

(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4月4日(04.04.2024)



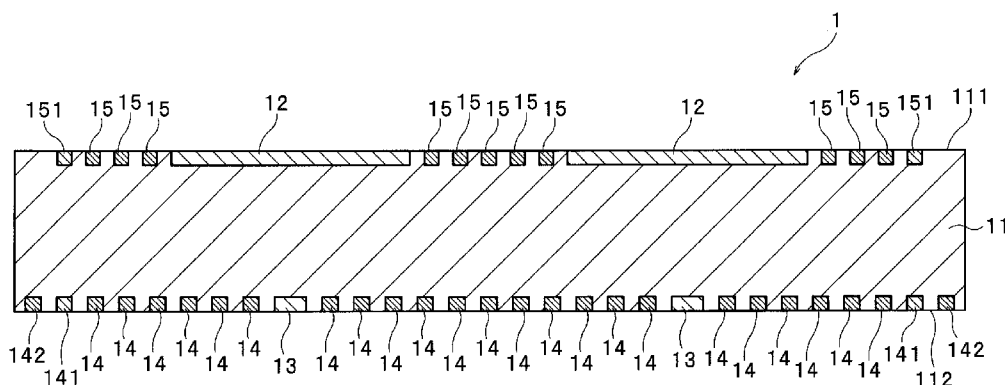
(10) 国際公開番号

WO 2024/070737 A1

- (51) 国際特許分類:
G01T 1/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/033568
- (22) 国際出願日: 2023年9月14日(14.09.2023)
- (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 2022-156683 2022年9月29日(29.09.2022) JP
- (71) 出願人: 株式会社堀場製作所(HORIBA, LTD.)
[JP/JP]; 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 石倉 幸治(ISHIKURA, Koji); 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内 Kyoto (JP). 大久保 悠史(OKUBO, Yuji); 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内 Kyoto (JP). 松永 大輔(MATSUNAGA, Daisuke); 〒6018510 京都府京都市南区吉祥院宮の東町2番地 株式会社堀場製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 河野 英仁, 外(KOHNO, Hideto et al.); 〒5400035 大阪府大阪市中央区釣鐘町二丁目4番3号 河野特許事務所 Osaka (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,

(54) Title: RADIATION DETECTION ELEMENT, RADIATION DETECTOR, AND RADIATION DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 放射線検出素子、放射線検出器及び放射線検出装置



(57) Abstract: Provided are a radiation detection element, a radiation detector, and a radiation detection device with which it is possible to increase a sensitive region. This radiation detection element comprises: a semiconductor part having an incident surface on which radiation is incident; a first electrode which is provided on a surface on the rear side of the incident surface, and into which charges, generated inside the semiconductor part by the incidence of radiation, flow; and a second electrode which is disposed on the incident surface and positioned on the rear side of the first electrode, and

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))

to which a voltage required for the inflow of the charges to the first electrode, wherein the radiation detection element includes a third electrode provided on the incident surface and disposed at a position surrounding the second electrode, the third electrode is electrically connected to the second electrode, and a voltage is applied across the second electrode and the third electrode such that the potential changes from the third electrode to the second electrode.

(57) 要約: 有感領域を大きくすることができる放射線検出素子、放射線検出器及び放射線検出装置を提供する。放射線が入射する入射面を有する半導体部と、前記入射面の裏側の面に設けられており、放射線の入射によって前記半導体部内に発生する電荷が流入する第1電極と、前記入射面に設けられており、前記第1電極の裏側に位置し、前記電荷の前記第1電極への流入に必要な電圧を印加される第2電極とを備える放射線検出素子において、前記入射面に設けられており、前記第2電極を囲む位置に配置された第3電極を備え、前記第3電極は、前記第2電極と電氣的に接続され、前記第2電極及び前記第3電極には、前記第3電極から前記第2電極に向かって電位が変化するように、電圧が印加される。

明 細 書

発明の名称：放射線検出素子、放射線検出器及び放射線検出装置
技術分野

[0001] 本発明は、放射線検出素子、放射線検出器及び放射線検出装置に関する。

背景技術

[0002] X線等の放射線を検出する放射線検出器には、半導体を用いた放射線検出素子を備えたものがある。半導体を用いた放射線検出素子は、平板状の半導体部を備える。半導体部の一面には、信号を出力するための信号出力電極が設けられ、他面には、電圧印加用の電極が設けられている。電圧が印加されることにより、半導体部の内部に電界が発生する。半導体部へ放射線が入射した場合、半導体部の内部に電荷が発生し、電荷は電界に従って移動し、信号出力電極に集まり、集まった電荷量に応じた信号が信号出力電極から出力される。信号の出力に応じて放射線がカウントされる。従来の放射線検出素子には、複数の信号出力電極を備えたものがある。例えば、板状の半導体の一面に複数の信号出力電極を二次元状に並べた放射線検出素子が利用されている。特許文献1には、放射線検出素子の例が開示されている。

[0003] 半導体部の信号出力電極から遠い部分では電界が弱くなり、この部分に放射線が入射した場合は、電荷が信号出力電極に集まり難くなり、放射線の検出精度が悪化する。例えば、放射線検出素子の周縁部分、又は複数の信号出力電極の中間に位置する部分で電界が弱くなる。特許文献1では、電圧印加用の電極の外側にバリア電極を設け、電極とバリア電極との間に電位差を発生させて電荷を信号出力電極へ集め易くしている。しかし、電極とバリア電極とが絶縁された状態では、電極とバリア電極との間の電位差を大きくすると、電位差が不安定となる。このため、電位差をあまり大きくすることができず、電荷を集め易くすることには限界がある。従来、発生した電荷が信号出力電極に集まり難くなる部分を覆うコリメータが用いられている。コリメータにより、電界が弱くなる部分への放射線の入射が防止される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許第7 1 0 5 8 2 7 号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 放射線検出素子のコリメータで覆われていない部分は、放射線を検出することができる有感領域である。放射線検出の効率を向上させるためには、有感領域を大きくすることが求められる。

[0006] 本発明は、斯かる事情に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、有感領域を大きくすることができる放射線検出素子、放射線検出器及び放射線検出装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一形態に係る放射線検出素子は、放射線が入射する入射面を有する半導体部と、前記入射面の裏側の面に設けられており、放射線の入射によって前記半導体部内に発生する電荷が流入する第1電極と、前記入射面に設けられており、前記第1電極の裏側に位置し、前記電荷の前記第1電極への流入に必要な電圧を印加される第2電極とを備える放射線検出素子において、前記入射面に設けられており、前記第2電極を囲む位置に配置された第3電極を備え、前記第3電極は、前記第2電極と電氣的に接続され、前記第2電極及び前記第3電極には、前記第3電極から前記第2電極に向かって電位が変化するように、電圧が印加されることを特徴とする。

[0008] 本発明の一形態においては、放射線検出素子は、放射線の入射によって発生する電荷が流入する第1電極と、第1電極の裏側に位置し、電荷移動のための電圧が印加される第2電極とを備える。第2電極を囲む位置に第3電極が配置されており、第3電極から第2電極に向かって電位が変化するように、第2電極及び第3電極に電圧が印加される。第3電極から第2電極へ向けて電位が変化する電界が入射面付近に生成され、放射線の入射により発生し

た電荷は、電界によって第2電極の中央付近へ移動し、第1電極へ流入する。このため、第2電極の周縁付近に発生した電荷が第1電極へ集まり易くなる。従来では放射線によって発生した電子が第1電極へ集まり難かった位置においても、発生した電子が容易に第1電極へ集まることができる。

