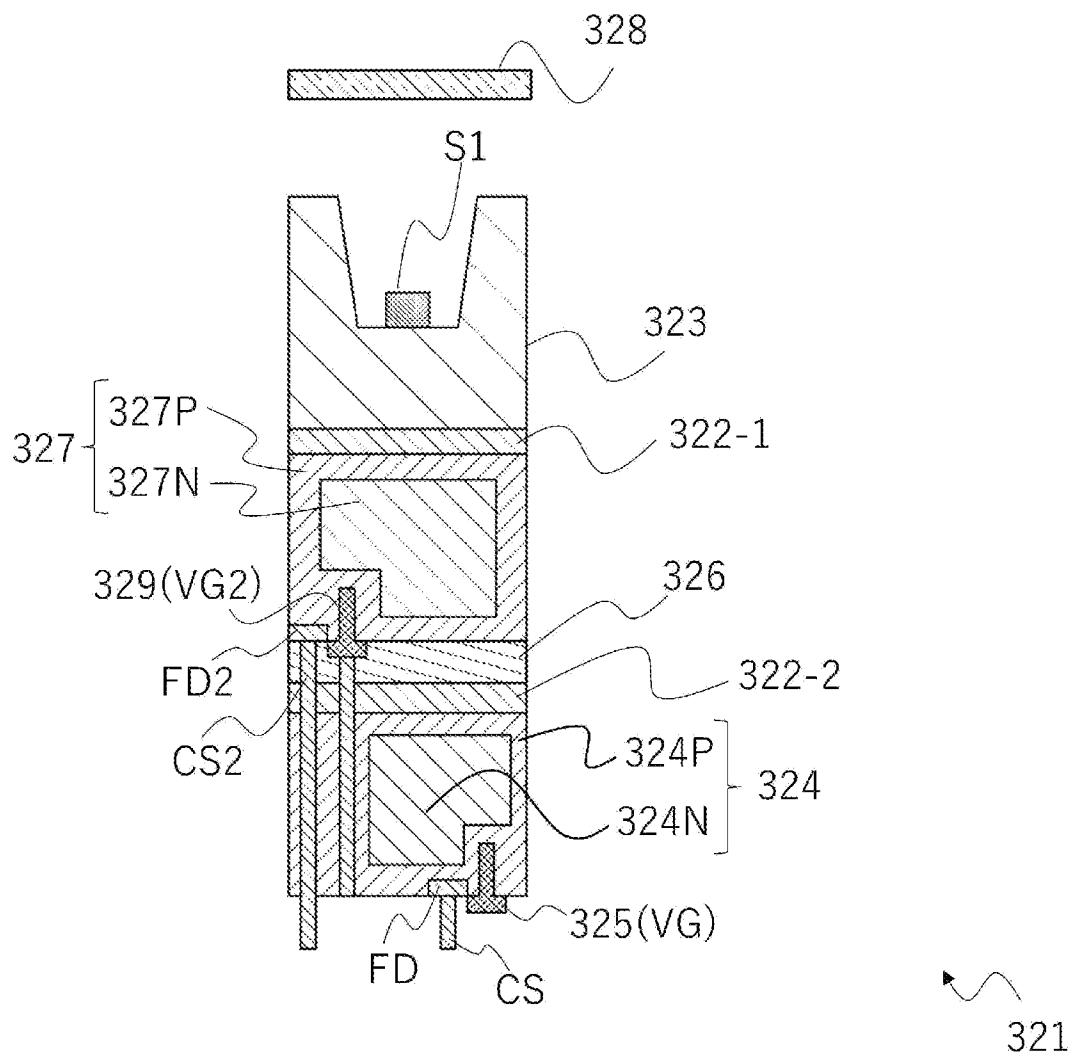
[図12]



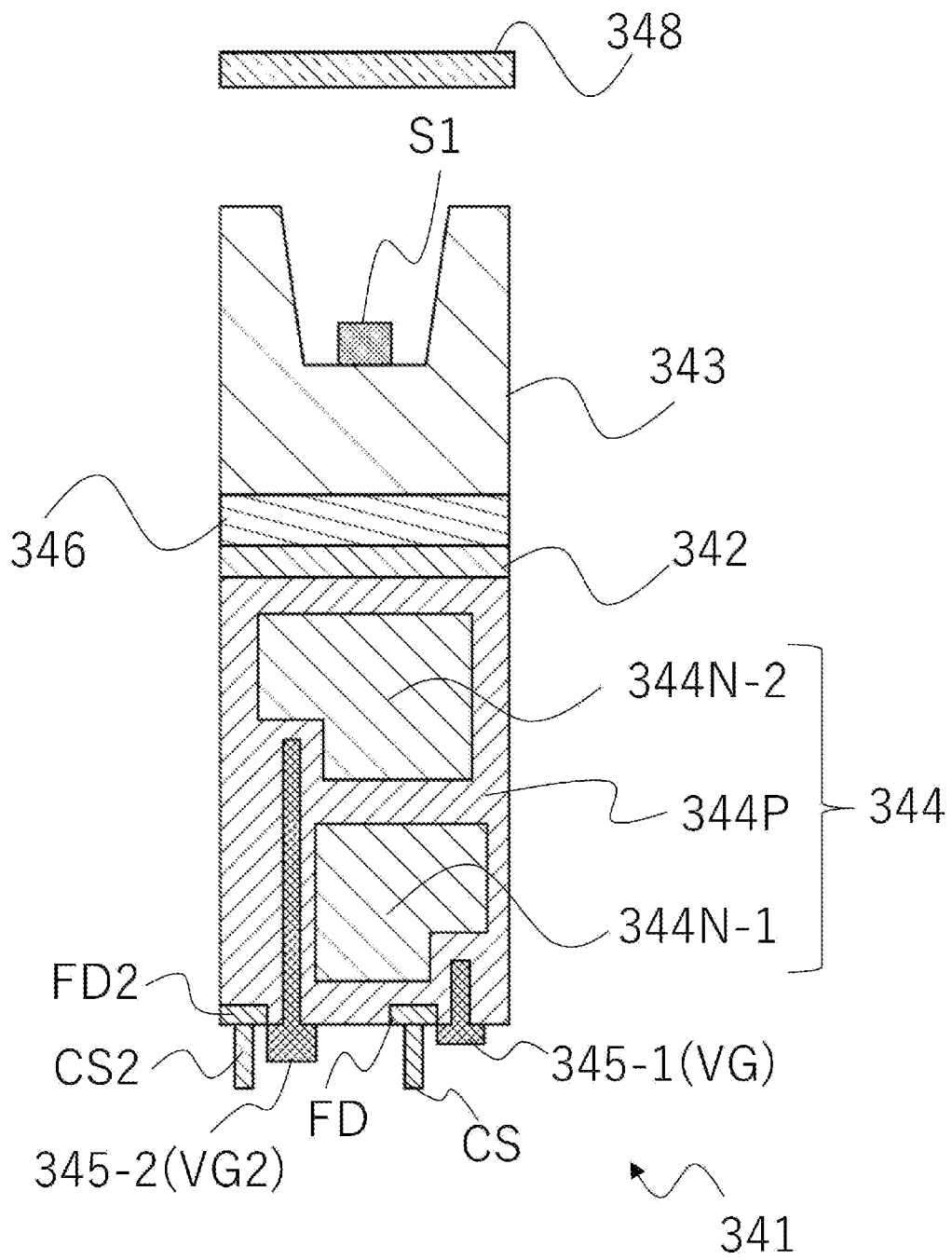
[図13]



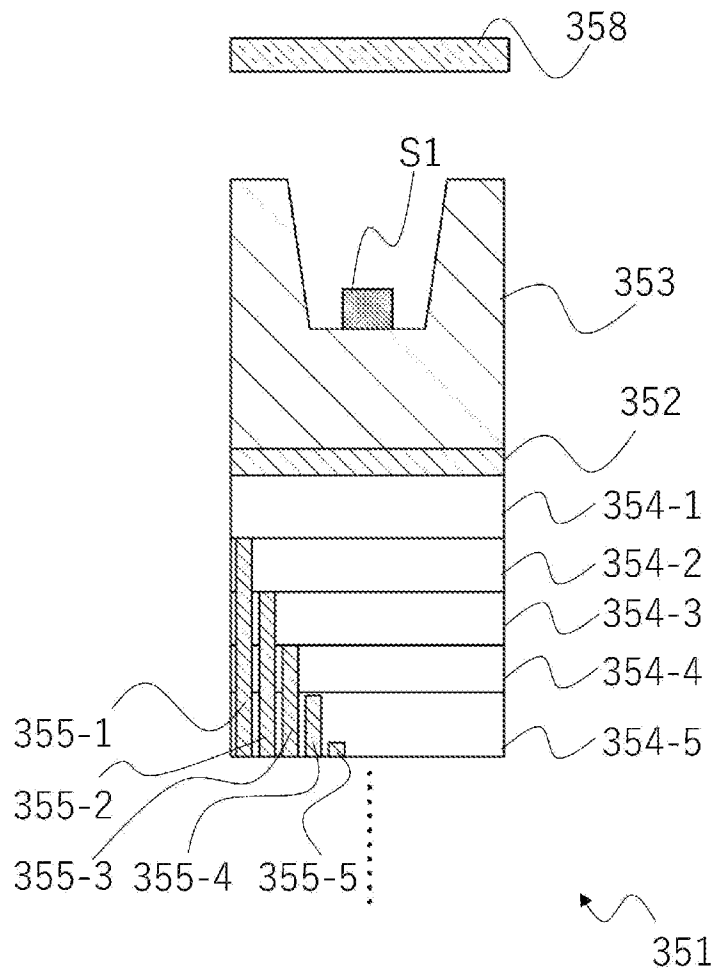
[図14]



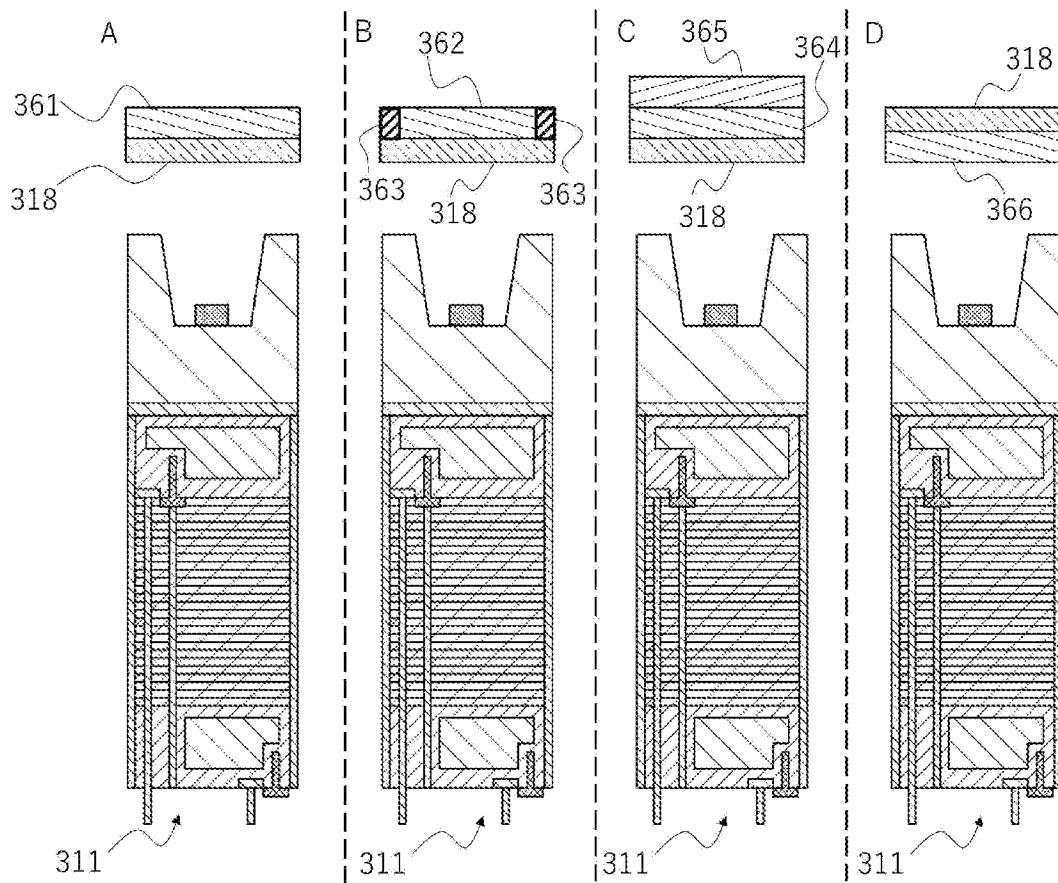
[図16]



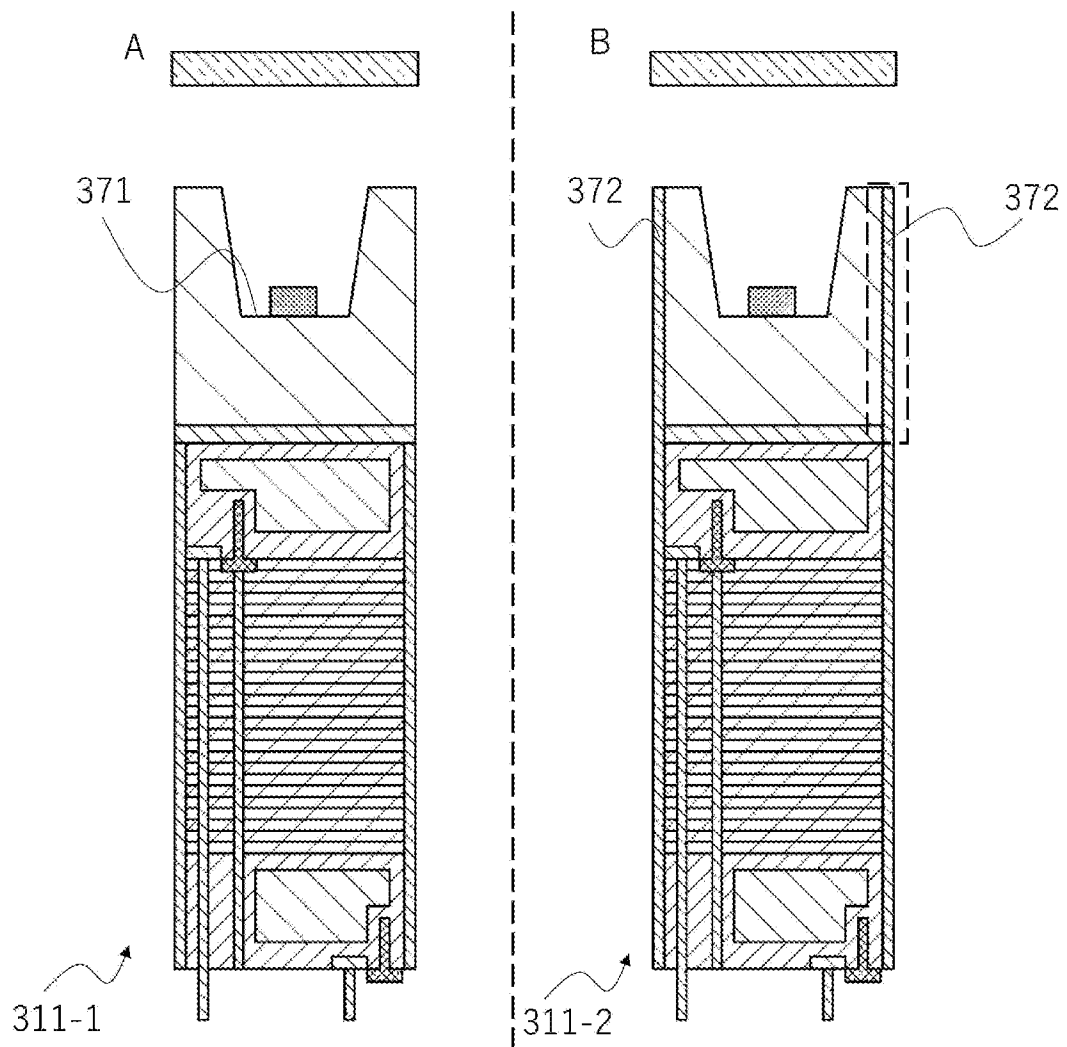
[図17]



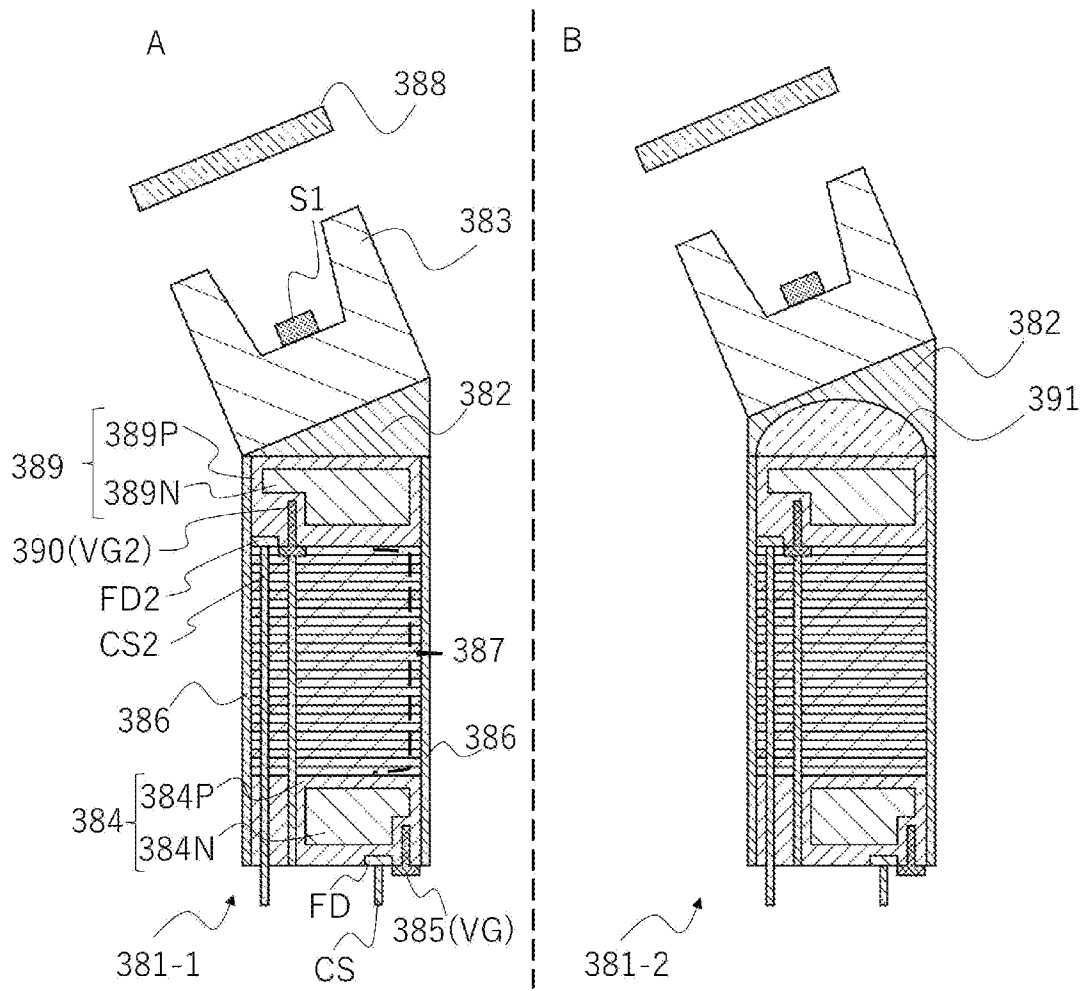
[図18]



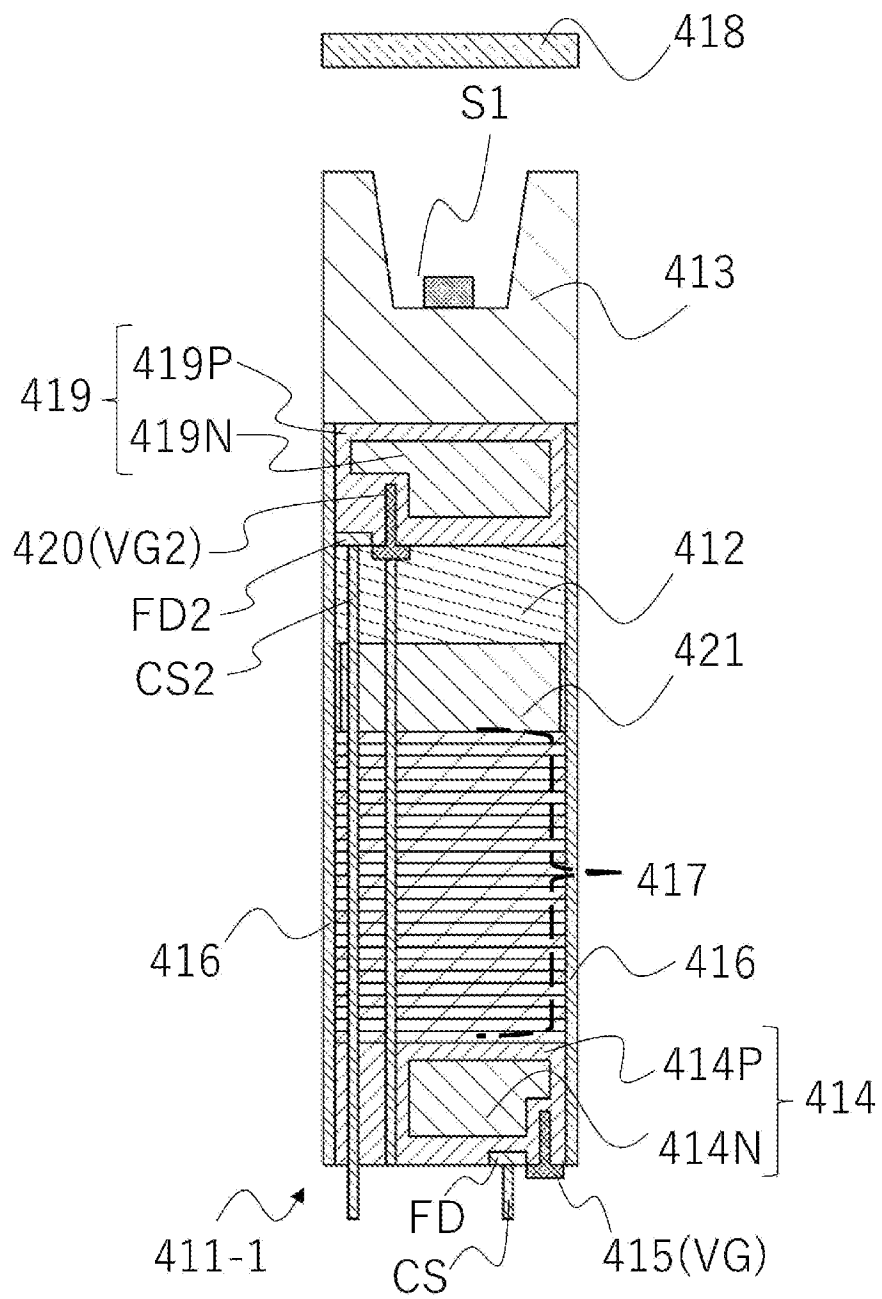
[図19]



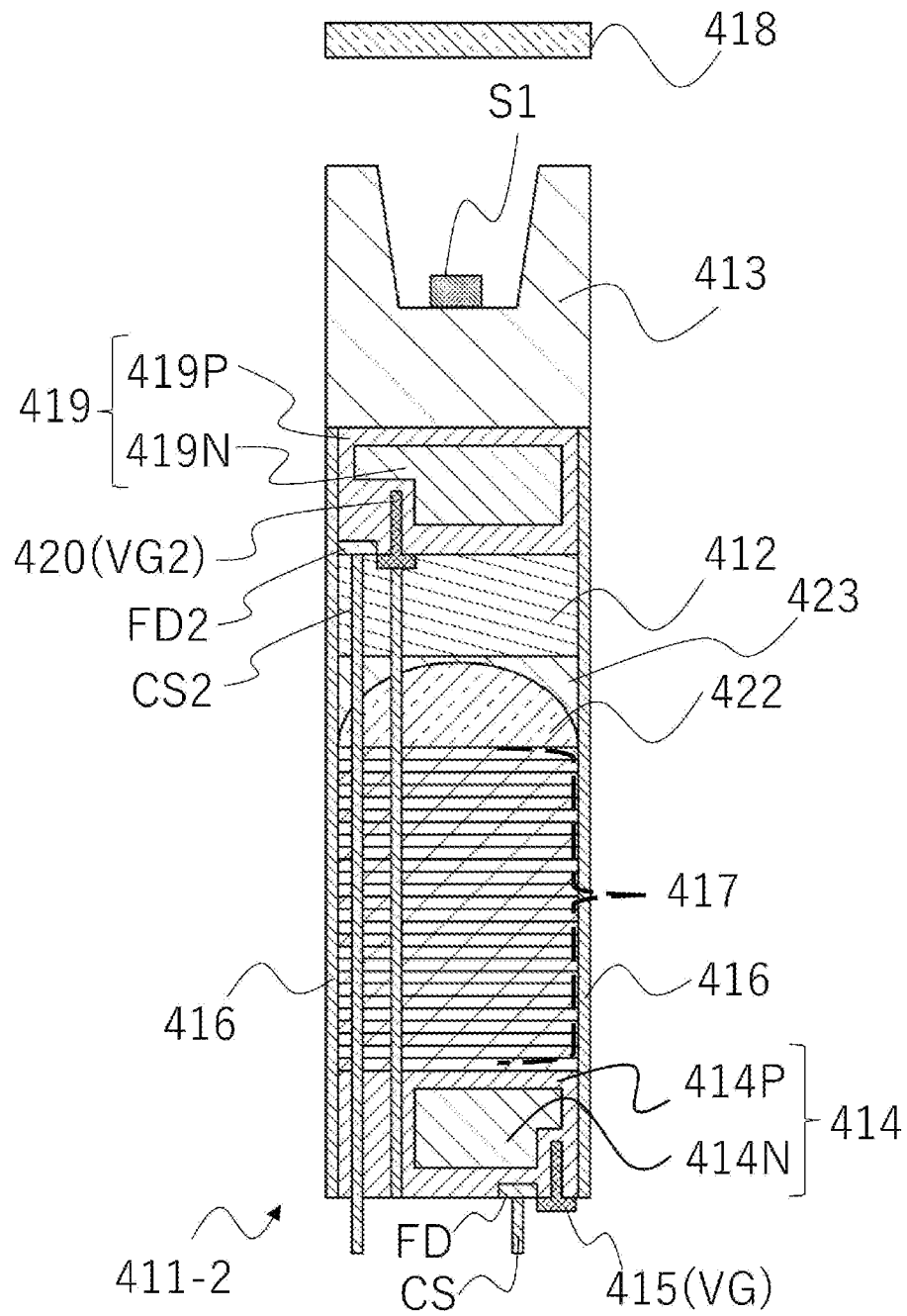
[図20]



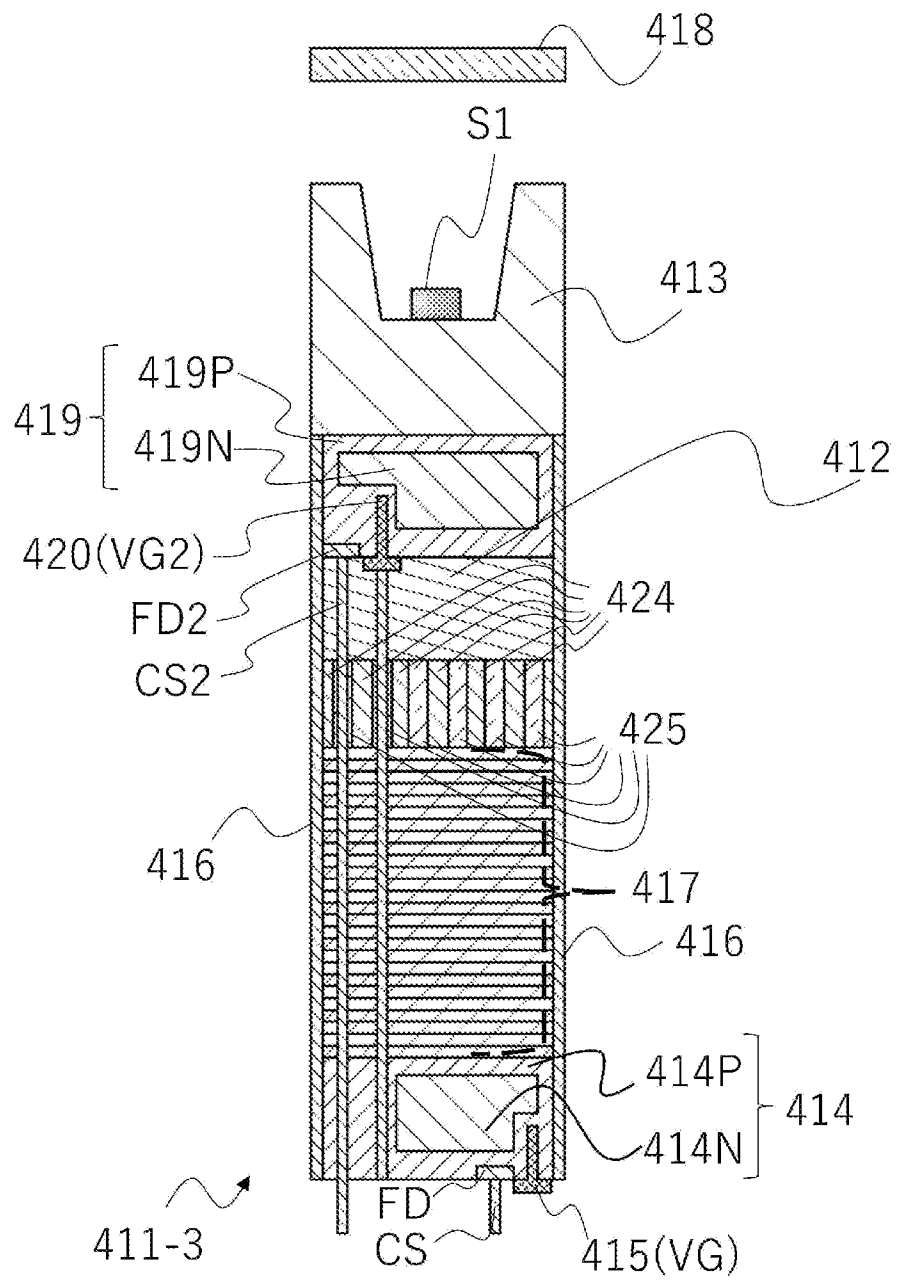
[図22]



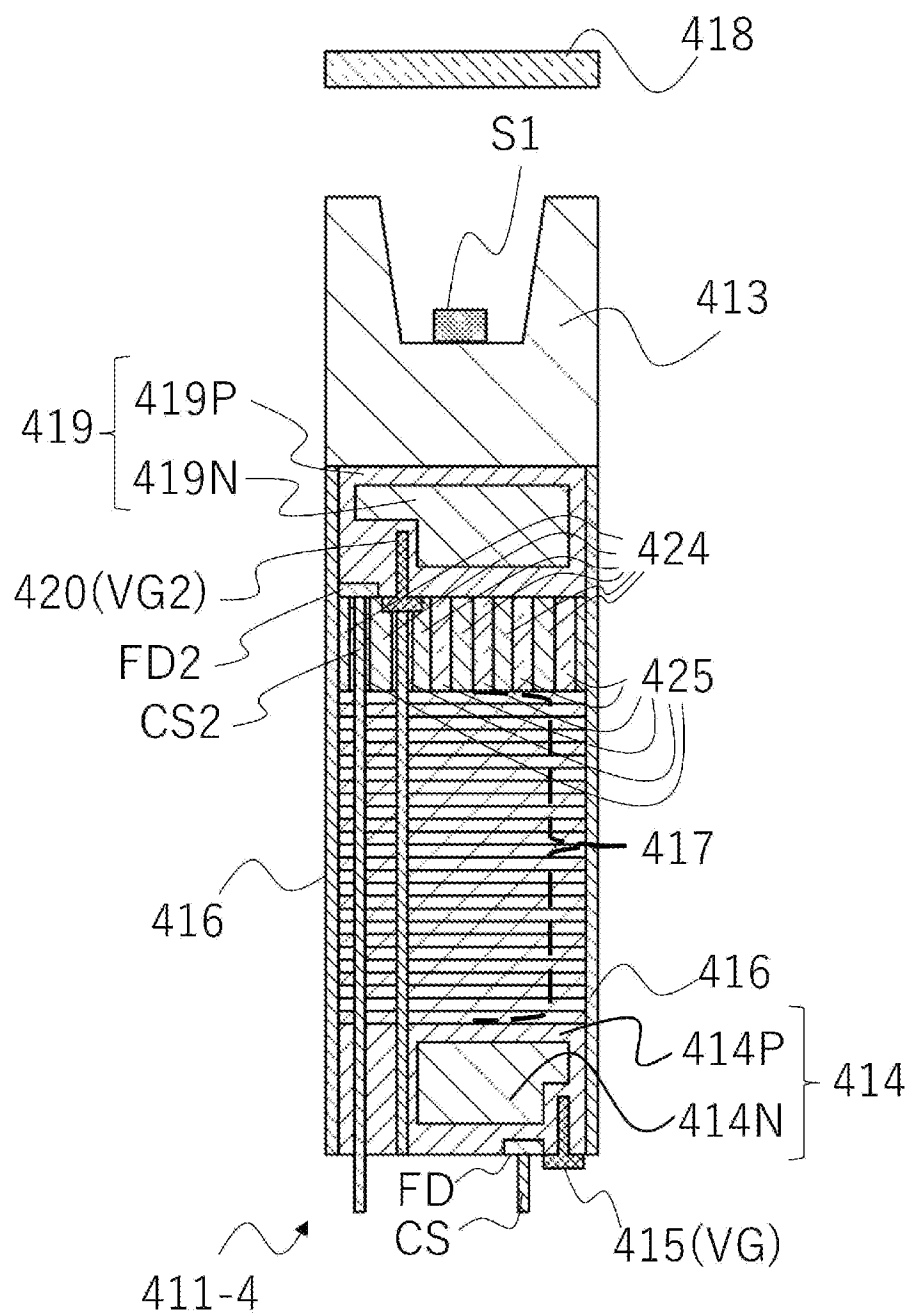
[図23]



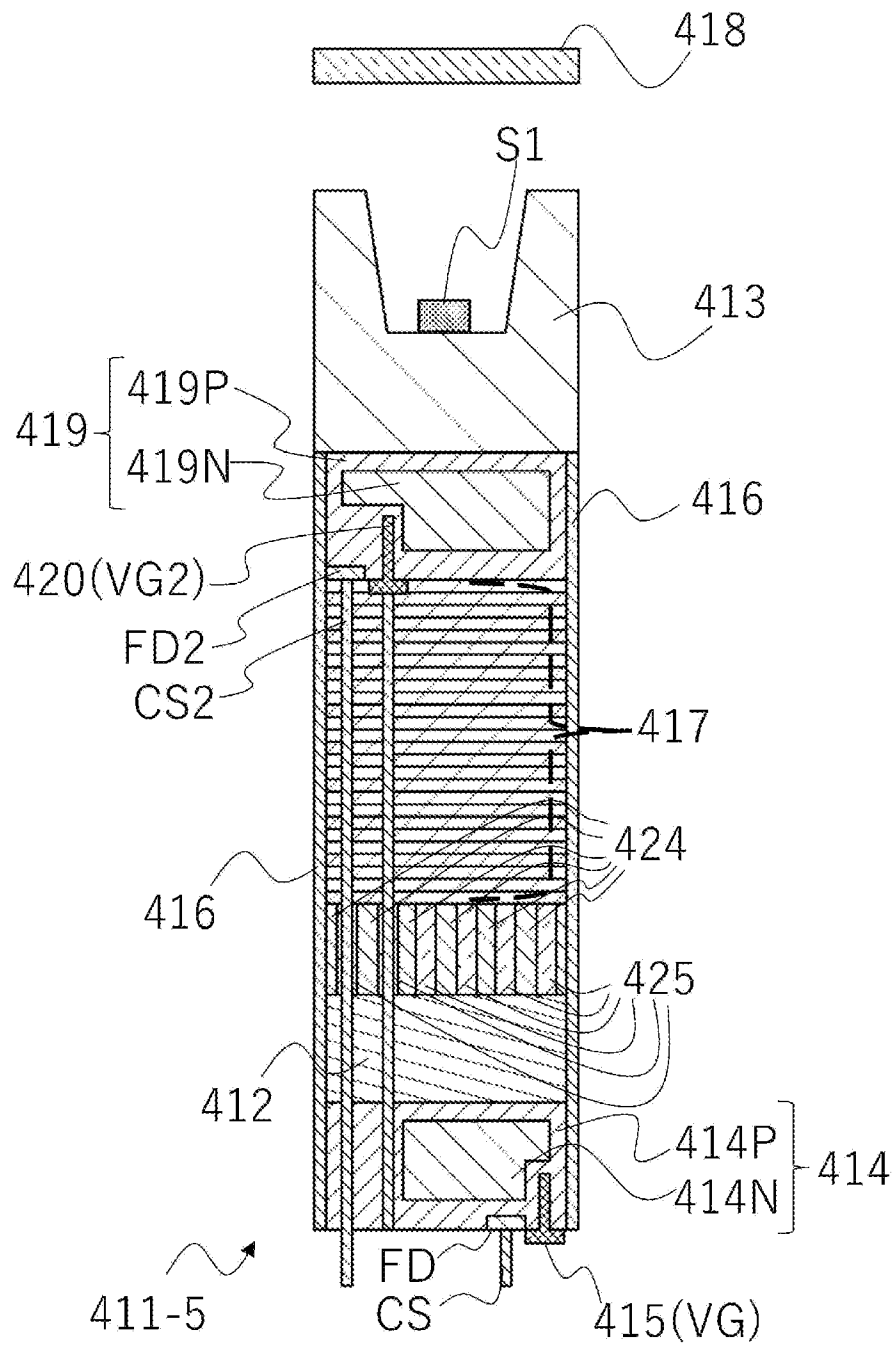
[図24]