[0009] 本発明の一形態に係る放射線検出素子は、前記第3電極は、複数備えられており、複数の前記第3電極は、前記第2電極からの距離が互いに異なり、互いに電氣的に接続されており、前記第2電極及び複数の前記第3電極には、複数の前記第3電極の中で最も外側に位置する前記第3電極から前記第2電極に向かって単調に電位が変化するように、電圧が印加されることを特徴とする。

[0010] 本発明の一形態においては、放射線検出素子は複数の第3電極を備え、第2電極及び第3電極には、最も外側の第3電極から第2電極に向かって単調に電位が変化するように、電圧が印加される。外側の第3電極から第2電極へ向けて電位が変化する電界が生成される。複数の第3電極を用いることにより、外側の第3電極と第2電極との電位差を大きくすることができる。このため、電荷は、電界によって第2電極の中央付近へより移動し易くなり、第1電極へより集まり易くなる。

[0011] 本発明の一形態に係る放射線検出素子は、前記第2電極及び前記第3電極の組を複数組備え、複数組の前記第2電極及び前記第3電極の組は、二次元状に配置されていることを特徴とする。

[0012] 本発明の一形態においては、放射線検出素子は、第2電極と第3電極との組を複数組備える。複数組の第2電極及び第3電極を用いて放射線検出を行うことにより、高い計数率で放射線を検出することができる。

[0013] 本発明の一形態に係る放射線検出素子は、前記入射面の裏側の面に設けられ、前記第1電極を囲む位置に配置されており、前記第1電極からの距離が互いに異なる複数の第4電極とを更に備え、前記複数の第4電極には、最も外側に位置する第4電極から最も内側に位置する第4電極に向かって単調に電位が高くなるように、電圧が印加され、前記第2電極及び前記第3電極の

電位が、最も外側に位置する第4電極の電位よりも高く、最も内側に位置する第4電極よりも低くなるように、前記第2電極及び前記第3電極に電圧が印加されることを特徴とする。

[0014] 本発明の一形態においては、第1電極を囲む位置に複数の第4電極が配置されており、最も外側の第4電極から最も内側の第4電極に向かって単調に電位が高くなるように、複数の第4電極に電圧が印加される。また、第2電極及び第3電極の電位は、最も外側の第4電極の電位よりも高く、最も内側の第4電極よりも低くなる。放射線の入射に応じて発生した電子は、発生した電界によって、第1電極へ向かって半導体部の内部を移動し易くなり、電子が第1電極へ流入し易くなる。

[0015] 本発明の一形態に係る放射線検出器は、本発明の一形態に係る放射線検出素子と、放射線を遮蔽するコリメータとを備え、前記コリメータは、前記放射線検出素子が備える第3電極を覆い、前記放射線検出素子が備える第2電極の少なくとも一部分を覆わないように配置されていることを特徴とする。

[0016] 本発明の一形態においては、放射線検出器はコリメータを備え、コリメータは第3電極を覆う。第3電極は第1電極から遠いので、第3電極の付近に放射線が入射した場合は、発生した電荷が第1電極へ集まり難い。コリメータによって、第3電極の付近に放射線が入射しなくなり、電荷が第1電極へ集まり難くなることが無くなる。

[0017] 本発明の一形態に係る放射線検出装置は、試料へ放射線を照射する照射部と、本発明の一形態に係る放射線検出器と、前記放射線検出器が検出した放射線のスペクトルを生成するスペクトル生成部と、前記スペクトル生成部が生成したスペクトルを表示する表示部とを備えることを特徴とする。

[0018] 本発明の一形態においては、放射線検出装置は、試料へ放射線を照射し、試料から発生する放射線のスペクトルを生成し、生成したスペクトルを表示部に表示する。使用者は、試料から発生した放射線のスペクトルを確認することができる。

発明の効果

[0019] 本発明にあっては、従来では有感領域として利用することができなかった部分を、有感領域として利用することができるようになる。従って、有感領域を大きくすることが可能となる等、本発明は優れた効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]実施形態1に係る放射線検出素子の例を示す模式的断面図である。

[図2]入射面の側から見た実施形態1に係る放射線検出素子の模式的平面図である。

[図3]電極面の側から見た実施形態1に係る放射線検出素子の模式的平面図である。

[図4]放射線検出素子を用いる放射線検出装置の機能構成例を示すブロック図である。

[図5]実施形態1に係る放射線検出素子と電圧印加部との接続態様を示す模式図である。

[図6]実施形態1に係る放射線検出器の構成例を示す模式的断面図である。

[図7]実施形態1に係る放射線検出素子及びコリメータの例を示す模式的断面図である。

[図8]実施形態2に係る放射線検出素子及びコリメータの例、並びに放射線検出素子と電圧印加部との接続態様を示す模式的断面図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下本発明をその実施の形態を示す図面に基づき具体的に説明する。

<実施形態1>

図1は、実施形態1に係る放射線検出素子1の例を示す模式的断面図である。放射線検出素子1は、シリコンドリフト型放射線検出素子である。放射線検出素子1は、全体的に平板状である。放射線検出素子1は、Si（シリコン）からなる円板状の半導体部11を備えている。半導体部11の成分はn型のSiである。放射線検出素子1は、検出対象の放射線が入射する入射側に位置する入射面111と、入射面111の裏側に位置する電極面112とを有する。

[0022] 図2は、入射面111の側から見た実施形態1に係る放射線検出素子1の模式的平面図である。図3は、電極面112の側から見た実施形態1に係る放射線検出素子1の模式的平面図である。図1は、図2及び図3中のI-I線で放射線検出素子1を切断した断面図を示す。

[0023] 電極面112には、放射線検出時に信号を出力する電極である複数の信号出力電極13が設けられている。信号出力電極13は第1電極に対応する。信号出力電極13の成分は、半導体部11と同じ型のS iである。例えば、信号出力電極13の成分は、リン等の特定のドーパントがS iにドーピングされたn + S iである。図3には、四個の信号出力電極13が設けられている例を示している。複数の信号出力電極13は、互いに離隔し、二次元状に配置されている。

[0024] 電極面112には、夫々の信号出力電極13を囲む位置に、多重の環状になった複数の曲線状電極14が設けられている。曲線状電極14は第4電極に対応する。曲線状電極14の成分は、半導体部11とは異なる型の半導体であり、ホウ素等の特定のドーパントがS iにドーピングされたp型のS iである。例えば、曲線状電極14の成分は、p + S iである。多重の環状になった複数の曲線状電極14のほぼ中心に信号出力電極13が位置している。信号出力電極13と当該信号出力電極13を囲う夫々の曲線状電極14との間の距離は異なる。なお、曲線状電極14の形状は環の一部が欠けた形状であってもよい。

[0025] 電極面112には、信号出力電極13と当該信号出力電極13を囲う複数の曲線状電極14との組が複数組設けられている。信号出力電極13と複数の曲線状電極14との複数の組は、二次元状に配置されている。各信号出力電極13を囲う複数の曲線状電極14の中で最も外側に位置する曲線状電極14（即ち、各信号出力電極13からの距離が最大である曲線状電極14）は、他の組に含まれる複数の曲線状電極14の中で最も外側に位置する曲線状電極14と一部を共有している。曲線状電極14は、共有部分を有していてもよい。図1及び図3には、各組に六個の曲線状電極14が含まれて