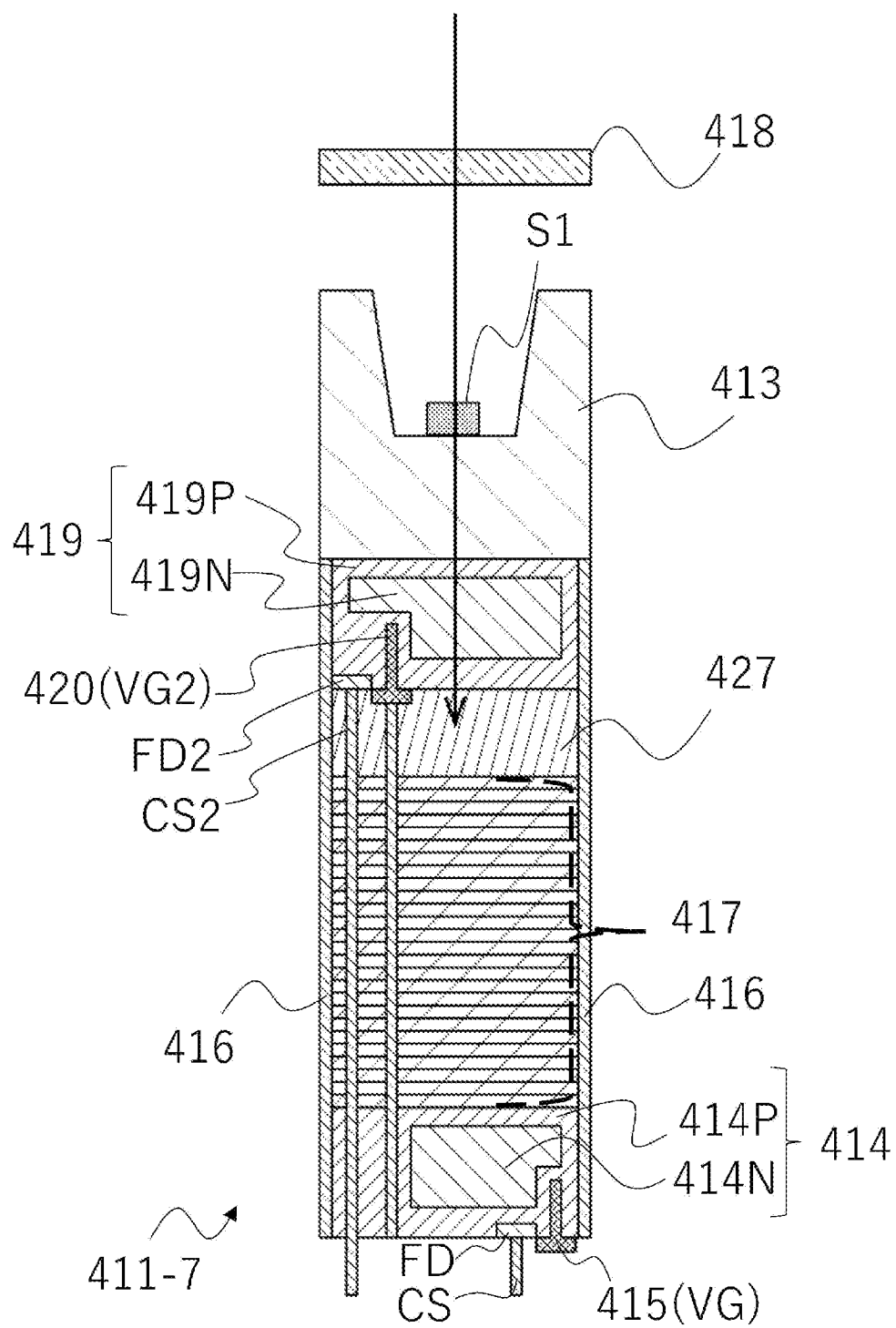
[図25]



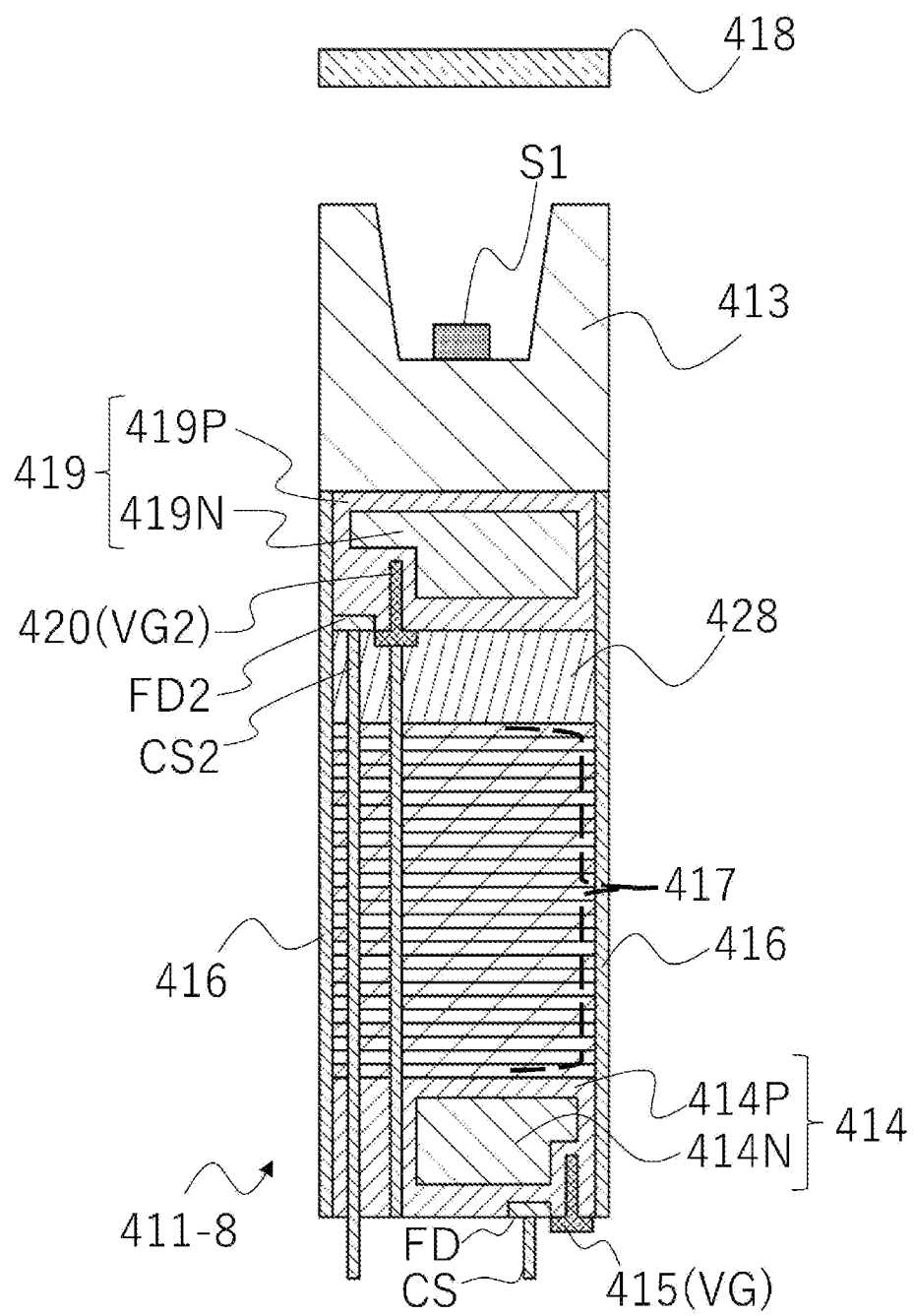
[図26]



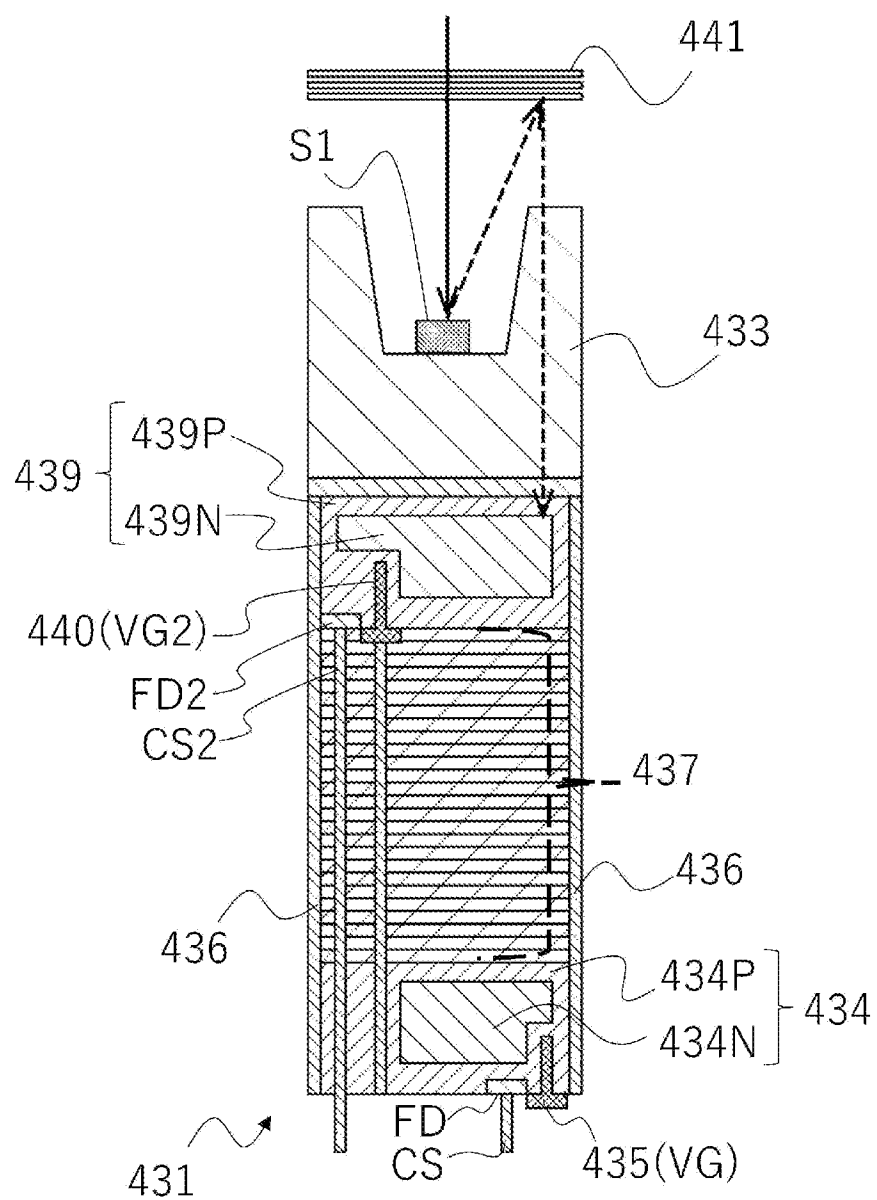
[図28]



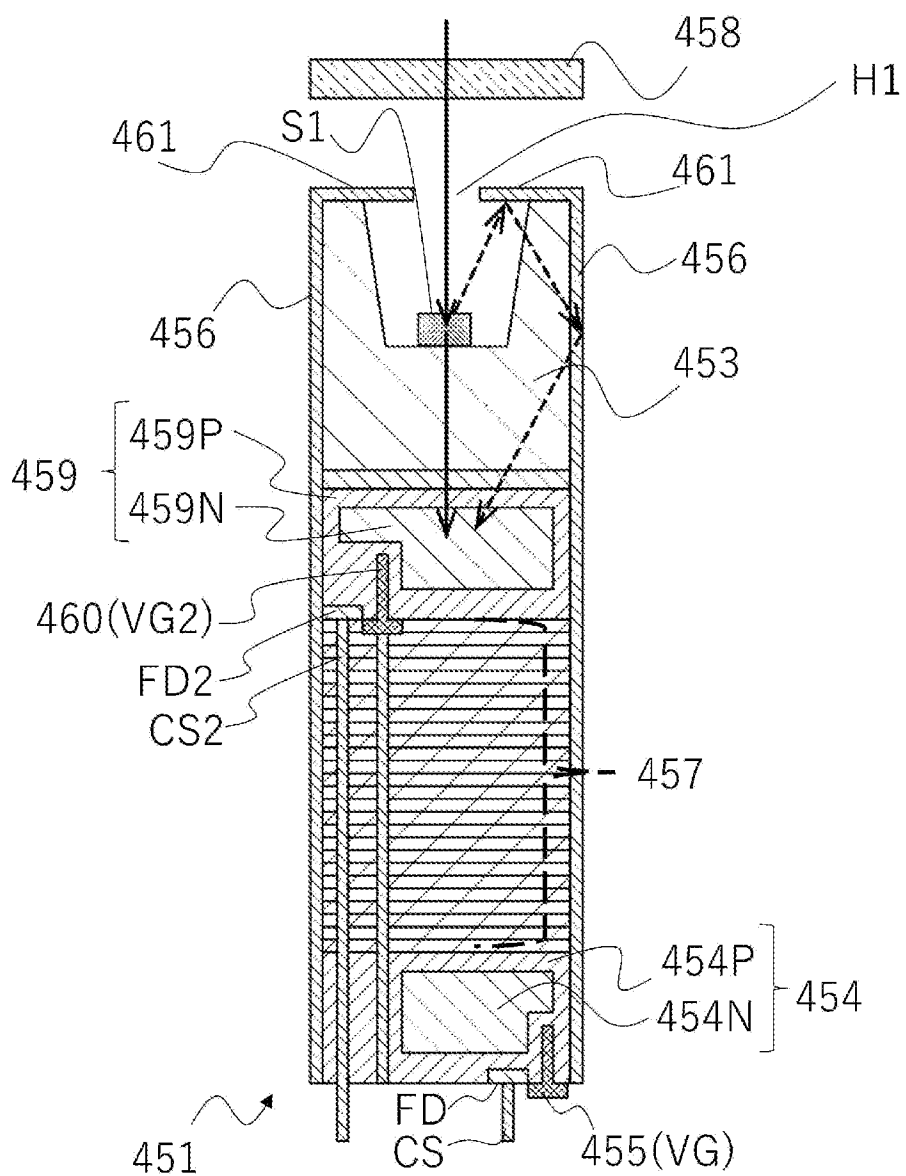
[図29]



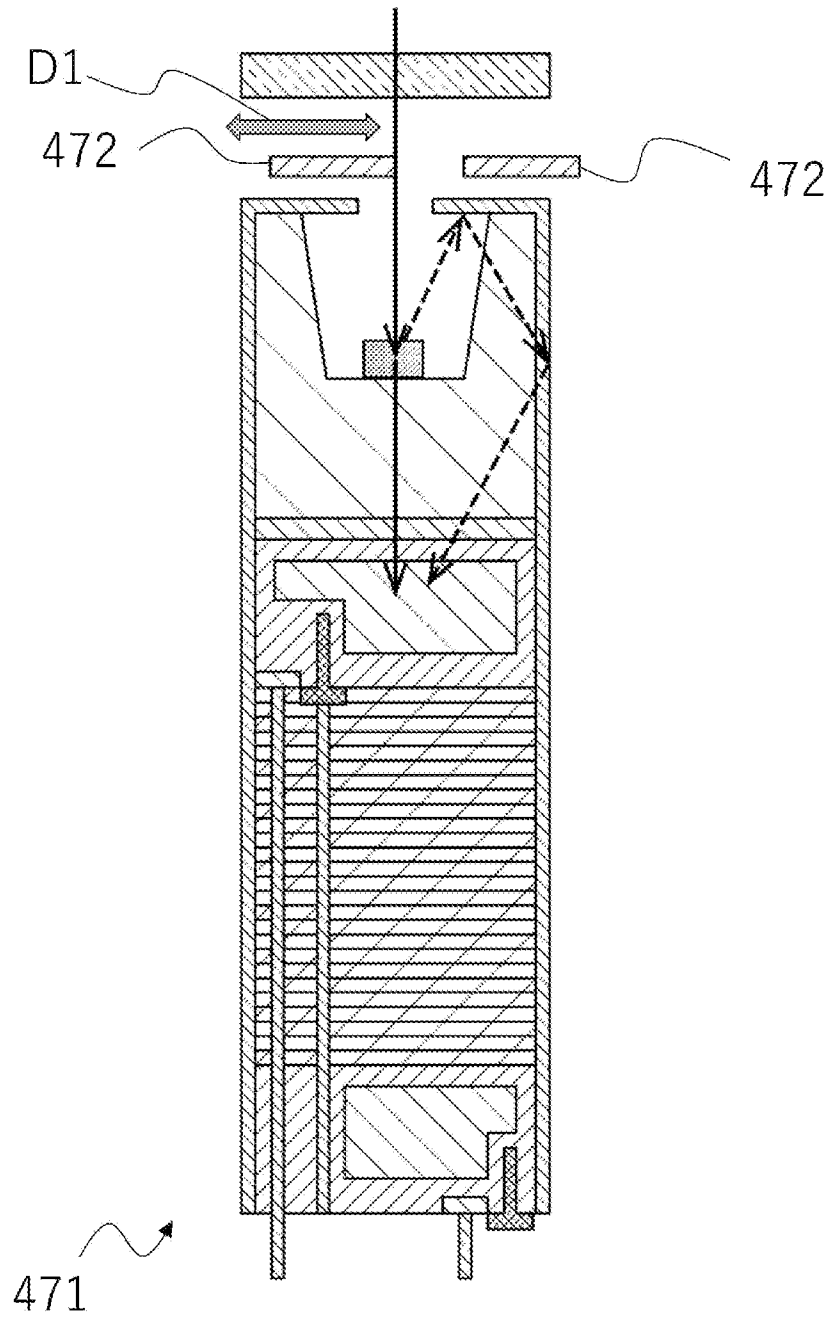
[図30]



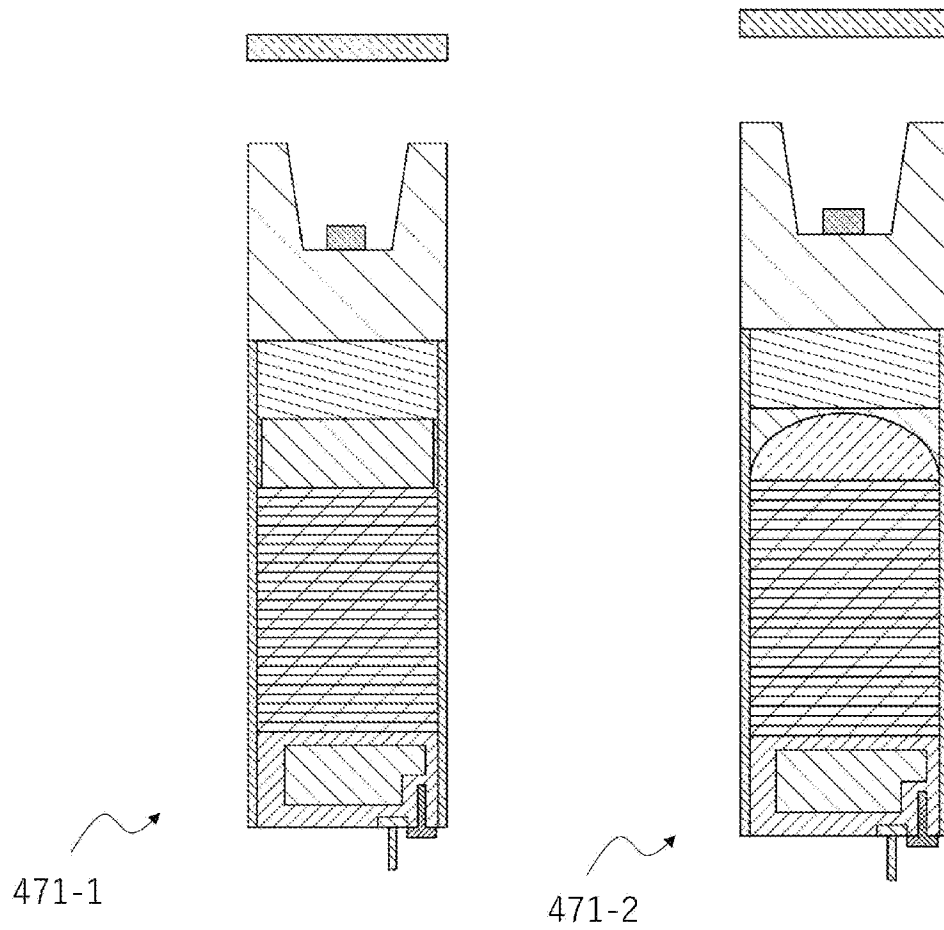
[図31]



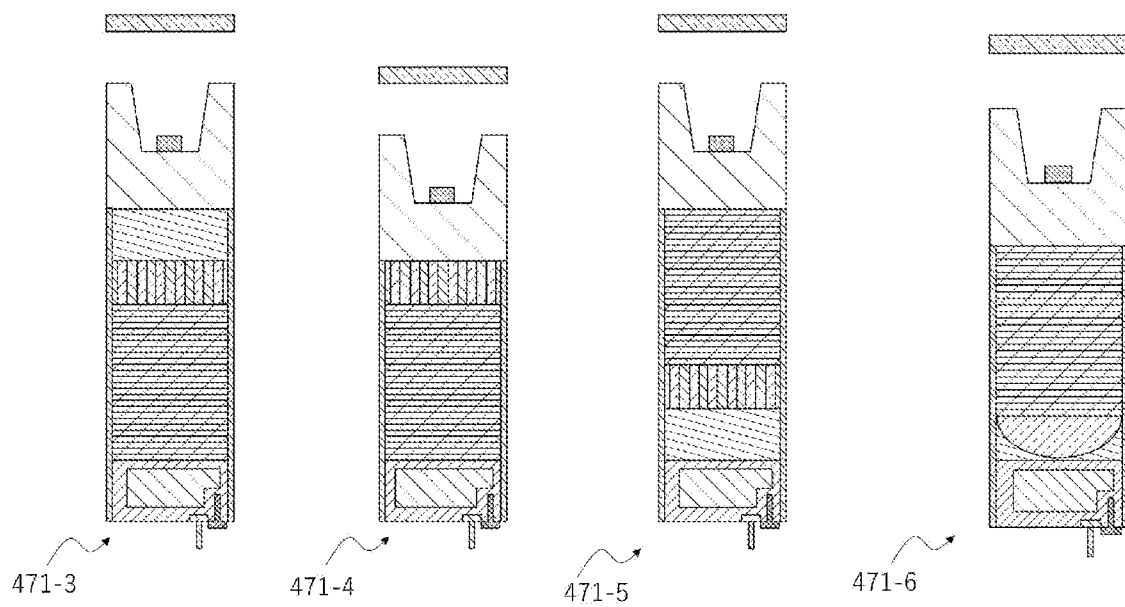
[図32]



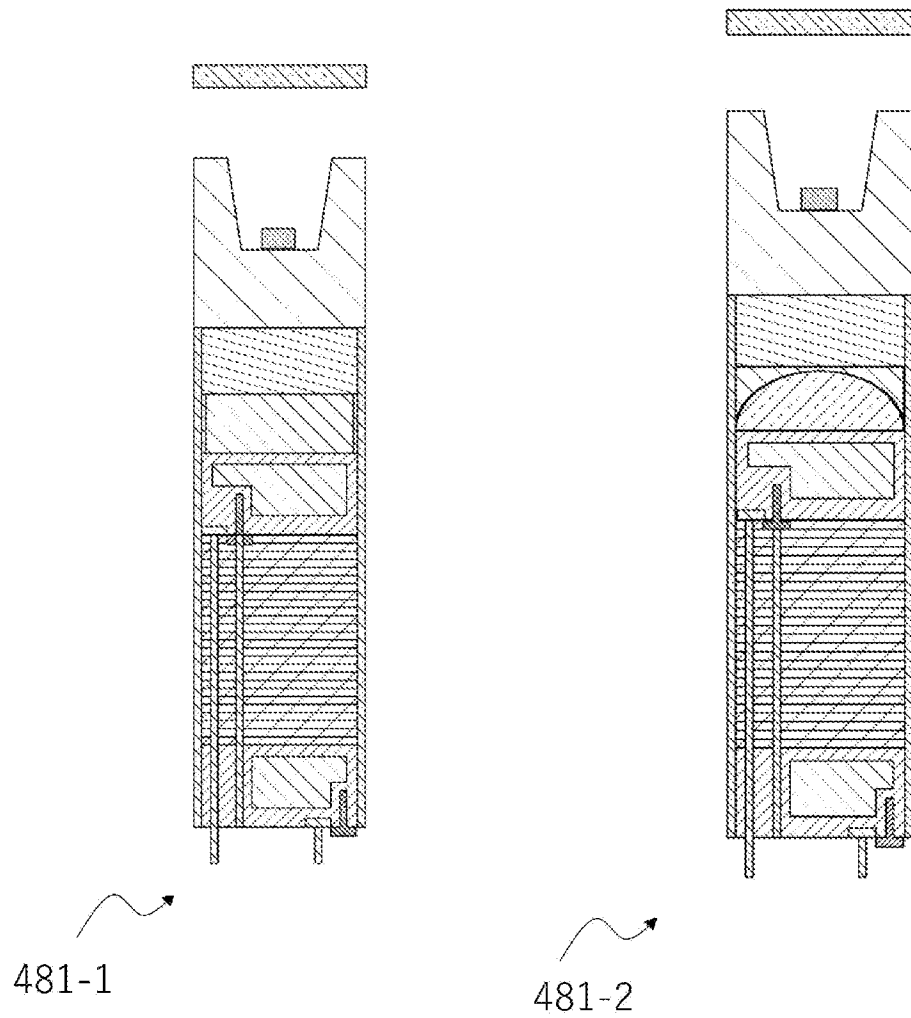
[図33A]



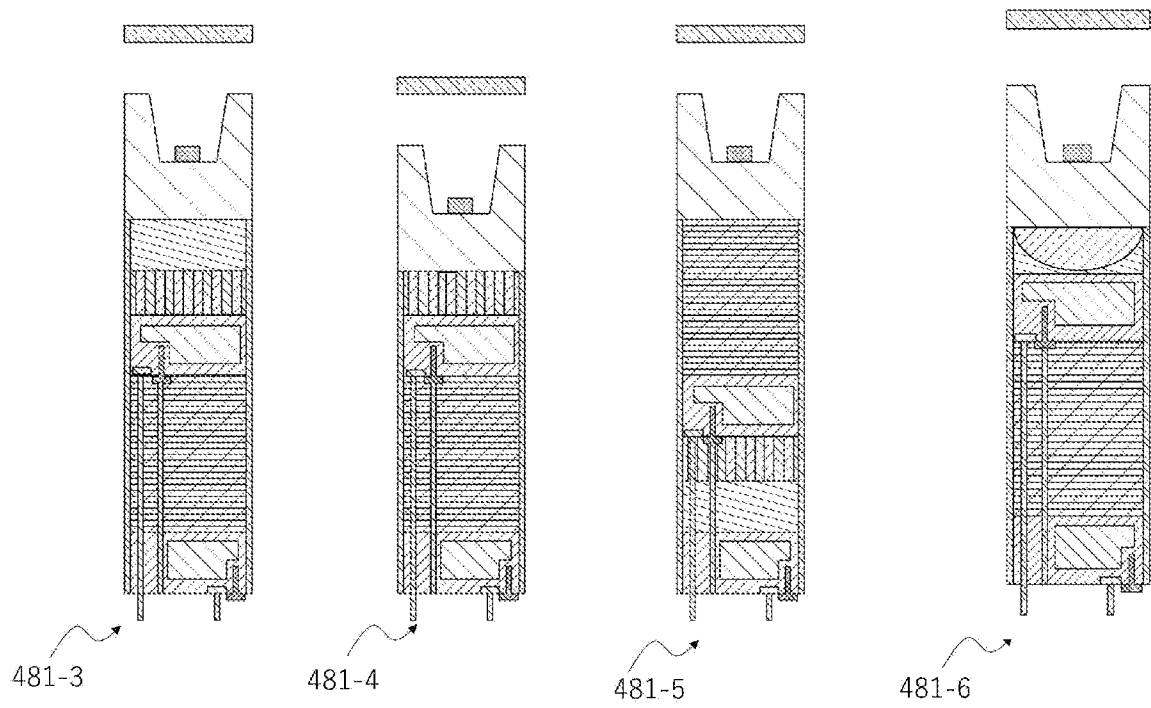
[図33B]



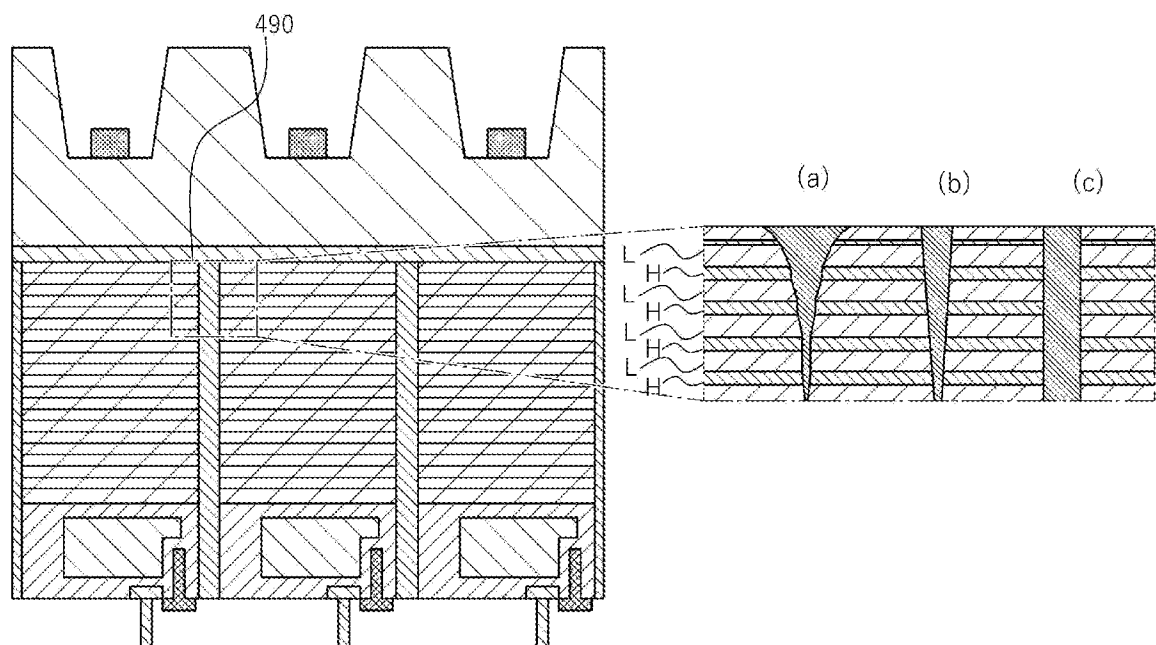
[図34A]



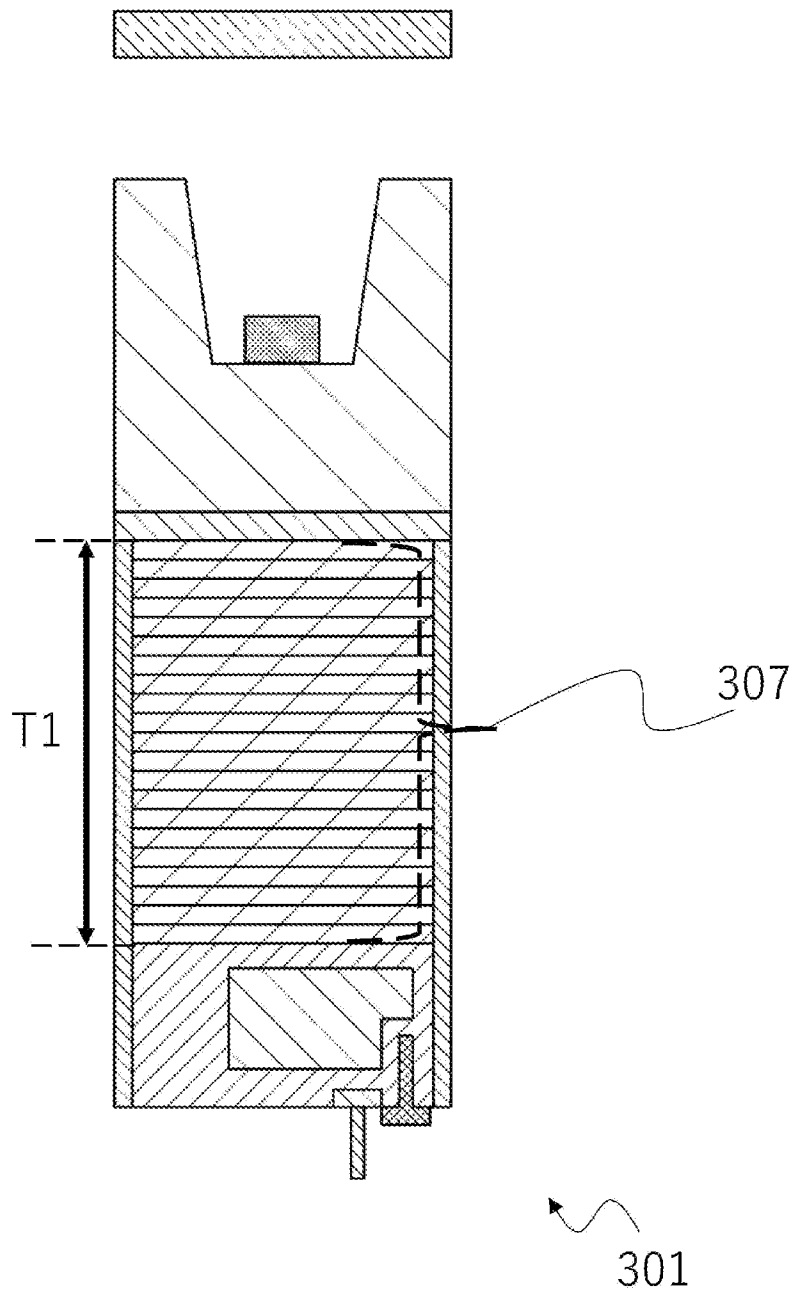
[図34B]



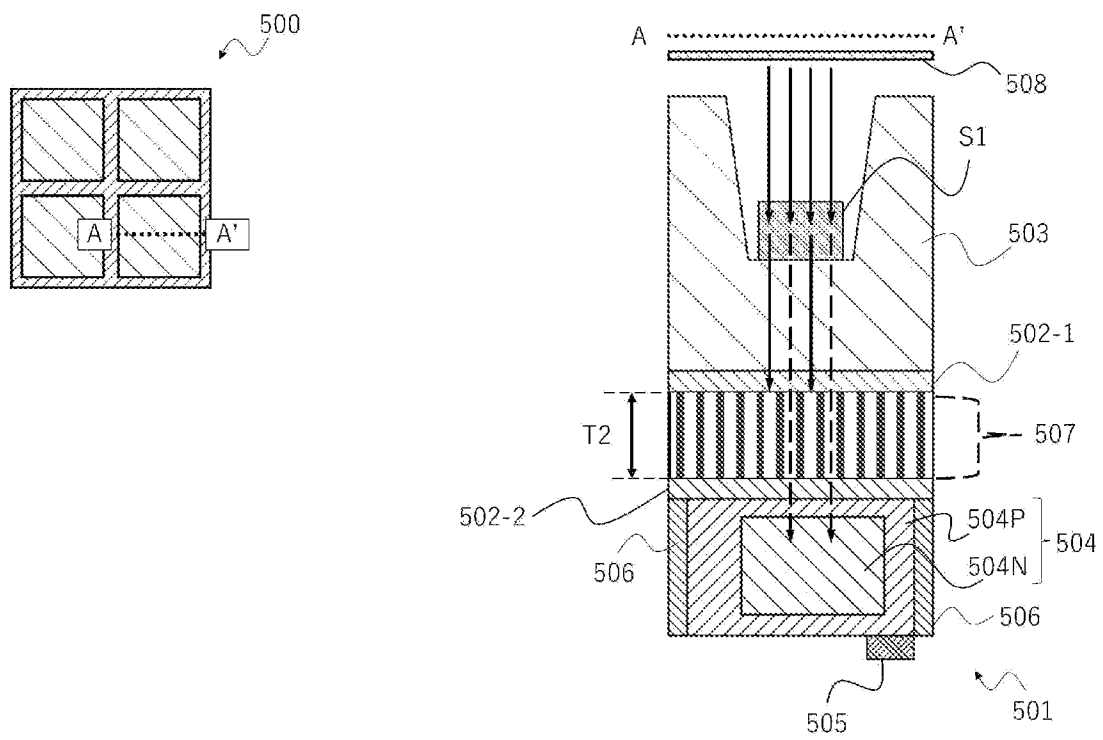
[図35]



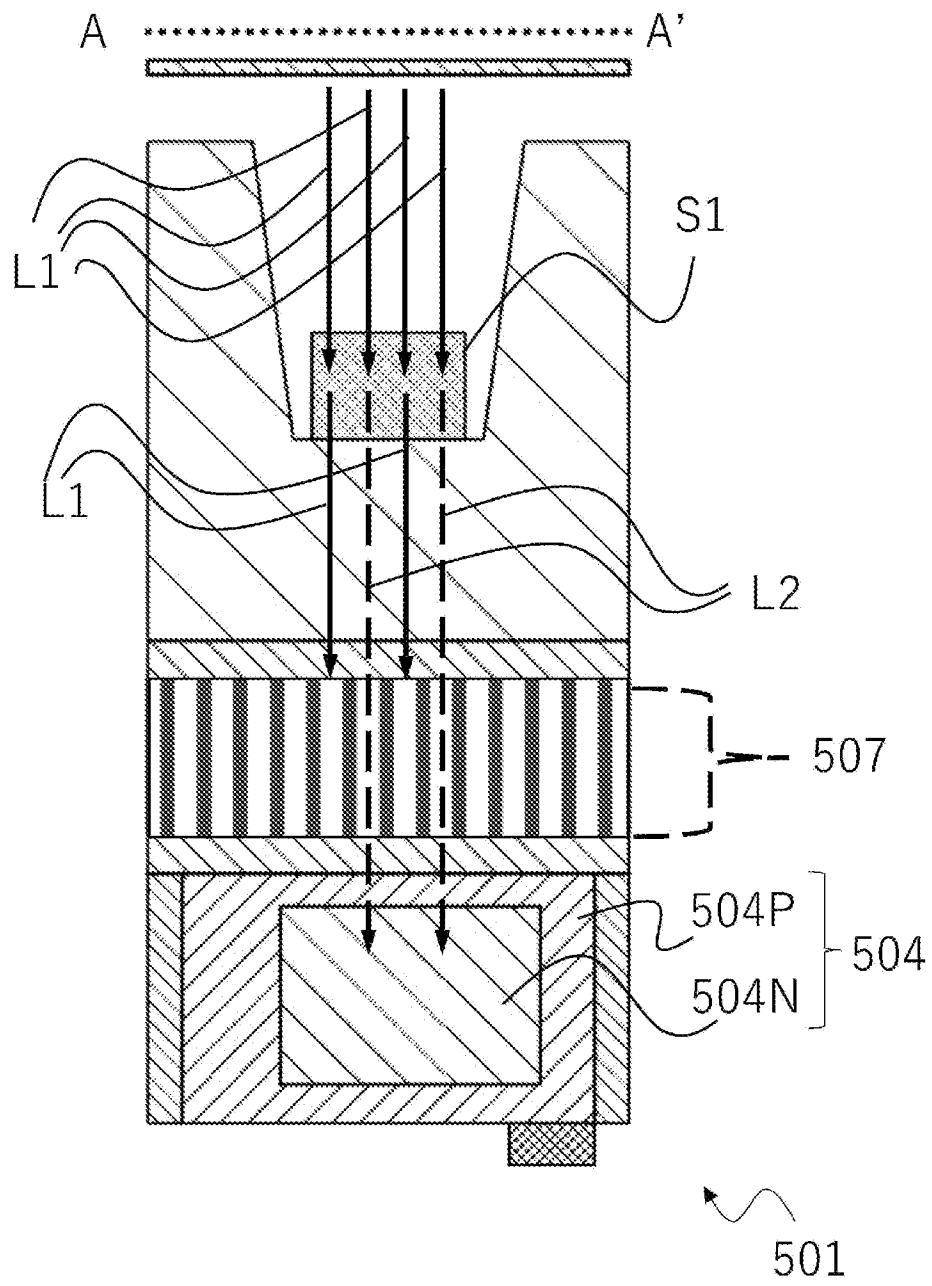
[図36A]