いる例を示しているが、各組に含まれる複数の曲線状電極 1 4 の数は、六個を超過していてもよく、六個未満であってもよい。

[0026] 電極面 1 1 2 には、環状の防護電極 1 4 1 及び環状の接地電極 1 4 2 が設けられている。防護電極 1 4 1 は、信号出力電極 1 3 と複数の曲線状電極 1 4 との複数の組をまとめて囲う位置に配置されている。接地電極 1 4 2 は、防護電極 1 4 1 の外側に配置されている。接地電極 1 4 2 は、接地電位に接続される。防護電極 1 4 1 の電位は浮遊電位である。防護電極 1 4 1 は、曲線状電極 1 4 と接地電極 1 4 2 との間の絶縁破壊を防止する。図 1 及び図 3 には、単一の防護電極 1 4 1 を示しているが、実際には、多重の環状になった複数の防護電極 1 4 1 が設けられている。信号出力電極 1 3、曲線状電極 1 4、防護電極 1 4 1 及び接地電極 1 4 2 は、半導体部 1 1 の一部にドーパントをドーピングすることによって形成されている。

[0027] 入射面 1 1 1 には、電圧が印加される電極である複数のカウンター電極 1 2 が設けられている。カウンター電極 1 2 は第 2 電極に対応する。カウンター電極 1 2 は、S i を半導体部 1 1 の成分とは異なる型の半導体にするドーパントがドーピングされている。カウンター電極 1 2 の成分は、ホウ素等の特定のドーパントが S i にドーピングされた p 型の S i であり、例えば、p + S i である。各信号出力電極 1 3 の裏側になる位置に、各カウンター電極 1 2 が配置されている。即ち、信号出力電極 1 3 の数と同じ数のカウンター電極 1 2 が設けられている。複数のカウンター電極 1 2 は、互いに離隔し、二次元状に配置されている。カウンター電極 1 2 の入射面 1 1 1 に沿った面積は、信号出力電極 1 3 の電極面 1 1 2 に沿った面積よりも大きい。カウンター電極 1 2 は、入射面 1 1 1 の大半の領域に設けられている。

[0028] 入射面 1 1 1 には、夫々のカウンター電極 1 2 を囲む位置に、多重の環状になった複数のドリフト電極 1 5 が設けられている。ドリフト電極 1 5 は第 3 電極に対応する。ドリフト電極 1 5 の成分は、カウンター電極 1 2 と同じ型の半導体である。カウンター電極 1 2 と当該カウンター電極 1 2 を囲う夫々のドリフト電極 1 5 との間の距離は異なる。

[0029] 入射面 1 1 1 には、カウンター電極 1 2 と当該カウンター電極 1 2 を囲う複数のドリフト電極 1 5 との組が複数組設けられている。カウンター電極 1 2 と複数のドリフト電極 1 5 との複数の組は、二次元状に配置されている。各カウンター電極 1 2 を囲う複数のドリフト電極 1 5 の中で最も外側に位置するドリフト電極 1 5（即ち、各カウンター電極 1 2 からの距離が最大であるドリフト電極 1 5）は、他の組に含まれる複数のドリフト電極 1 5 の中で最も外側に位置するドリフト電極 1 5 と一部を共有している。ドリフト電極 1 5 は、共有部分を有していなくてもよい。図 1 及び図 2 には、各組に三個のドリフト電極 1 5 が含まれている例を示しているが、各組に含まれる複数のドリフト電極 1 5 の数は、二個未満であってもよく、三個を超過していてもよい。

[0030] 入射面 1 1 1 には、環状の防護電極 1 5 1 が設けられている。防護電極 1 5 1 は、カウンター電極 1 2 と複数のドリフト電極 1 5 との複数の組をまとめて囲う位置に配置されている。防護電極 1 5 1 の電位は浮遊電位である。図 1 及び図 2 には、単一の防護電極 1 5 1 を示しているが、実際には、多重の環状になった複数の防護電極 1 5 1 が設けられている。防護電極 1 5 1 は、半導体部 1 1 の縁とドリフト電極 1 5 との間の絶縁破壊を防止する。カウンター電極 1 2、ドリフト電極 1 5 及び防護電極 1 5 1 は、半導体部 1 1 の一部にドーパントをドーピングすることによって形成されている。

[0031] なお、放射線検出素子 1 は、電極面 1 1 2 側に接地電極 1 4 2 を備えておらず、入射面 1 1 1 側に接地電極を備える形態であってもよい。即ち、接地電極 1 4 2 が設けられておらず、防護電極 1 5 1 の外側に接地電極が設けられていてもよい。この形態では、防護電極 1 5 1 は、ドリフト電極 1 5 と接地電極との間の絶縁破壊を防止する。放射線検出素子 1 は、入射面 1 1 1 及び電極面 1 1 2 の両方に接地電極を備える形態であってもよい。

[0032] X線、光子一般（UV 及び可視光を含む）、電子線又は他の荷電粒子線等の放射線は、放射線検出素子 1 へ入射する。放射線は半導体部 1 1 内で吸収され、吸収された放射線のエネルギーに応じた量の電荷が半導体部 1 1 内に

発生する。発生する電荷は電子及び正孔である。発生した電荷は、半導体部 11 の内部の電界によって移動し、一方の種類の電荷は、信号出力電極 13 へ集中して流入する。本実施形態では、放射線の入射によって発生した電子が移動し、信号出力電極 13 へ流入する。信号出力電極 13 は、流入した電荷に応じた電流信号、即ち、放射線のエネルギーに応じた電流信号を出力する。

[0033] 図 4 は、放射線検出素子 1 を用いる放射線検出装置 100 の機能構成例を示すブロック図である。放射線検出装置 100 は、例えば蛍光 X 線分析装置である。放射線検出装置 100 は、試料 42 に電子線又は X 線等の放射線を照射する照射部 36 と、試料 42 が載置される試料台 41 と、放射線検出器 2 とを備えている。放射線検出装置 100 は、試料台 41 に載置させる方法以外の方法で試料 42 を保持する形態であってもよい。放射線検出器 2 には、放射線検出素子 1 及びプリアンプ 21 が含まれている。

[0034] 放射線検出素子 1 の信号出力電極 13 は、プリアンプ 21 に接続されている。複数の信号出力電極 13 が一つのプリアンプ 21 に接続されていてもよい。放射線検出器 2 に複数のプリアンプ 21 が含まれ、信号出力電極 13 とプリアンプ 21 とが一对一に接続されていてもよい。プリアンプ 21 は、放射線のエネルギーに応じた強度の信号を出力する。なお、プリアンプ 21 は、一部が放射線検出器 2 の内部に含まれており、他の部分が放射線検出器 2 の外部に配置されていてもよい。

[0035] 照射部 36 から試料 42 へ放射線が照射され、試料 42 では蛍光 X 線等の放射線が発生し、放射線検出器 2 は試料 42 から発生した放射線を検出する。図 4 中には、放射線を矢印で示している。放射線は放射線検出素子 1 へ入力され、信号出力電極 13 は、放射線のエネルギーに応じた電流信号を出力する。信号出力電極 13 が出力した信号はプリアンプ 21 へ入力される。プリアンプ 21 は、電流信号を電圧信号へ変換し、放射線のエネルギーに比例した電圧信号を出力する。このようにして、放射線検出器 2 は、検出した放射線のエネルギーに応じた強度の信号を出力する。

[0036] 放射線検出器 2 には、電圧印加部 3 1 が接続されている。電圧印加部 3 1 は、放射線検出素子 1 に接続されている。図 5 は、実施形態 1 に係る放射線検出素子 1 と電圧印加部 3 1 との接続態様を示す模式図である。より詳しくは、電圧印加部 3 1 は、カウンター電極 1 2 と、当該カウンター電極 1 2 を囲む複数のドリフト電極 1 5 の中で最も外側に位置するドリフト電極 1 5 とに接続されている。また、電圧印加部 3 1 は、信号出力電極 1 3 を囲む複数の曲線状電極 1 4 の中で最も内側の曲線状電極 1 4（即ち、信号出力電極 1 3 からの距離が最小である曲線状電極 1 4）と最も外側の曲線状電極 1 4 とに接続されている。