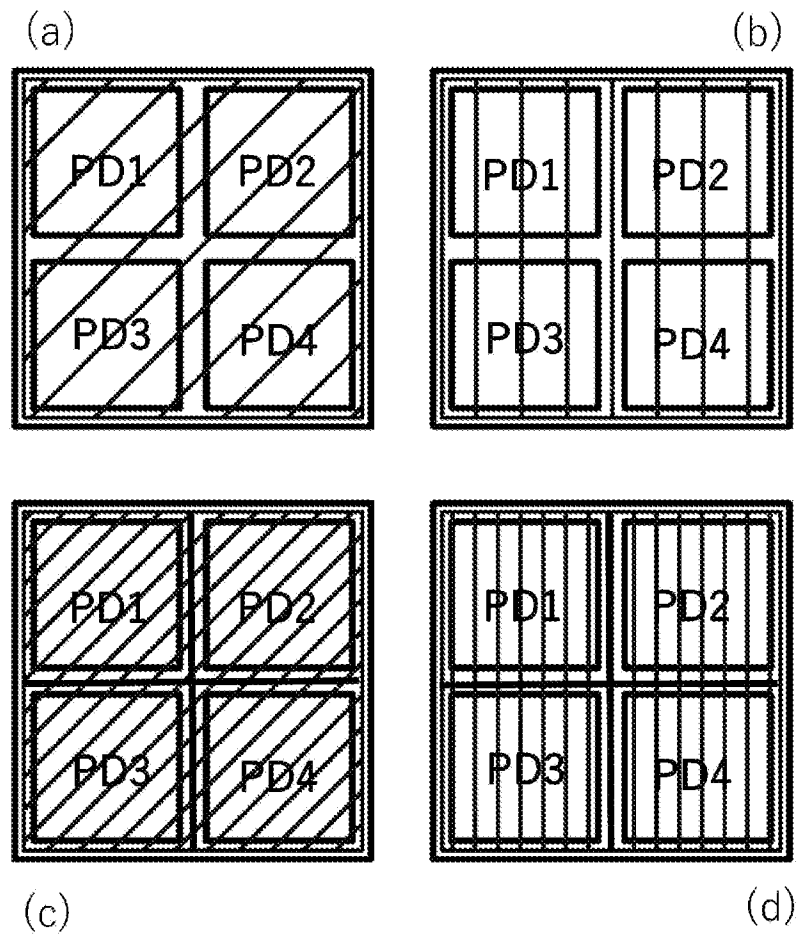
[図36B]



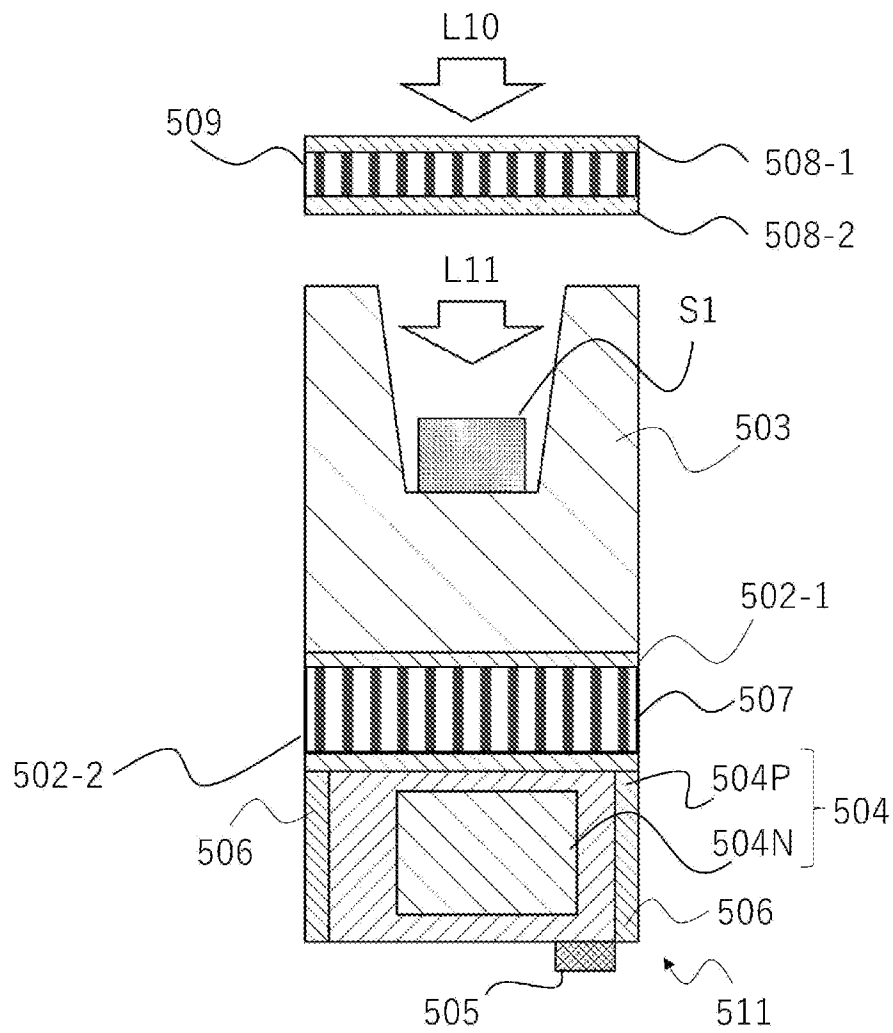
[図36C]



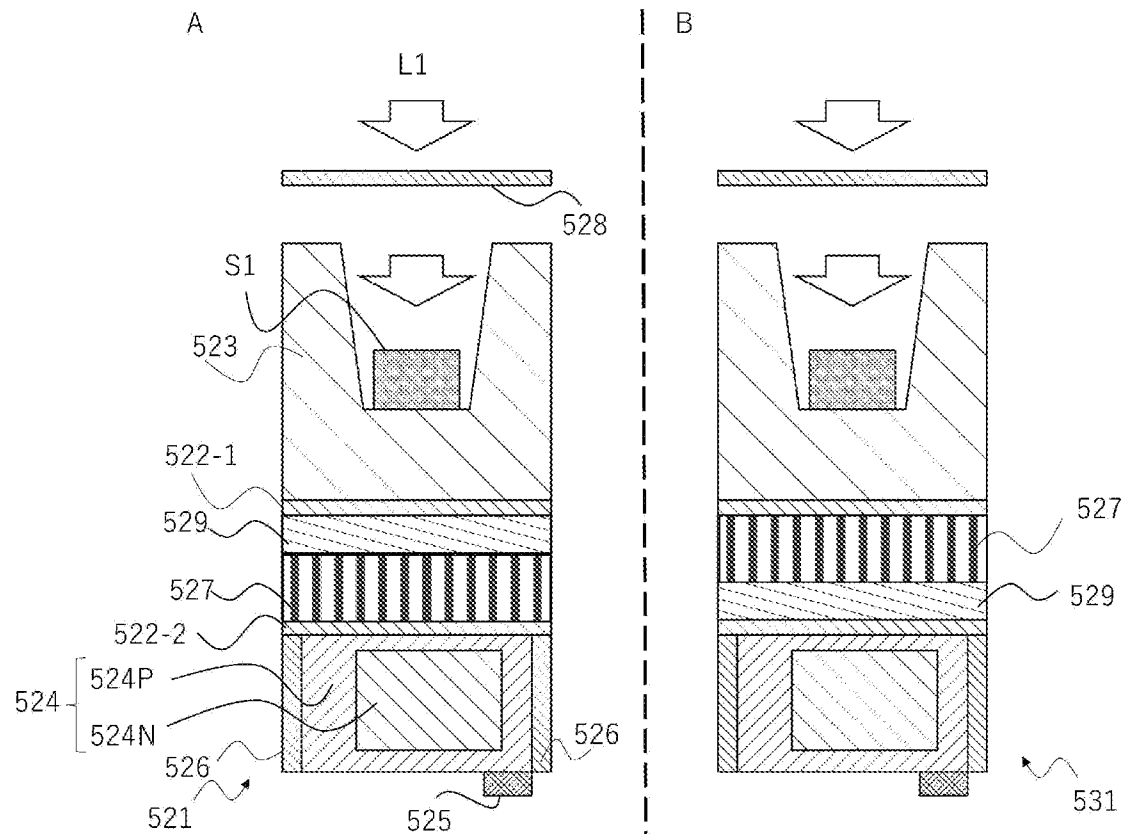
[図37]



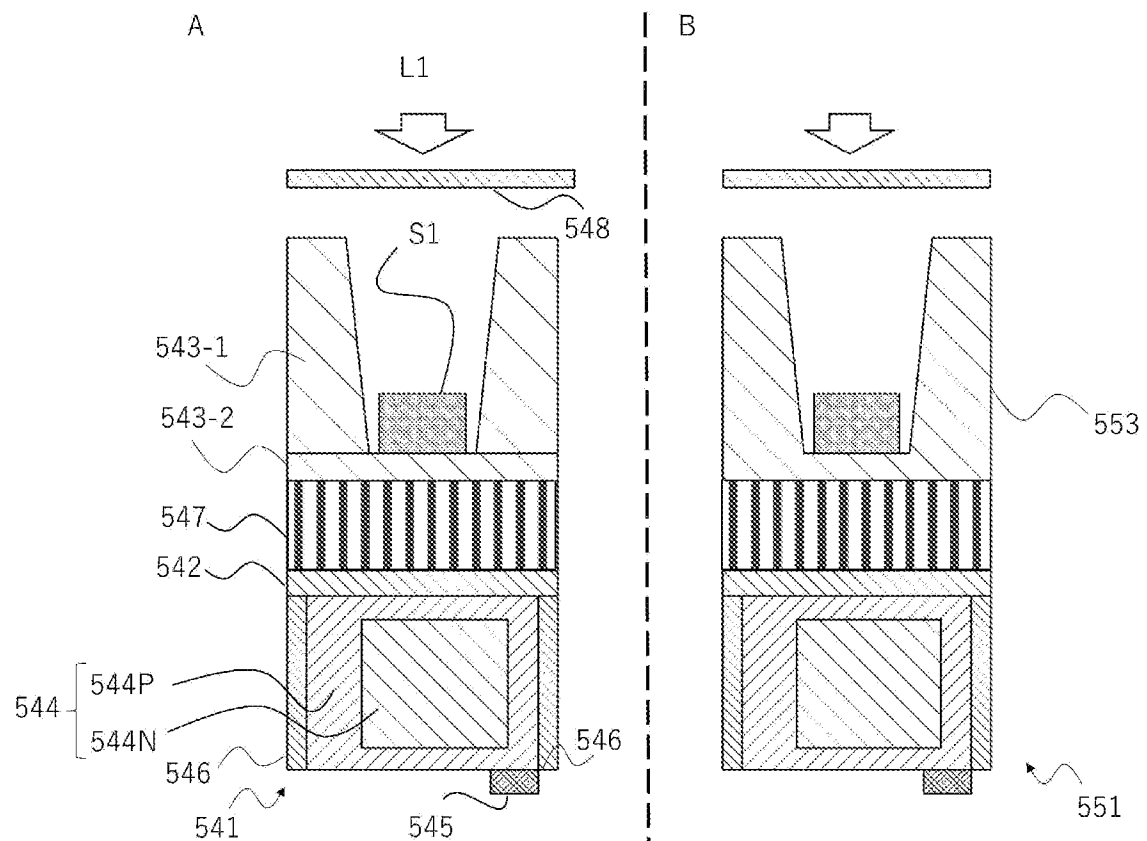
[図38]



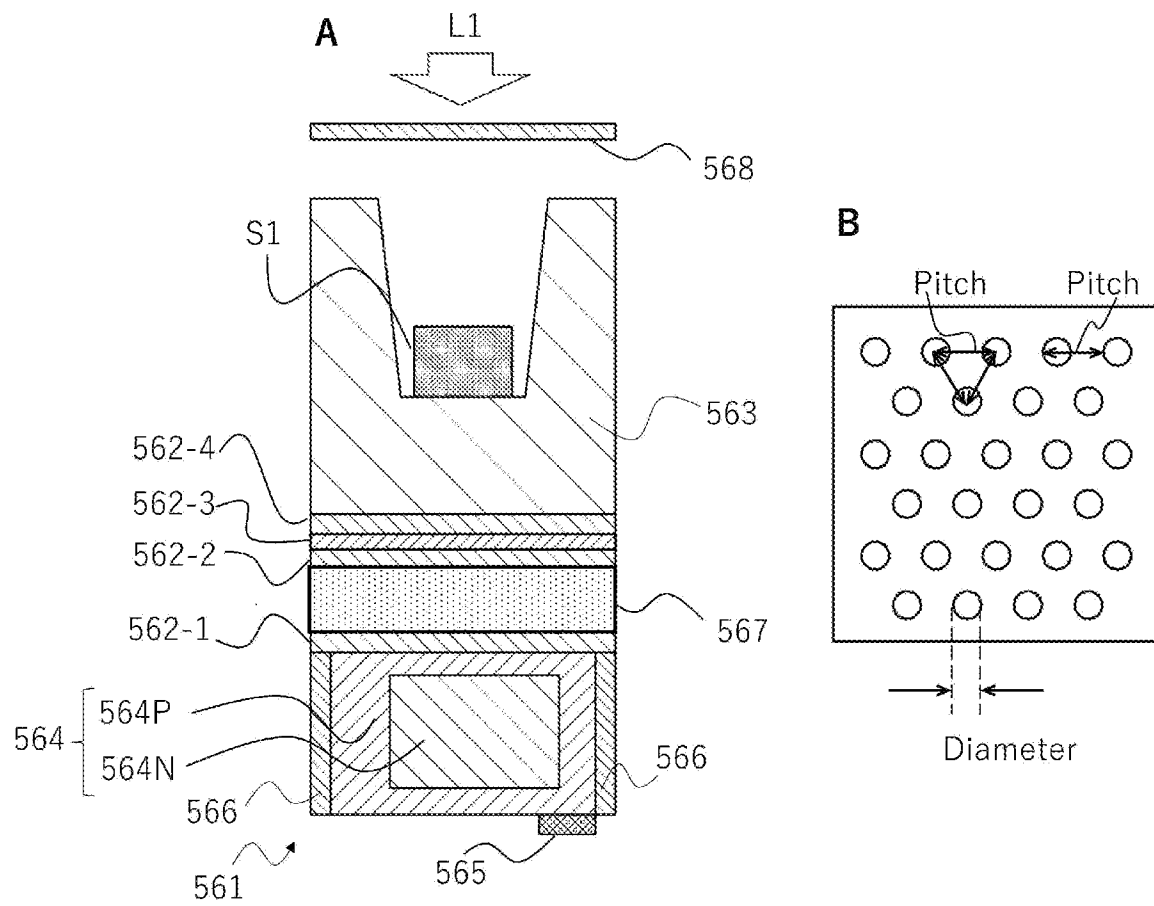
[図39]



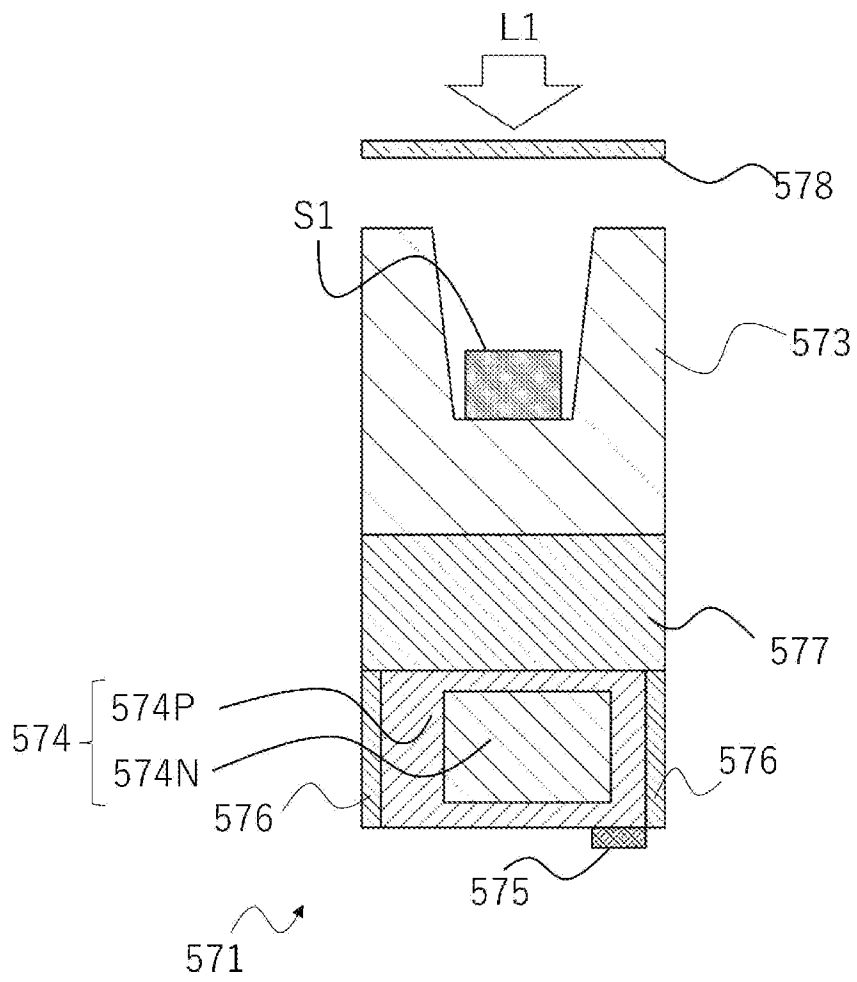
[図40]



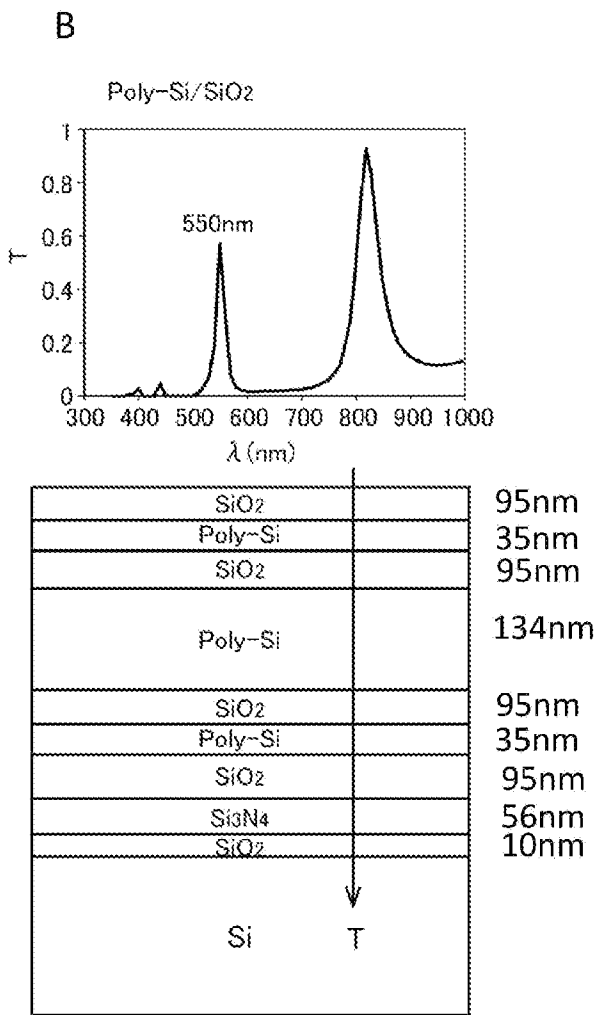
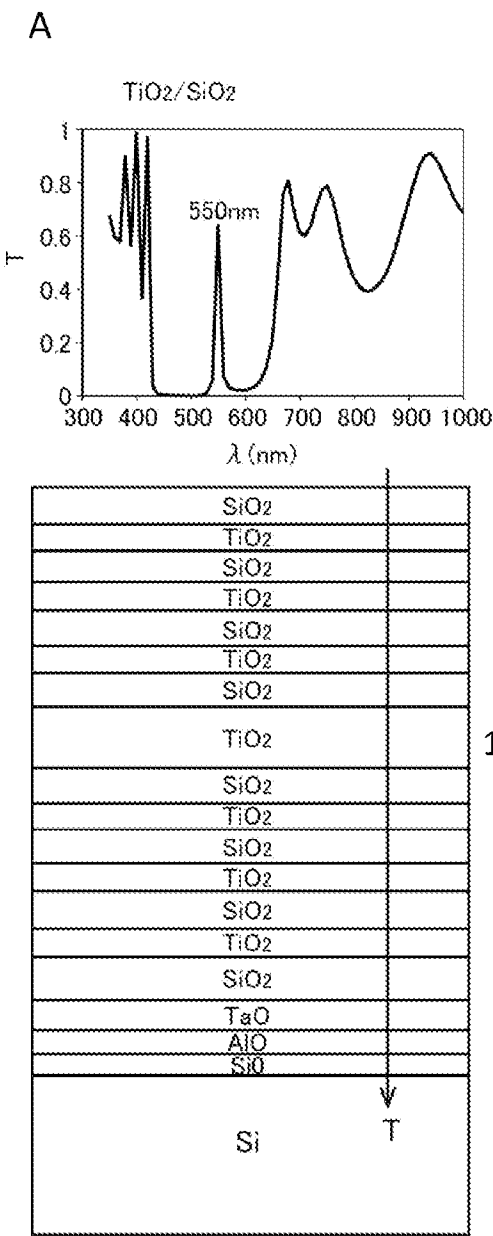
[図41]