[0037] 電圧印加部 3 1 は、最も内側の曲線状電極 1 4 の電位が高く、最も外側の曲線状電極 1 4 の電位が最も低くなるように、最も内側の曲線状電極 1 4 と最も外側の曲線状電極 1 4 とに電圧を印加する。また、放射線検出素子 1 は、信号出力電極 1 3 からの距離が互いに異なり隣接する曲線状電極 1 4 の間に、所定の電気抵抗が発生するように構成されている。例えば、隣接する曲線状電極 1 4 の間に位置する部分の成分を調整することで、二つの曲線状電極 1 4 が接続される電気抵抗チャネルが形成されている。即ち、複数の曲線状電極 1 4 は、電気抵抗を介して数珠つなぎに接続されている。

[0038] 電圧が印加されることによって、夫々の曲線状電極 1 4 は、外側の曲線状電極 1 4 から内側の曲線状電極 1 4 へ向けて順々に単調に増加する電位を有する。即ち、曲線状電極 1 4 の電位は、最も外側の曲線状電極 1 4 から最も内側の曲線状電極 1 4 へ向けて順々に増加する。なお、複数の曲線状電極 1 4 の中に、電位が同じ隣接する一対の曲線状電極 1 4 が含まれていてもよい。複数の曲線状電極 1 4 の電位によって、半導体部 1 1 内には、段階的に信号出力電極 1 3 に近いほど電位が高く信号出力電極 1 3 から遠いほど電位が低くなる電界（電位勾配）が生成される。

[0039] 更に、電圧印加部 3 1 は、カウンター電極 1 2 の電位が高く、最も外側に位置するドリフト電極 1 5 の電位が低くなるように、カウンター電極 1 2 と最も外側に位置するドリフト電極 1 5 とに電圧を印加する。即ち、図 5 中に

示すB点の電位は、A点の電位よりも高くなる。例えば、A点とB点との間の電位差は、6 V～20 Vである。放射線検出素子1は、カウンター電極12と最も内側のドリフト電極15との間、及び隣接するドリフト電極15の間に、所定の電気抵抗が発生するように構成されている。即ち、複数のドリフト電極15とカウンター電極12とは、電気抵抗を介して電氣的に接続されている。例えば、カウンター電極12と最も内側のドリフト電極15との間を接続した電気抵抗チャネル152、及び隣接するドリフト電極15の間を接続した電気抵抗チャネル152が、半導体部11に形成されている。図2には、電気抵抗チャネル152を破線で示している。

[0040] 電圧が印加されることによって、外側のドリフト電極15からカウンター電極12へ向けて順々に単調に増加する電位が発生する。即ち、最も外側のドリフト電極15からカウンター電極12へ向けて順々に電位が増加する。なお、複数のドリフト電極15の中に、電位が同じ隣接する一对のドリフト電極15が含まれていてもよい。カウンター電極12及び複数のドリフト電極15の電位によって、半導体部11内の入射面111付近には、段階的にカウンター電極12に近いほど電位が高くカウンター電極12から遠いほど電位が低くなる電界が生成される。

[0041] 電圧印加部31は、ドリフト電極15の電位が最も外側の曲線状電極14の電位よりも高くなるように、電圧印加を行う。また、電圧印加部31は、カウンター電極12の電位が最も内側の曲線状電極14の電位よりも低くなるように、電圧印加を行う。即ち、図5中に示すA点の電位はC点の電位よりも高く、B点の電位はA点の電位よりも高く、D点の電位はB点の電位よりも高くなる。この結果、半導体部11の内部には、信号出力電極13に近づくほど電位が高くなる電界が生成される。放射線の入射に応じて発生した電子は、電界によって、信号出力電極13へ向かって半導体部11の内部を移動し易くなる。カウンター電極12とドリフト電極15とが接続され、カウンター電極12とドリフト電極15との間に電圧が印加されることによって、カウンター電極12とドリフト電極15との間に電位差が発生し、電位

差を大きくしても電位差は不安定になり難い。このため、安定的に大きい電位差を発生させて、信号出力電極 13 へ電荷を集め易くすることができる。また、ドリフト電極 15 が複数であることによって、より高い電圧を印加し、電位差をより大きくし、電荷をより集め易くすることが可能となる。

[0042] 図 4 に示すように、放射線検出器 2 には、更に、出力した信号を処理する信号処理部 32 が接続されている。信号処理部 32 はプリアンプ 21 に接続されている。プリアンプ 21 が信号を出力することにより、放射線検出器 2 は、放射線のエネルギーに応じた強度の信号を出力する。信号処理部 32 には、分析部 34 が接続されている。分析部 34 は、演算を行う演算部及びデータを記憶するメモリを含んで構成されている。電圧印加部 31、信号処理部 32、分析部 34 及び照射部 36 は、制御部 33 に接続されている。制御部 33 は、電圧印加部 31、信号処理部 32、分析部 34 及び照射部 36 の動作を制御する。

[0043] 信号処理部 32 は、放射線検出器 2 が出力した信号を受け付け、信号の強度を検出することにより、放射線検出器 2 が検出した放射線のエネルギーに対応する信号値を検出する。信号処理部 32 は、信号値別に信号をカウントし、信号値とカウント数との関係を示すデータを分析部 34 へ出力する。分析部 34 は、信号処理部 32 が出力した信号値とカウント数との関係を示すデータを受け付ける。分析部 34 は、信号処理部 32 からのデータに基づいて、放射線のエネルギーとカウント数との関係、即ち放射線のスペクトルを生成する処理を行う。分析部 34 は、放射線のスペクトルを表したスペクトルデータを記憶する。信号処理部 32 が放射線のスペクトルを生成してもよい。信号処理部 32 及び分析部 34 は、スペクトル生成部に対応する。

[0044] 分析部 34 は、放射線のスペクトルに基づいて、試料 42 に含まれる元素の定性分析又は定量分析を行う。分析部 34 には、液晶ディスプレイ等の表示部 35 が接続されている。表示部 35 は、分析部 34 が生成したスペクトル、及び分析部 34 による分析結果を表示する。使用者は、試料 42 から発生した放射線のスペクトルを確認することができる。制御部 33 は、使用者

の操作を受け付け、受け付けた操作に応じて放射線検出装置 100 の各部を制御する構成であってもよい。また、制御部 33 及び分析部 34 は同一のコンピュータで構成されていてもよい。

[0045] 図 4 に示した例では、放射線を試料 42 へ照射し、試料 42 から発生した放射線を検出する形態を示したが、放射線検出装置 100 は、試料 42 を透過した放射線又は試料 42 で反射した放射線を検出する形態であってもよい。放射線検出装置 100 は、放射線の変更することにより試料を放射線で走査する形態であってもよい。放射線検出装置 100 は、照射部 36、分析部 34、又は表示部 35 を備えていない形態であってもよい。

[0046] 図 6 は、実施形態 1 に係る放射線検出器 2 の構成例を示す模式的断面図である。放射線検出器 2 は、SDD (Silicon Drift Detector) である。放射線検出器 2 は、円筒の一端に切頭錐体が連結した形状のハウジング 25 を備えている。ハウジング 25 は、板状の底板部にキャップ状のカバーが被さって構成されている。ハウジング 25 の先端には、放射線を透過させる窓材となる窓 26 が設けられている。ハウジング 25 の内側には、放射線検出素子 1、コリメータ 22、基板 23、冷却部 28、及びコールドフィンガ 24 が配置されている。ハウジング 25 は、放射線検出素子 1、コリメータ 22、基板 23 及び冷却部 28 を収容している。冷却部 28 は例えばペルチェ素子である。