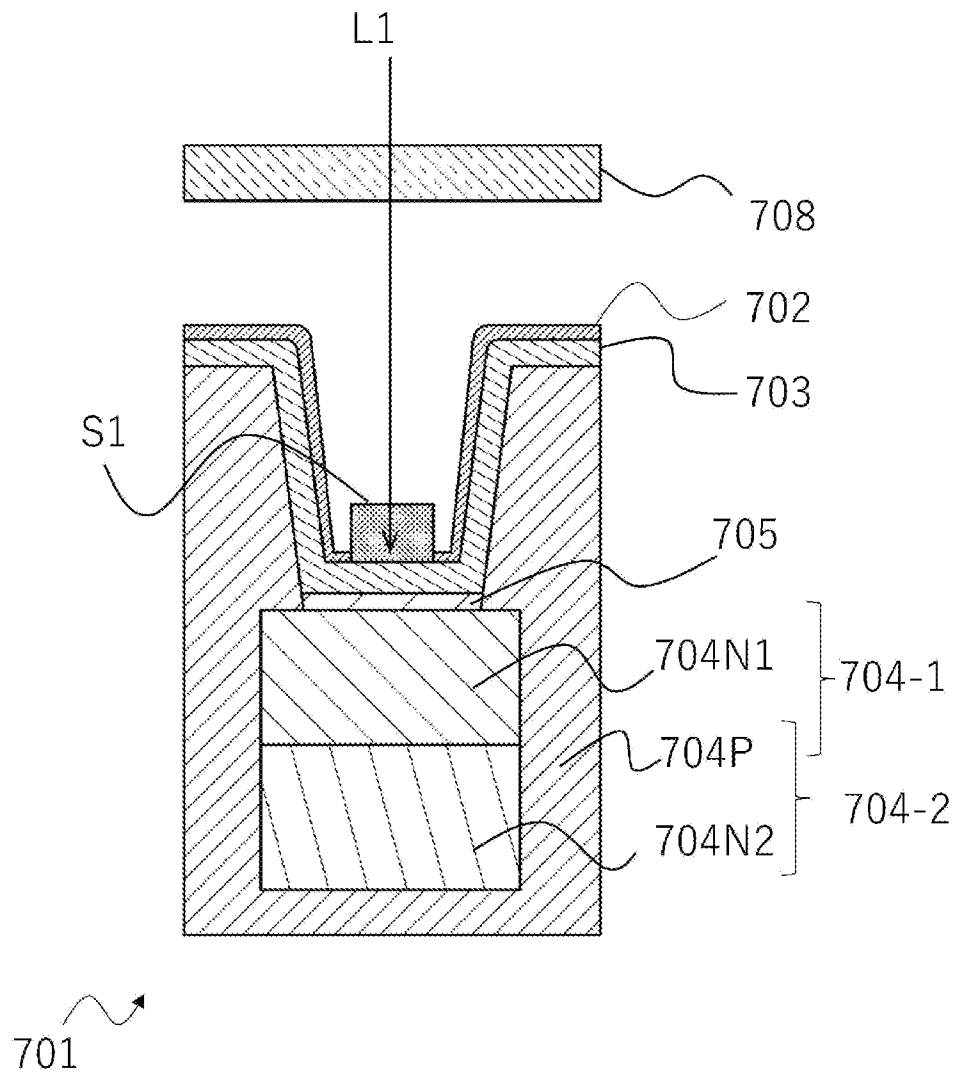
[図42]



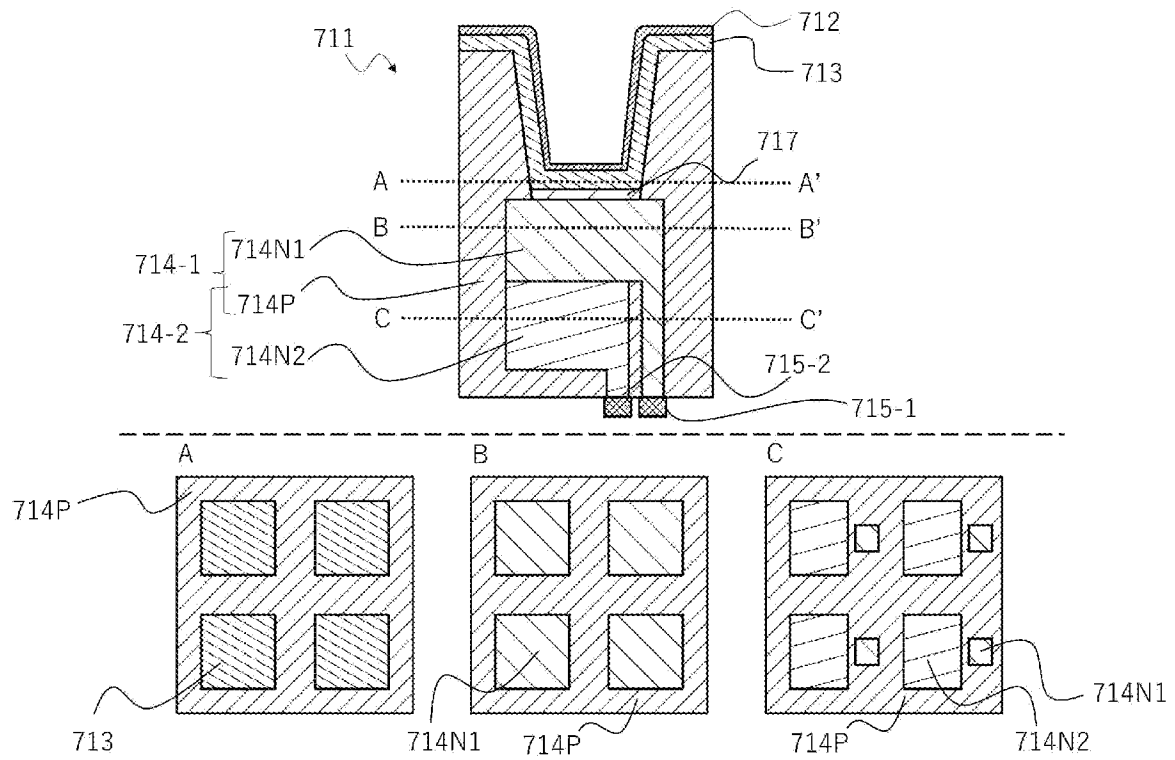
[図43]



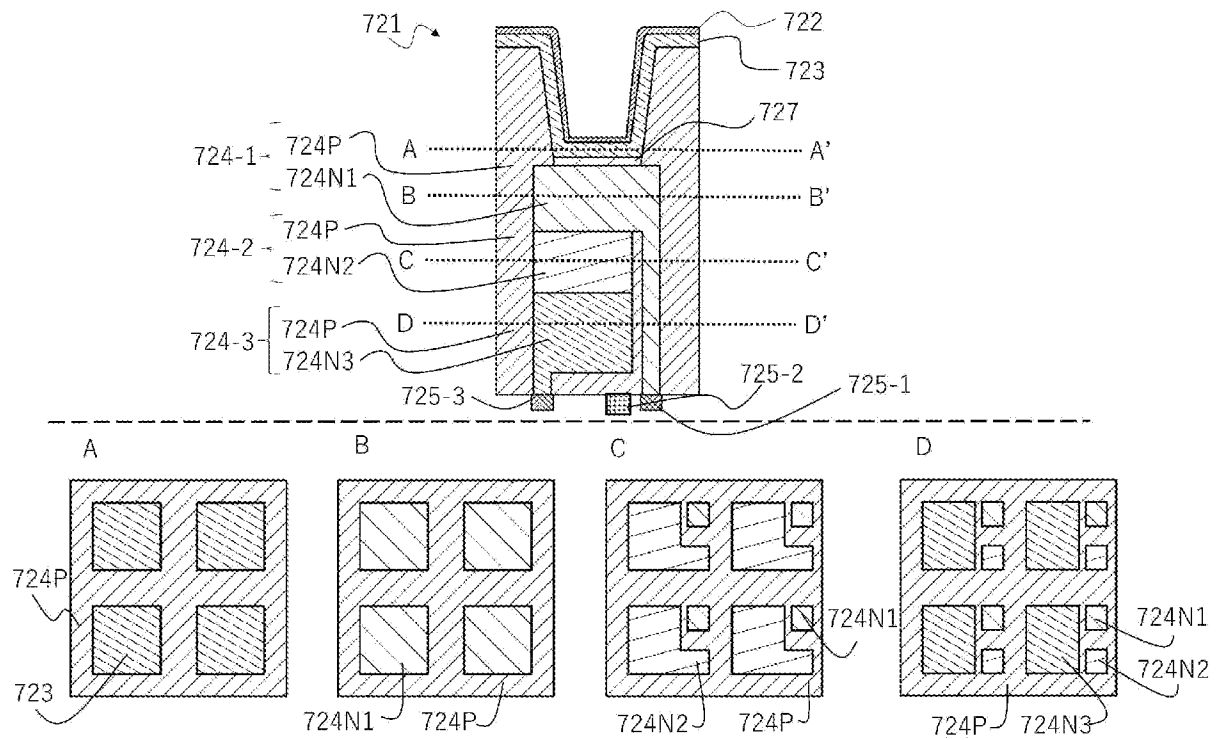
[図44]



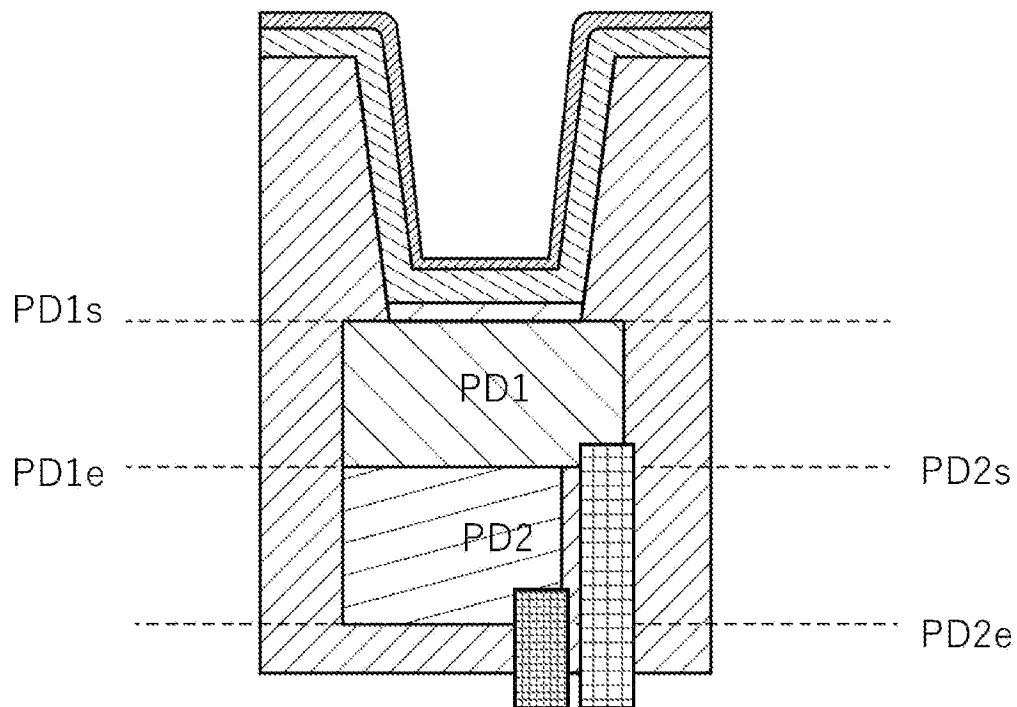
[図45]



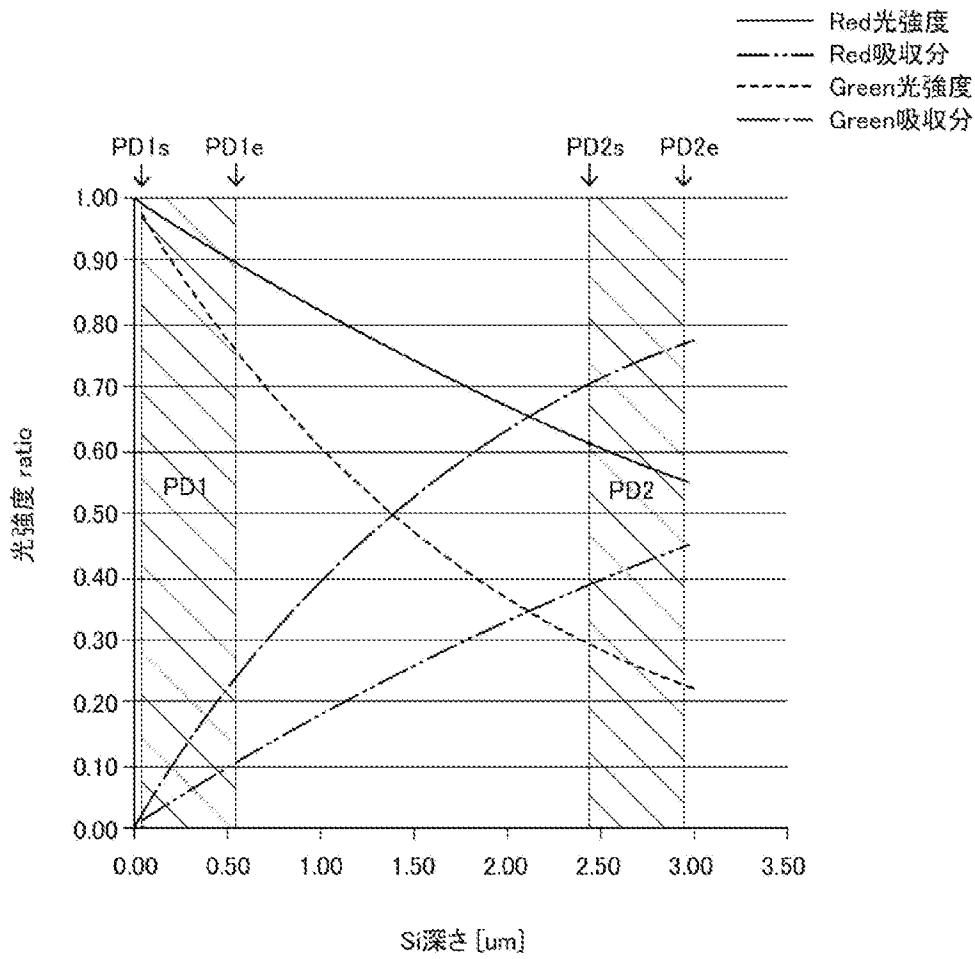
[図46]



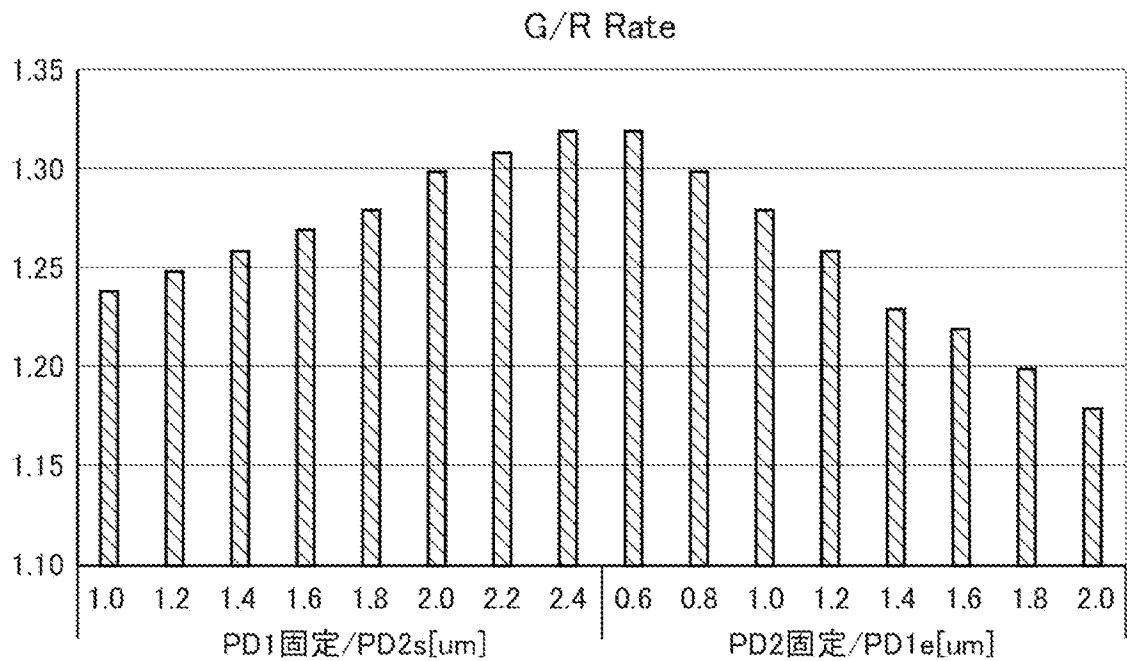
[図47]



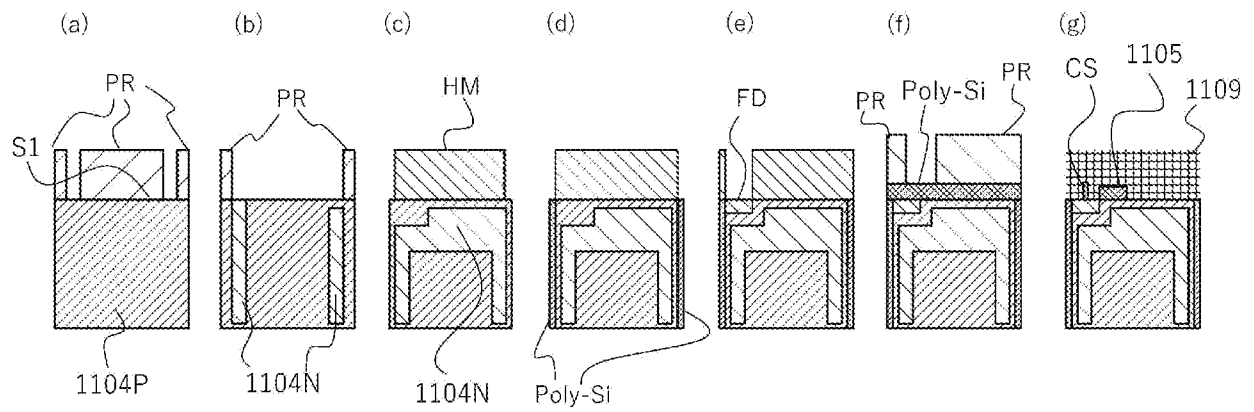
[図48]