[0047] 放射線検出素子 1 は、基板 23 の表面に実装されており、窓 26 に対向する位置に配置されている。放射線検出素子 1 は、電極面 112 が基板 23 に対向し、入射面 111 が窓 26 に対向するように配置されている。コリメータ 22 は、放射線を遮蔽する材料で構成されている。コリメータ 22 は、放射線検出素子 1 と窓 26 との間に配置されている。コリメータ 22 の一端は窓 26 に対向しており、他端は放射線検出素子 1 の表面に対向している。主に窓 26 を透過して放射線がハウジング 25 の内側へ入射し、コリメータ 22 は、放射線の一部を遮蔽する。放射線検出素子 1 は、コリメータ 22 で遮蔽されずに入射した放射線を検出する。

[0048] 基板 23 には、配線が形成され、プリアンプ 21 が実装されている。図 6 では、プリアンプ 21 を省略している。基板 23 は、直接に又は介在物を介して、冷却部 28 の吸熱部分に熱的に接触している。冷却部 28 の放熱部分はコールドフィンガ 24 に熱的に接触している。コールドフィンガ 24 は、冷却部 28 の放熱部分が熱的に接触する平板状の部分と、ハウジング 25 の底板部を貫通している部分とを有している。放射線検出素子 1 の熱は、基板 23 を通じて冷却部 28 に吸熱され、冷却部 28 からコールドフィンガ 24 へ伝わり、コールドフィンガ 24 を通じて放射線検出器 2 の外部へ放熱される。

[0049] 放射線検出器 2 は、ハウジング 25 の底板部を貫通した複数のリードピン 27 を備えている。リードピン 27 は、ワイヤボンディング等の方法で基板 23 に接続されている。電圧印加部 31 による放射線検出素子 1 への電圧の印加と、プリアンプ 21 からの信号の出力とはリードピン 27 を通じて行われる。

[0050] なお、放射線検出器 2 は、コールドフィンガ 24 を備えていなくてもよく、冷却部 28 の放熱部分はハウジング 25 の底板部に熱的に接触していてもよい。放射線検出器 2 は、冷却部 28 を備えていない形態であってもよい。放射線検出器 2 は、窓材でなる窓 26 を有しておらず、ハウジング 25 の窓 26 に相当する部分が開口している形態であってもよい。或いは、放射線検出器 2 は、ハウジング 25 を備えていない形態であってもよい。放射線検出器 2 は、その他の構成物を更に備えていてもよい。

[0051] 図 7 は、実施形態 1 に係る放射線検出素子 1 及びコリメータ 22 の例を示す模式的断面図である。放射線検出素子 1 の入射面 111 は、放射線を検出することができる有感領域 51 と、複数の有感領域 51 の間に位置する境界領域 52 と、周縁領域 53 とに分割される。入射面 111 には、複数の有感領域 51 が含まれる。複数の有感領域 51 は互いに離隔している。有感領域 51 は、カウンター電極 12 と一対一に対応している。有感領域 51 は、カウンター電極 12 の中央を含み、カウンター電極 12 の周縁部分を除くカウ

ンター電極 1 2 の大部分を含んでいる。入射面 1 1 1 内のカウンター電極 1 2 以外の部分は有感領域 5 1 に含まれていない。

[0052] 境界領域 5 2 は、入射面 1 1 1 内の複数のカウンター電極 1 2 の間に位置する部分を含む。即ち、境界領域 5 2 は、複数のカウンター電極 1 2 の間に位置する複数のドリフト電極 1 5 を含む。また、境界領域 5 2 は、カウンター電極 1 2 の周縁部分の一部を含んでいる。有感領域 5 1 に放射線が入射した場合、発生した電子は最も近い信号出力電極 1 3 へ集まり、放射線の検出が行われる。境界領域 5 2 に含まれるドリフト電極 1 5 の付近に放射線が入射した場合は、発生した電子が複数のドリフト電極 1 5 の間に滞留し易く、電子が信号出力電極 1 3 へ集まり難くなる。例えば、電子が信号出力電極 1 3 へ集まるための時間が長くなり、信号処理に必要な時間が増大する。例えば、発生した電子の一部が信号出力電極 1 3 に集まらず、検出した放射線のエネルギーが不正確になる。このように、境界領域 5 2 に放射線が入射した場合は、放射線の検出精度が悪化する。

[0053] 周縁領域 5 3 は、入射面 1 1 1 の周縁部分に位置し、入射面 1 1 1 内のカウンター電極 1 2 と放射線検出素子 1 の縁との間に位置する部分を含む。即ち、周縁領域 5 3 は、防護電極 1 5 1 を含み、カウンター電極 1 2 と放射線検出素子 1 の縁との間に位置する複数のドリフト電極 1 5 を含む。また、周縁領域 5 3 は、カウンター電極 1 2 の周縁部分の一部を含んでいる。周縁領域 5 3 に放射線が入射した場合でも、境界領域 5 2 に放射線が入射した場合と同様に、電子が信号出力電極 1 3 へ集まり難くなる。このため、放射線の検出精度が悪化する。

[0054] コリメータ 2 2 は、境界領域 5 2 及び周縁領域 5 3 を覆い、有感領域 5 1 を覆わないように、構成されている。即ち、防護電極 1 5 1 及びドリフト電極 1 5 は、コリメータ 2 2 に覆われている。入射面 1 1 1 内の電極が設けられていない部分も、コリメータ 2 2 に覆われている。コリメータ 2 2 によって放射線が遮蔽され、境界領域 5 2 及び周縁領域 5 3 への放射線の入射が防止される。コリメータ 2 2 で遮蔽されない放射線は、有感領域 5 1 へ入射す

る。

[0055] 入射面 1 1 1 の中で境界領域 5 2 及び周縁領域 5 3 では、コリメータ 2 2 により放射線が遮蔽されるので、放射線が入射しない。境界領域 5 2 又は周縁領域 5 3 へ放射線が入射した場合は、前述したように、発生した電子は信号出力電極 1 3 へ集まり難く、放射線の検出精度が悪化する。本実施形態では、コリメータ 2 2 によって、境界領域 5 2 及び周縁領域 5 3 へ放射線が入射しないことにより、放射線によって発生した電子が信号出力電極 1 3 へ集まり難くなることなく、放射線の検出精度の悪化が防止される。また、半導体部 1 1 の中で、境界領域 5 2 及び周縁領域 5 3 の下にあり、カウンター電極 1 2 の周縁付近にある部分には、入射面 1 1 1 に対して非垂直に入射した放射線が入射し得る。この部分に放射線によって発生した電子は、電界によって、信号出力電極 1 3 へ集まる。

[0056] 前述したように、半導体部 1 1 内の入射面 1 1 1 付近には、外側のドリフト電極 1 5 からカウンター電極 1 2 へ向けて電位が高くなる電界が生成される。放射線の入射によってカウンター電極 1 2 の周縁付近に発生した電子は、生成された電界によって、カウンター電極 1 2 の中央付近へ移動する。カウンター電極 1 2 の中央付近へ移動した電子は、半導体部 1 1 内の電界によって信号出力電極 1 3 へ流入する。このため、ドリフト電極 1 5 が設けられていない従来の放射線検出素子に比べて、カウンター電極 1 2 の周縁付近に発生した電子が信号出力電極 1 3 へ集まり易くなる。従来では放射線によって発生した電子が信号出力電極 1 3 へ集まり難かった位置においても、本実施形態では、発生した電子が容易に信号出力電極 1 3 へ集まることことができる。複数のドリフト電極 1 5 を用いることにより、外側のドリフト電極 1 5 とカウンター電極 1 2 との電位差を大きくすることができる。このため、電子は、カウンター電極 1 2 の中央付近へより移動し易くなり、信号出力電極 1 3 へより流入し易くなる。