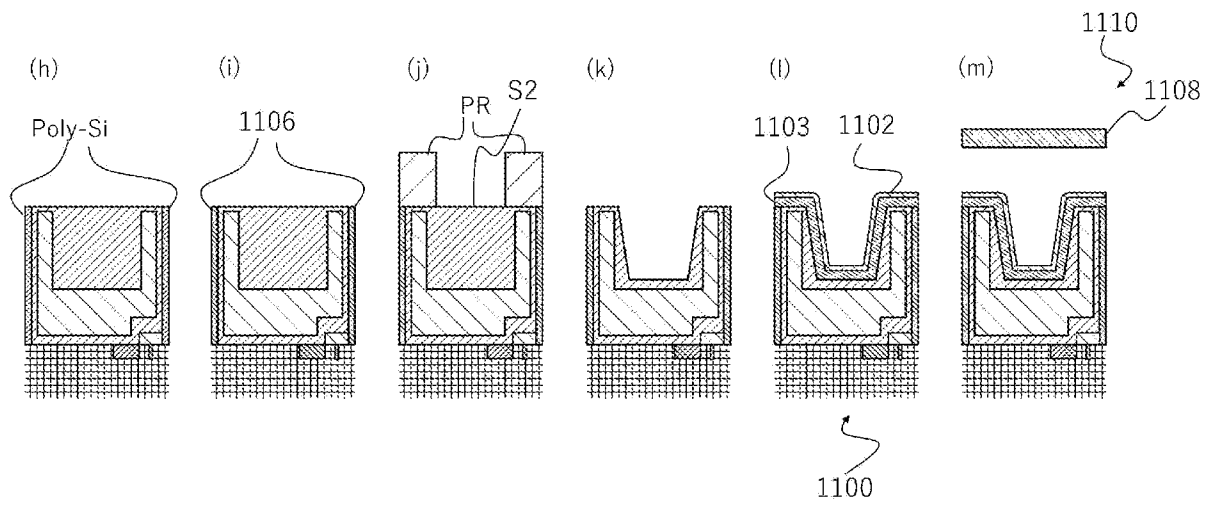
[図49]



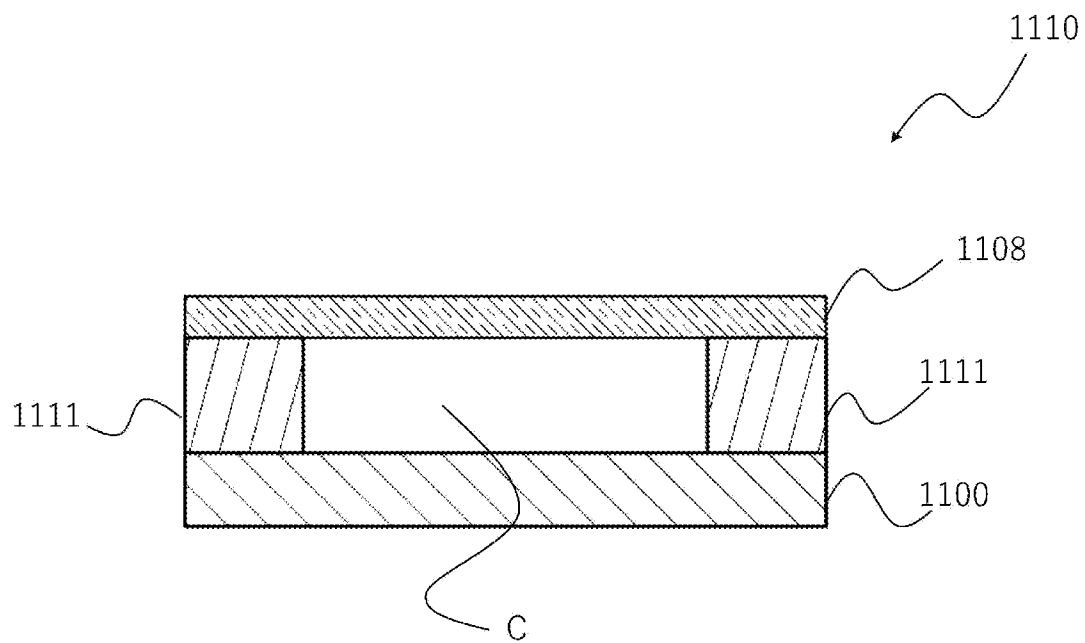
[図50A]



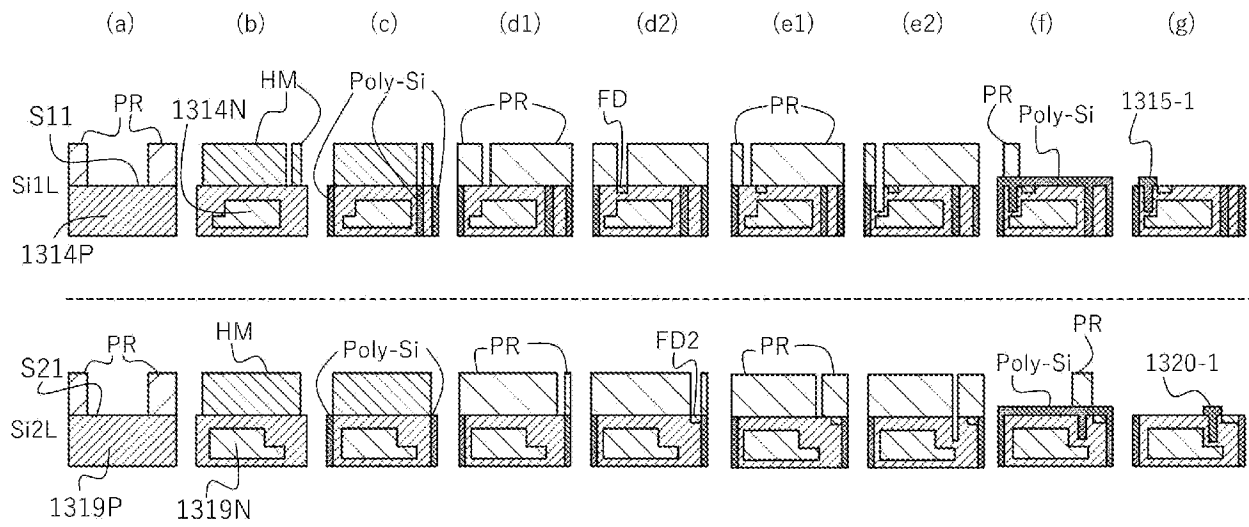
[図50B]



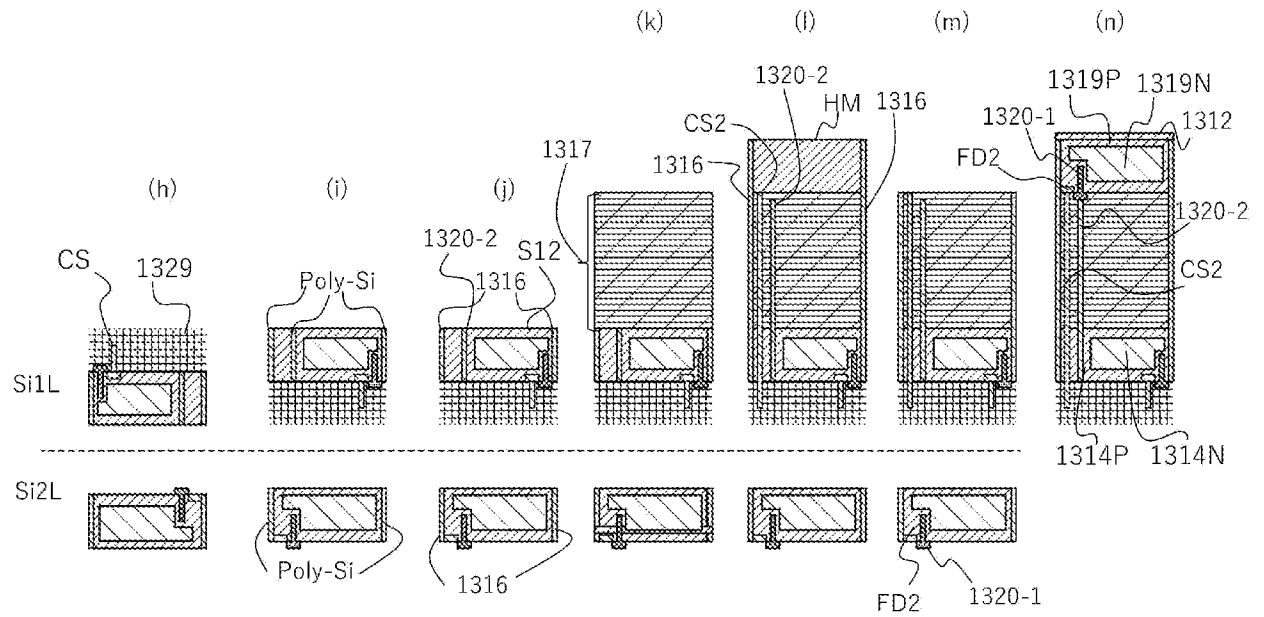
[図50C]



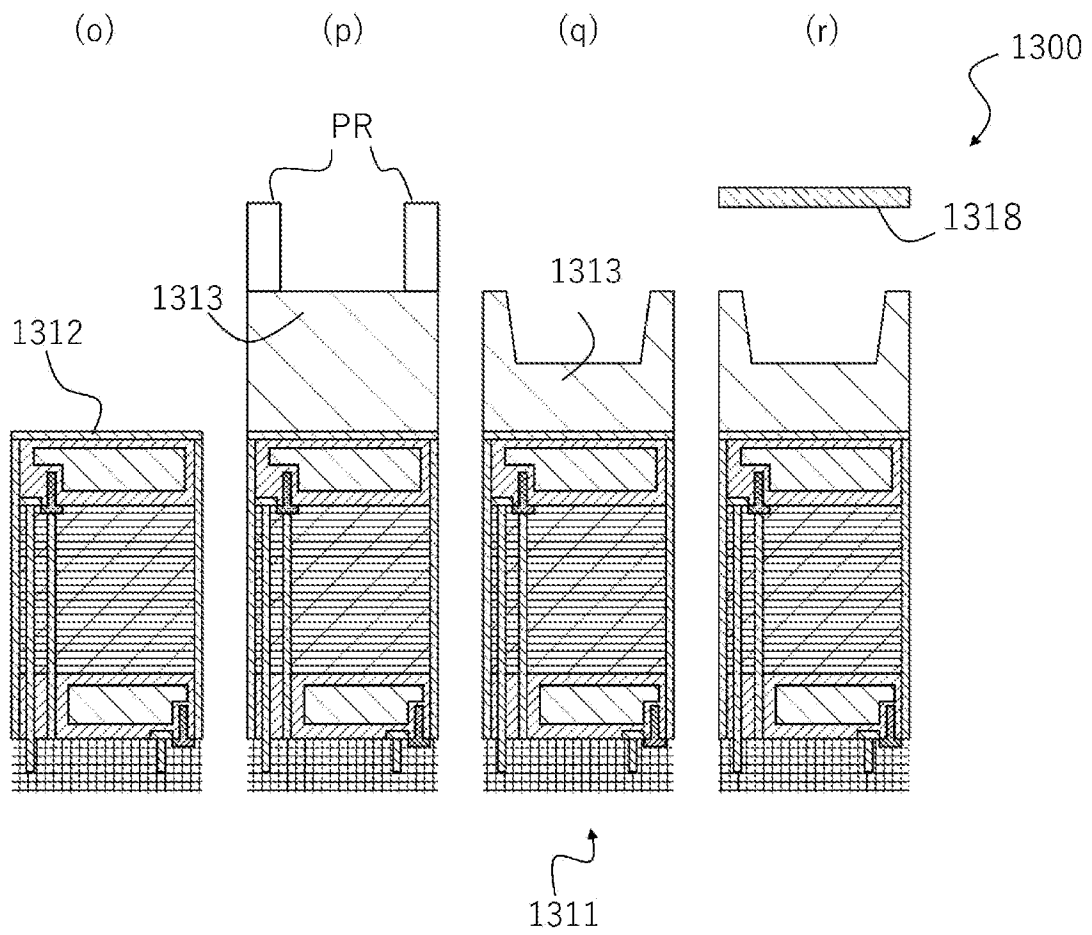
[図51A]



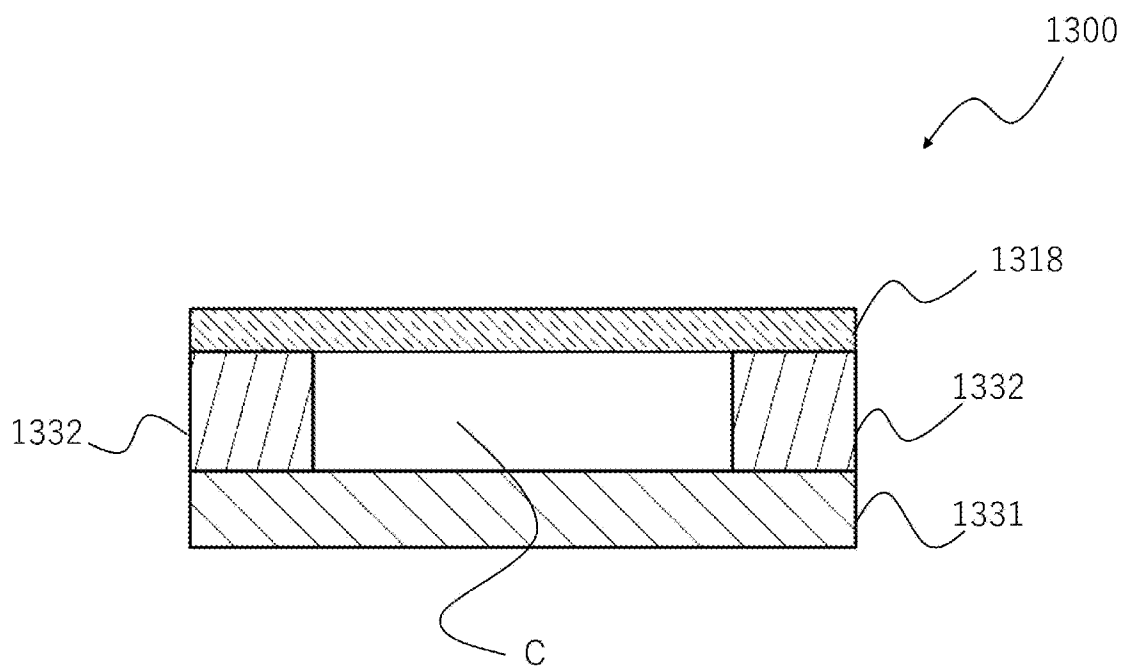
[図51B]



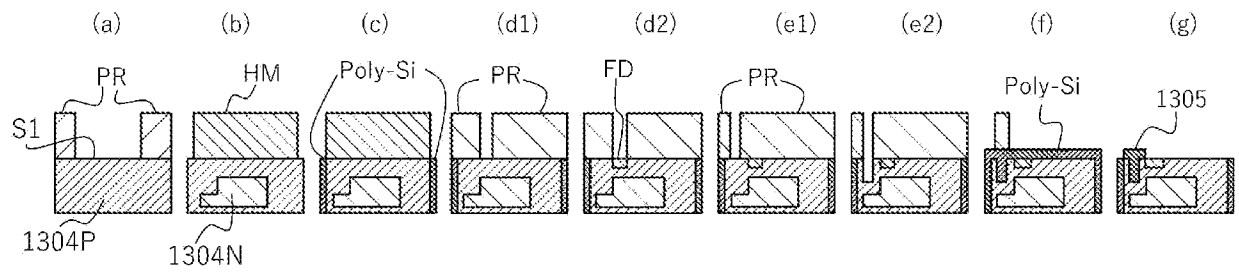
[図51C]



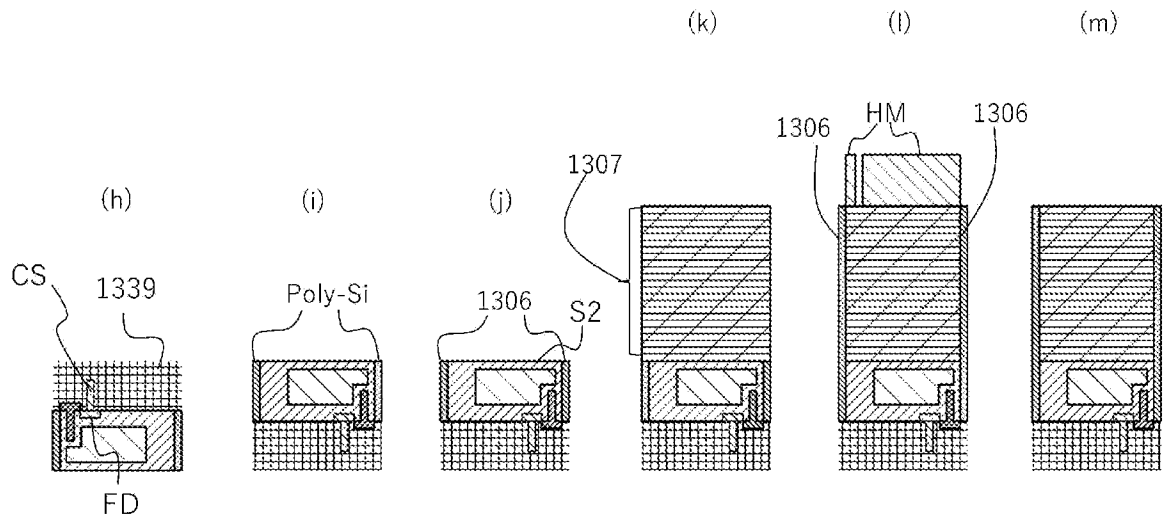
[図51D]



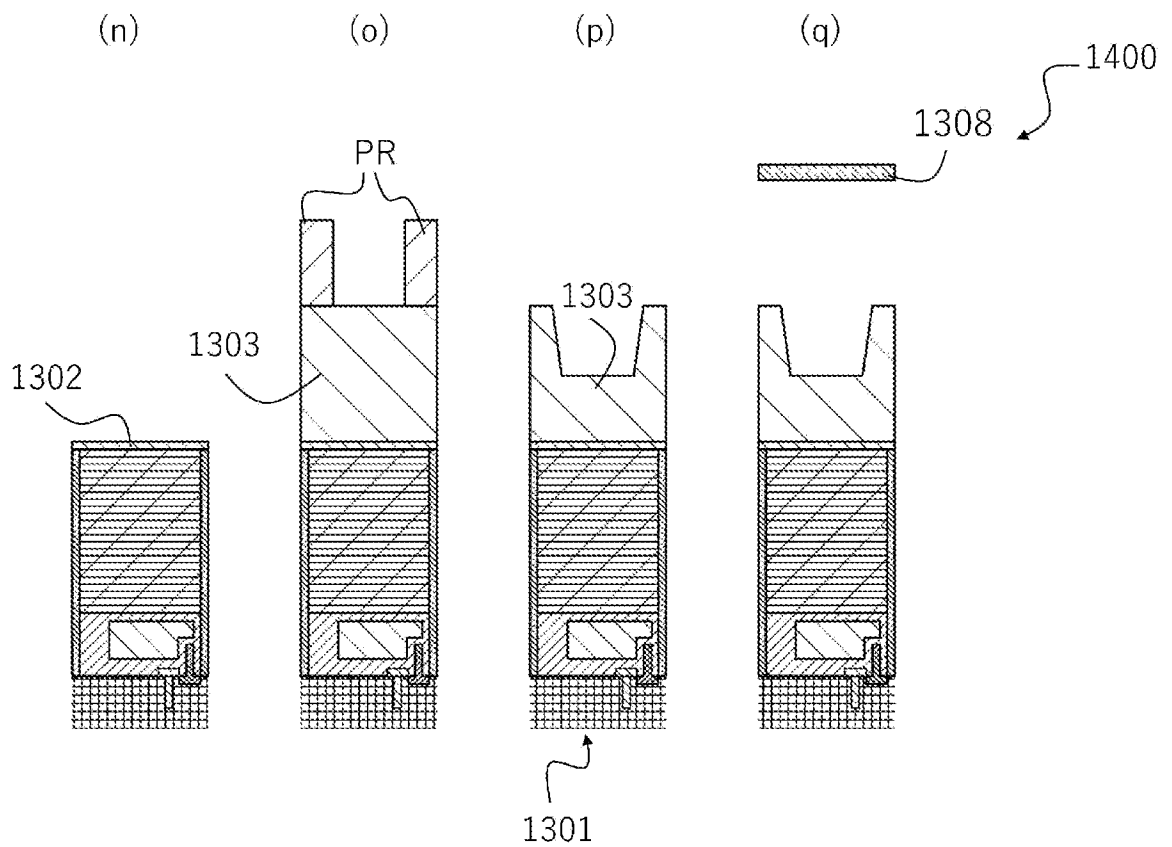
[図52A]