[0057] 従って、従来では有感領域 5 1 として利用することができなかった部分を、本実施形態では、有感領域 5 1 として利用することができるようになる。

即ち、従来に比べて、有感領域 5 1 を大きくすることができる。例えば、有感領域 5 1 は、従来よりもカウンター電極 1 2 の縁に近い位置まで、広がる。有感領域 5 1 が大きくなることに応じて、境界領域 5 2 及び周縁領域 5 3 は縮小する。境界領域 5 2 及び周縁領域 5 3 が縮小することによって、コリメータ 2 2 の境界領域 5 2 及び周縁領域 5 3 を覆う部分の大きさを縮小することができる。

[0058] 以上のように、本実施形態では、従来に比べて、放射線検出素子 1 の有感領域 5 1 が大きくなる。有感領域 5 1 が大きくなることによって、放射線検出素子 1 を用いて検出することができる放射線の割合が増加する。検出可能な放射線の割合が増加することによって、放射線検出素子 1 を用いた放射線検出の効率が向上する。放射線検出の効率が向上することによって、放射線検出装置 1 0 0 は、従来に比べて高精度で放射線検出を行うことができる。

[0059] 本実施形態では、カウンター電極 1 2 と複数のドリフト電極 1 5 と信号出力電極 1 3 と複数の曲線状電極 1 4 との組を放射線検出素子 1 が四組備えた形態を示したが、放射線検出素子 1 が備える組の数は四以外の複数であってもよい。カウンター電極 1 2 と複数のドリフト電極 1 5 と信号出力電極 1 3 と複数の曲線状電極 1 4 との組を放射線検出素子 1 が複数備えることにより、放射線検出装置 1 0 0 は、高い計数率で放射線を検出することができる。カウンター電極 1 2 と複数のドリフト電極 1 5 と信号出力電極 1 3 と複数の曲線状電極 1 4 との複数の組は、直線状等、二次元以外の形状に配置されていてもよい。

[0060] <実施形態 2>

図 8 は、実施形態 2 に係る放射線検出素子 1 及びコリメータ 2 2 の例、並びに放射線検出素子 1 と電圧印加部 3 1 との接続態様を示す模式的断面図である。放射線検出装置 1 0 0 の放射線検出素子 1 及びコリメータ 2 2 以外の部分の構成は、実施形態 1 と同様である。電極面 1 1 2 には、単一の信号出力電極 1 3 と、信号出力電極 1 3 を囲む複数の曲線状電極 1 4 とが設けられている。例えば、信号出力電極 1 3 は電極面 1 1 2 の中央に配置されている。

。また、複数の曲線状電極 1 4 を囲う位置に、防護電極 1 4 1 及び接地電極 1 4 2 が設けられている。

[0061] 入射面 1 1 1 には、単一のカウンター電極 1 2 と、カウンター電極 1 2 を囲む複数のドリフト電極 1 5 とが設けられている。信号出力電極 1 3 の裏側になる位置に、カウンター電極 1 2 が配置されている。カウンター電極 1 2 は、入射面 1 1 1 の中央を含む位置に配置されている。また、複数のドリフト電極 1 5 を囲う位置に、防護電極 1 5 1 が設けられている。入射面 1 1 1 には、境界領域 5 2 は含まれない。コリメータ 2 2 は、周縁領域 5 3 を覆い、有感領域 5 1 を覆わないように、構成されている。

[0062] 実施形態 1 と同様に、電圧印加部 3 1 は、最も内側の曲線状電極 1 4 の電位が高く、最も外側の曲線状電極 1 4 の電位が最も低くなるように、曲線状電極 1 4 に電圧を印加する。また、電圧印加部 3 1 は、カウンター電極 1 2 の電位が高く、最も外側に位置するドリフト電極 1 5 の電位が低くなるように、カウンター電極 1 2 及びドリフト電極 1 5 に電圧を印加する。

[0063] 実施形態 2 においても、半導体部 1 1 内の入射面 1 1 1 付近には、外側のドリフト電極 1 5 からカウンター電極 1 2 へ向けて電位が高くなる電界が生成される。ドリフト電極 1 5 が設けられていない従来の放射線検出素子に比べて、カウンター電極 1 2 の周縁付近に発生した電子が信号出力電極 1 3 へ集まり易くなる。従来に比べて、有感領域 5 1 を大きくすることができる。有感領域 5 1 が大きくなることによって、放射線検出の効率が向上する。放射線検出装置 1 0 0 は、従来に比べて高精度で放射線検出を行うことができる。

[0064] 以上の実施形態 1 及び 2 においては、放射線検出素子 1 を構成する半導体が Si である形態を示したが、放射線検出素子 1 は Si 以外の半導体で構成された形態であってもよい。実施形態 1 及び 2 においては、半導体部 1 1 が n 型の半導体からなり、カウンター電極 1 2 及び曲線状電極 1 4 が p 型の半導体からなる形態を示したが、放射線検出素子 1 は、半導体部 1 1 が p 型の半導体からなり、カウンター電極 1 2 及び曲線状電極 1 4 が n 型の半導体か

らなる形態であってもよい。この形態では、電位の高低が実施形態 1 及び 2 に示した例とは逆となり、放射線の入射によって発生した正孔が信号出力電極 1 3 へ流入し、放射線が検出される。実施形態 1 及び 2 においては、放射線検出素子 1 がシリコンドリフト型放射線検出素子である形態を示したが、放射線検出素子 1 は、シリコンドリフト型放射線検出素子以外の半導体製の素子であってもよい。このため、放射線検出器 2 は、SDD 以外の放射線検出器であってもよい。

[0065] 本発明は上述した実施の形態の内容に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。即ち、請求項に示した範囲で適宜変更した技術的手段を組み合わせて得られる実施形態も本発明の技術的範囲に含まれる。

[0066] 各実施形態に記載した事項は相互に組み合わせることが可能である。また、請求の範囲に記載した独立請求項及び従属請求項は、引用形式に関わらず全てのあらゆる組み合わせにおいて、相互に組み合わせることが可能である。さらに、請求の範囲には他の 2 以上のクレームを引用するクレームを記載する形式（マルチクレーム形式）を用いているが、これに限るものではない。マルチクレームを少なくとも一つ引用するマルチクレーム（マルチマルチクレーム）を記載する形式を用いて記載してもよい。

[0067] 今回開示された実施形態は全ての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した意味ではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

- [0068] 100 放射線検出装置
- 1 放射線検出素子
 - 11 半導体部
 - 111 入射面
 - 12 カウンター電極（第 2 電極）

- 1 3 信号出力電極（第 1 電極）
- 1 4 曲線状電極（第 4 電極）
- 1 5 ドリフト電極（第 3 電極）
- 2 放射線検出器
- 2 2 コリメータ
- 3 2 信号処理部（スペクトル生成部）
- 3 4 分析部（スペクトル生成部）
- 3 5 表示部
- 3 6 照射部
- 4 2 試料

請求の範囲

- [請求項1] 放射線が入射する入射面を有する半導体部と、前記入射面の裏側の面に設けられており、放射線の入射によって前記半導体部内に発生する電荷が流入する第1電極と、前記入射面に設けられており、前記第1電極の裏側に位置し、前記電荷の前記第1電極への流入に必要な電圧を印加される第2電極とを備える放射線検出素子において、
- 前記入射面に設けられており、前記第2電極を囲む位置に配置された第3電極を備え、
- 前記第3電極は、前記第2電極と電氣的に接続され、
- 前記第2電極及び前記第3電極には、前記第3電極から前記第2電極に向かって電位が変化するように、電圧が印加されることを特徴とする放射線検出素子。
- [請求項2] 前記第3電極は、複数備えられており、
- 複数の前記第3電極は、前記第2電極からの距離が互いに異なり、互いに電氣的に接続されており、
- 前記第2電極及び複数の前記第3電極には、複数の前記第3電極の中で最も外側に位置する前記第3電極から前記第2電極に向かって単調に電位が変化するように、電圧が印加されることを特徴とする請求項1に記載の放射線検出素子。
- [請求項3] 前記第2電極及び前記第3電極の組を複数組備え、
- 複数組の前記第2電極及び前記第3電極の組は、二次元状に配置されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の放射線検出素子。
- [請求項4] 前記入射面の裏側の面に設けられ、前記第1電極を囲む位置に配置されており、前記第1電極からの距離が互いに異なる複数の第4電極とを更に備え、
- 前記複数の第4電極には、最も外側に位置する第4電極から最も内側に位置する第4電極に向かって単調に電位が高くなるように、電圧

が印加され、

前記第 2 電極及び前記第 3 電極の電位が、最も外側に位置する第 4 電極の電位よりも高く、最も内側に位置する第 4 電極よりも低くなるように、前記第 2 電極及び前記第 3 電極に電圧が印加されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一つに記載の放射線検出素子。

[請求項5]

請求項 1 乃至 4 のいずれか一つに記載の放射線検出素子と、放射線を遮蔽するコリメータとを備え、

前記コリメータは、前記放射線検出素子が備える第 3 電極を覆い、前記放射線検出素子が備える第 2 電極の少なくとも一部分を覆わないように配置されていること

を特徴とする放射線検出器。

[請求項6]