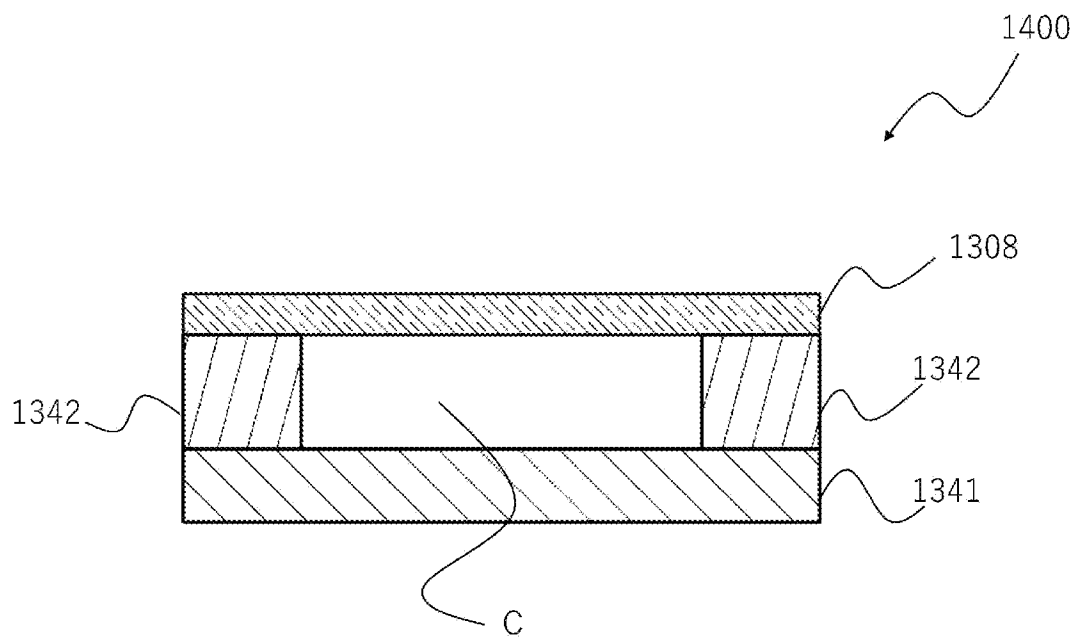
[図52B]



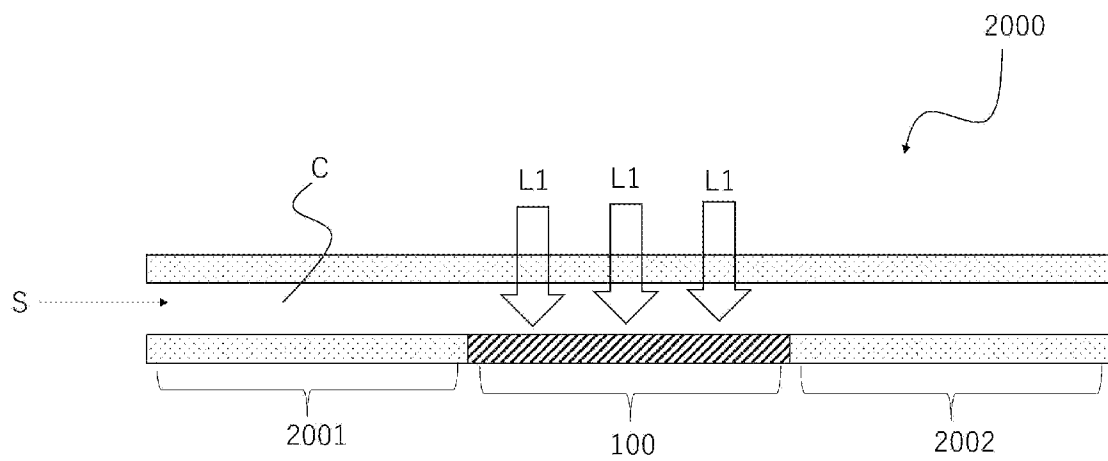
[図52C]



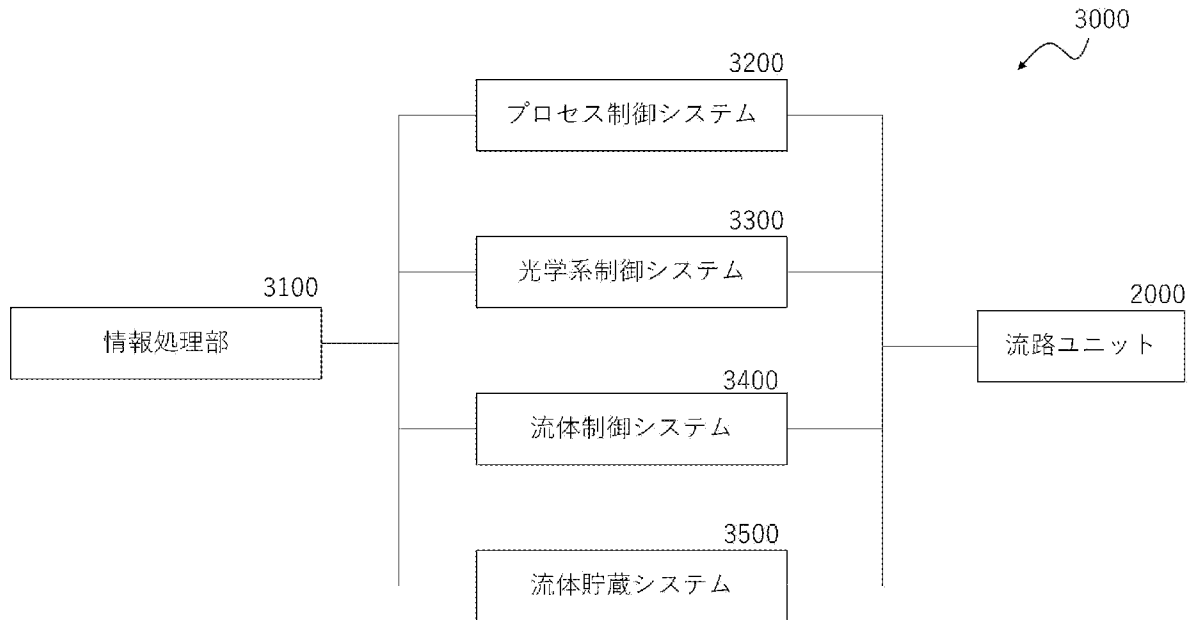
[図52D]



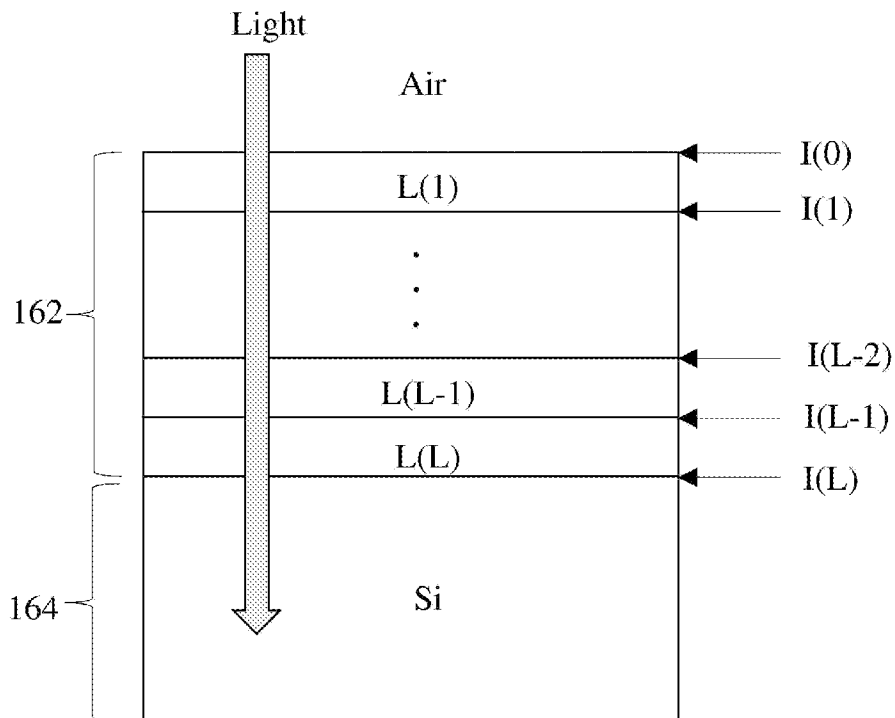
[図53]



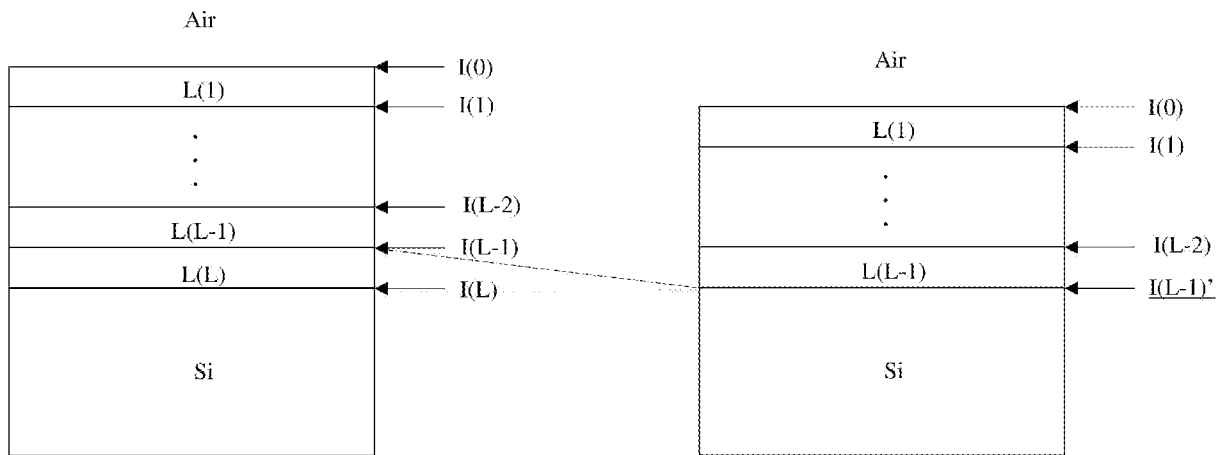
[図54]



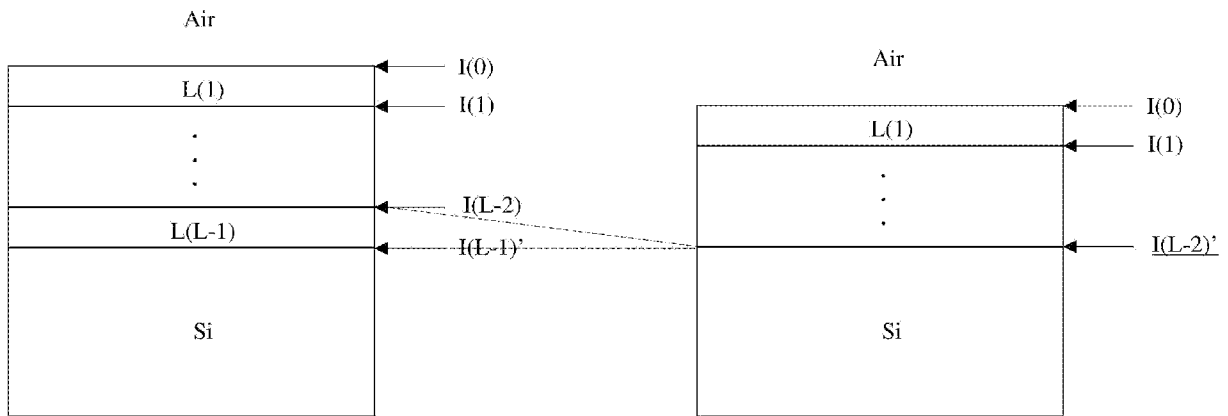
[図55A]



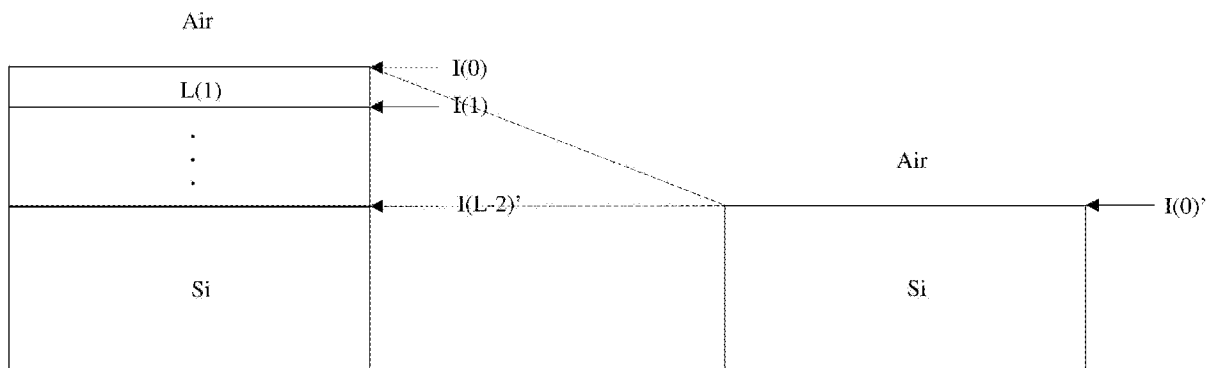
[図55B]



[図55C]



[図55D]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/046365

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 27/144(2006.01)i; **C12M 1/42**(2006.01)i; **G01N 21/03**(2006.01)i; **G01N 21/05**(2006.01)i; **G01N 21/64**(2006.01)i;
H01L 27/146(2006.01)i; **H01L 31/10**(2006.01)i; **H01L 31/0232**(2014.01)i

FI: H01L27/144 K; H01L27/146 A; H01L27/146 D; H01L31/10 A; H01L31/02 D; G01N21/03 Z; G01N21/05; G01N21/64 F; C12M1/42

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)

H01L27/144; C12M1/42; G01N21/03; G01N21/05; G01N21/64; H01L27/146; H01L31/10; H01L31/0232

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 1971-2024
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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	JP 2020-514761 A (MGI TECH CO., LTD.) 21 May 2020 (2020-05-21) paragraphs [0004], [0028], [0043], [0044], [0049], fig. 1-9	1, 6
Y		7-13, 15-20
A		2-5, 14
X	JP 2020-85666 A (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) 04 June 2020 (2020-06-04) paragraphs [0026], [0045], [0057], [0064], [0065], fig. 1-27	1, 6
Y		7-20
A		2-5
Y	JP 2018-48994 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 29 March 2018 (2018-03-29) paragraphs [0027], [0060], fig. 1-27	7, 8, 11, 12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “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)
 “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

“T” 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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 February 2024

Date of mailing of the international search report

05 March 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

**Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan**

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/046365

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-197088 A (SHIMADZU CORPORATION) 28 August 2008 (2008-08-28) paragraph [0015], fig. 1-7	9, 10
Y	JP 2017-156310 A (PANASONIC HEALTHCARE HOLDINGS CO., LTD.) 07 September 2017 (2017-09-07) paragraphs [0022], [0058], fig. 1-12	13, 14
Y	WO 2021/140958 A1 (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) 15 July 2021 (2021-07-15) paragraphs [0028], [0048], [0053], [0148], [0194], fig. 1-21	15-18
Y	WO 2017/199651 A1 (SONY CORPORATION) 23 November 2017 (2017-11-23) paragraphs [0021], [0022], [0041], [0055], fig. 1-6	19, 20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/046365

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-514761	A	21 May 2020	US 2020/0096450 A1 paragraphs [0004], [0036], [0051], [0052], [0057], fig. 1-9 WO 2018/175341 A1	
JP	2020-85666	A	04 June 2020	US 2021/0318247 A1 paragraphs [0096], [0115], [0127], [0135], [0136], fig. 1-27 WO 2020/110646 A1 EP 3889584 A1	
JP	2018-48994	A	29 March 2018	US 2018/0080871 A1 paragraphs [0052], [0085], fig. 1-27	
JP	2008-197088	A	28 August 2008	US 2009/0173891 A1 paragraph [0020], fig. 1-7	
JP	2017-156310	A	07 September 2017	(Family: none)	
WO	2021/140958	A1	15 July 2021	US 2023/0039770 A1 paragraphs [0053], [0073], [0078], [0174], [0220], fig. 1-21	
WO	2017/199651	A1	23 November 2017	US 2019/0113510 A1 paragraphs [0056], [0057], [0082], [0102], fig. 1-6	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 27/144(2006.01)i; C12M 1/42(2006.01)i; G01N 21/03(2006.01)i; G01N 21/05(2006.01)i; G01N 21/64(2006.01)i; H01L 27/146(2006.01)i; H01L 31/10(2006.01)i; H01L 31/0232(2014.01)i FI: H01L27/144 K; H01L27/146 A; H01L27/146 D; H01L31/10 A; H01L31/02 D; G01N21/03 Z; G01N21/05; G01N21/64 F; C12M1/42		
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）） H01L27/144; C12M1/42; G01N21/03; G01N21/05; G01N21/64; H01L27/146; H01L31/10; H01L31/0232		
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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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	JP 2020-514761 A（エムジーアイ テック カンパニー リミテッド）21.05.2020 (2020-05-21) 段落0004, 0028, 0043, 0044, 0049, 図1-9	1, 6
Y		7-13, 15-20
A		2-5, 14
X	JP 2020-85666 A（ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社）04.06.2020 (2020-06-04) 段落0026, 0045, 0057, 0064, 0065, 図1-27	1, 6
Y		7-20
A		2-5
Y	JP 2018-48994 A（株式会社東芝）29.03.2018（2018-03-29） 段落0027, 0060, 図1-27	7, 8, 11, 12
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ 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、一般的技术水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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 19.02.2024	国際調査報告の発送日 05.03.2024	
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） 小山 満 5F 9458 電話番号 03-3581-1101 内線 3516	

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
Y	JP 2008-197088 A (株式会社島津製作所) 28.08.2008 (2008 - 08 - 28) 段落0015, 図1-7	9, 10
Y	JP 2017-156310 A (パナソニックヘルスケアホールディングス株式会社) 07.09.2017 (2017 - 09 - 07) 段落0022, 0058, 図1-12	13, 14
Y	WO 2021/140958 A1 (ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社) 15.07.2021 (2021 - 07 - 15) 段落0028, 0048, 0053, 0148, 0194, 図1-21	15-18
Y	WO 2017/199651 A1 (ソニー株式会社) 23.11.2017 (2017 - 11 - 23) 段落0021, 0022, 0041, 0055, 図1-6	19, 20

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/JP2023/046365

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-514761	A	21.05.2020	US 2020/0096450 A1 段落 0004, 0036, 0051, 0052, 0057, 図1-9 WO 2018/175341 A1	
JP	2020-85666	A	04.06.2020	US 2021/0318247 A1 段落 0096, 0115, 0127, 0135, 0136, 図1-27 WO 2020/110646 A1 EP 3889584 A1	
JP	2018-48994	A	29.03.2018	US 2018/0080871 A1 段落0052, 0085, 図1-27	
JP	2008-197088	A	28.08.2008	US 2009/0173891 A1 段落0020, 図1-7	
JP	2017-156310	A	07.09.2017	(ファミリーなし)	
WO	2021/140958	A1	15.07.2021	US 2023/0039770 A1 段落 0053, 0073, 0078, 0174, 0220, 図1-21	
WO	2017/199651	A1	23.11.2017	US 2019/0113510 A1 段落0056, 0057, 0082, 0102, 図1-6	