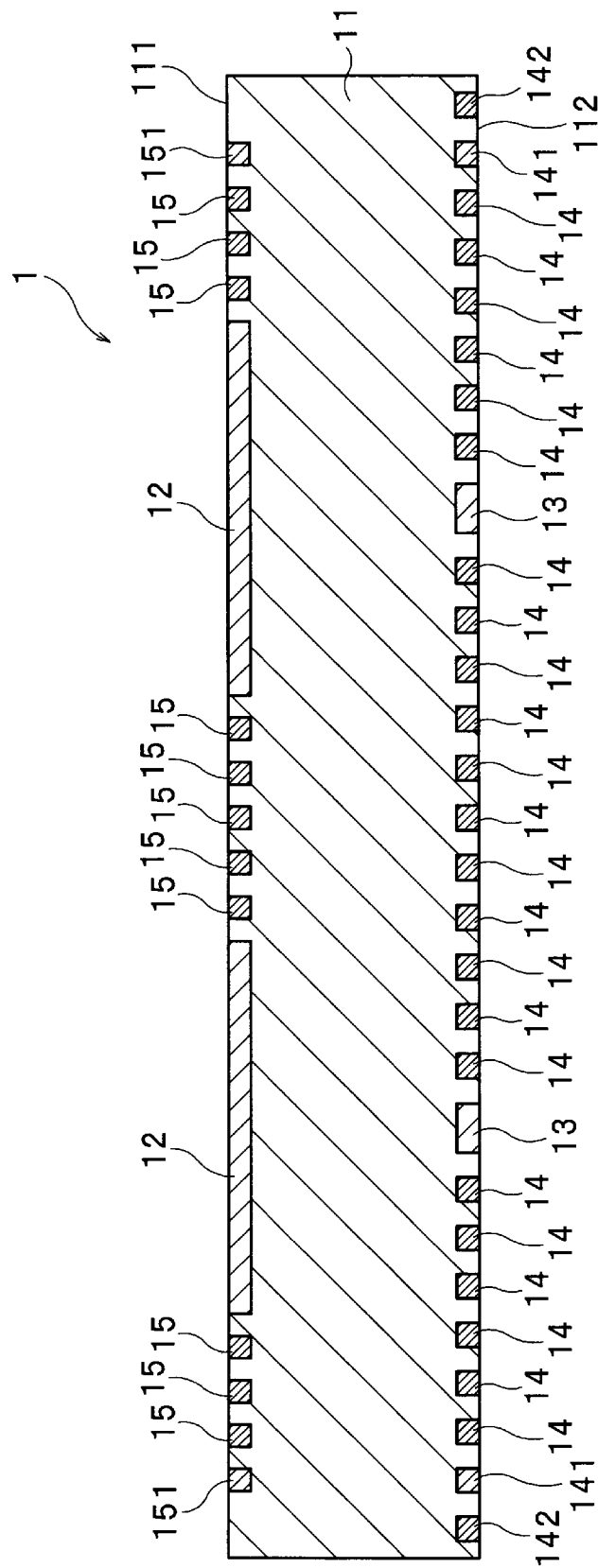
試料へ放射線を照射する照射部と、

請求項 5 に記載の放射線検出器と、

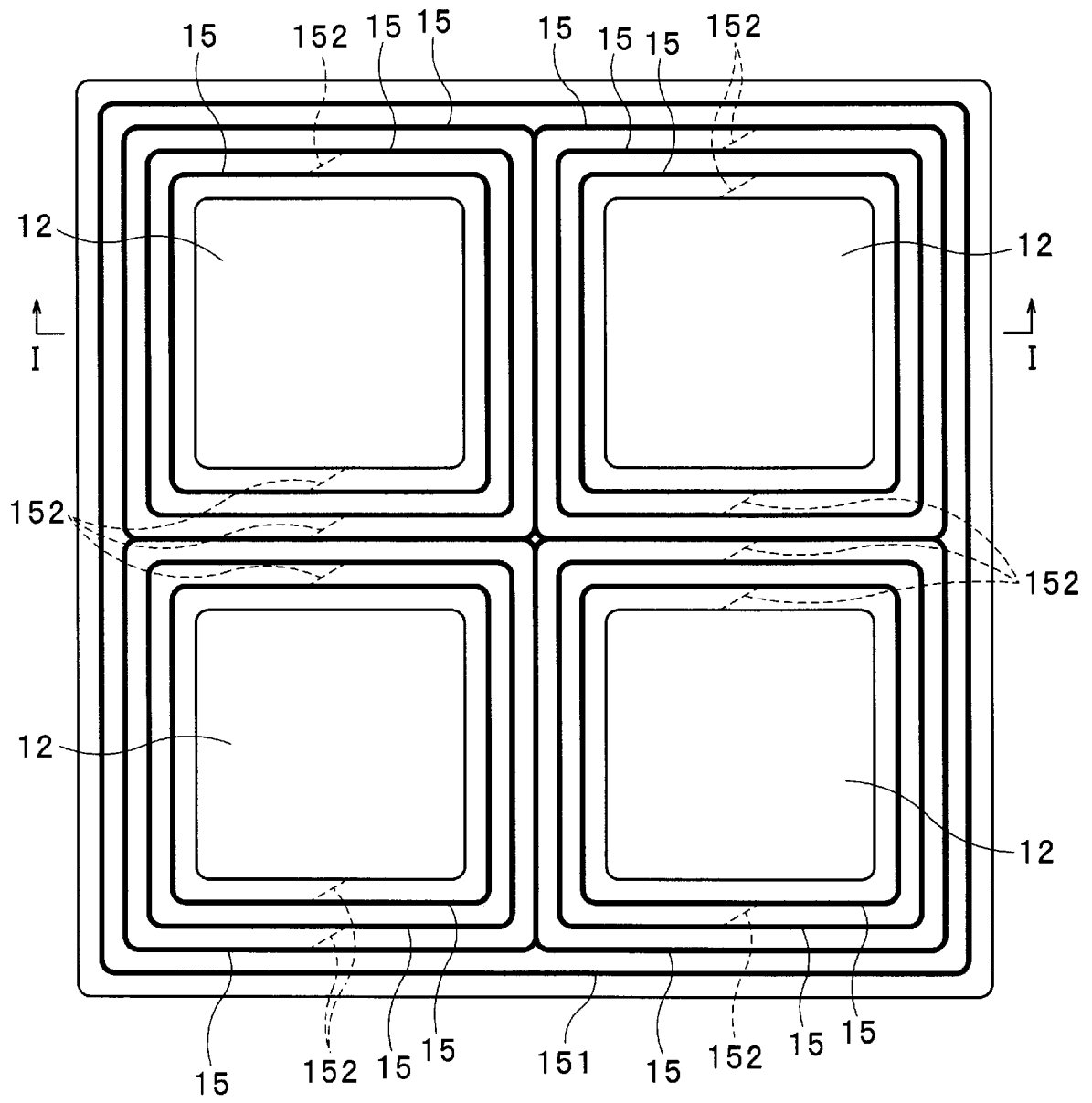
前記放射線検出器が検出した放射線のスペクトルを生成するスペクトル生成部と、

前記スペクトル生成部が生成したスペクトルを表示する表示部とを備えることを特徴とする放射線検出装置。

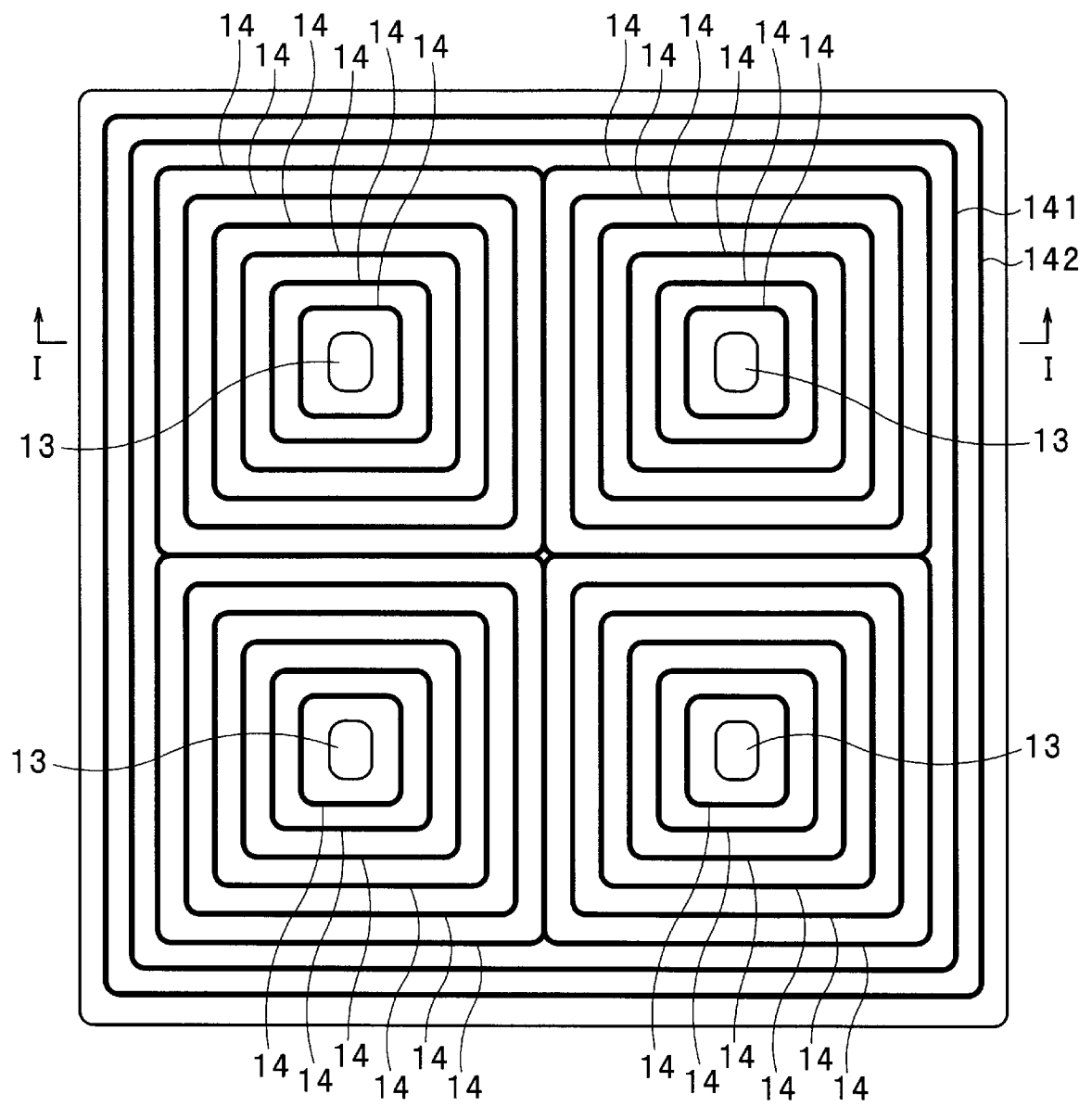
[図1]



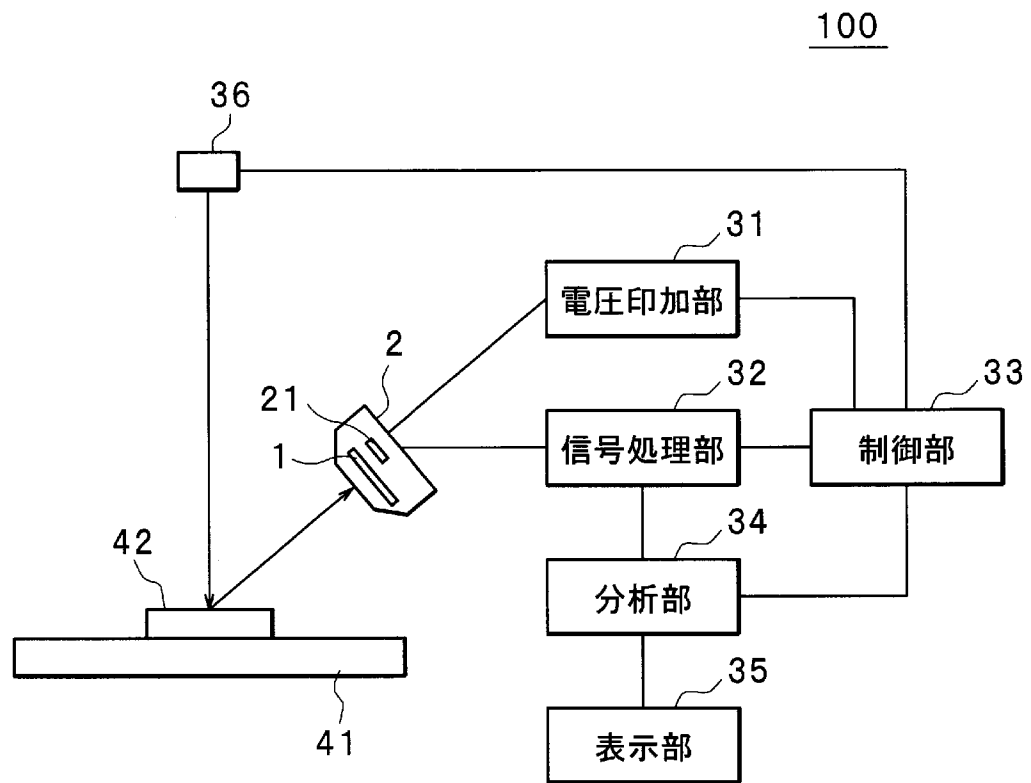
[図2]



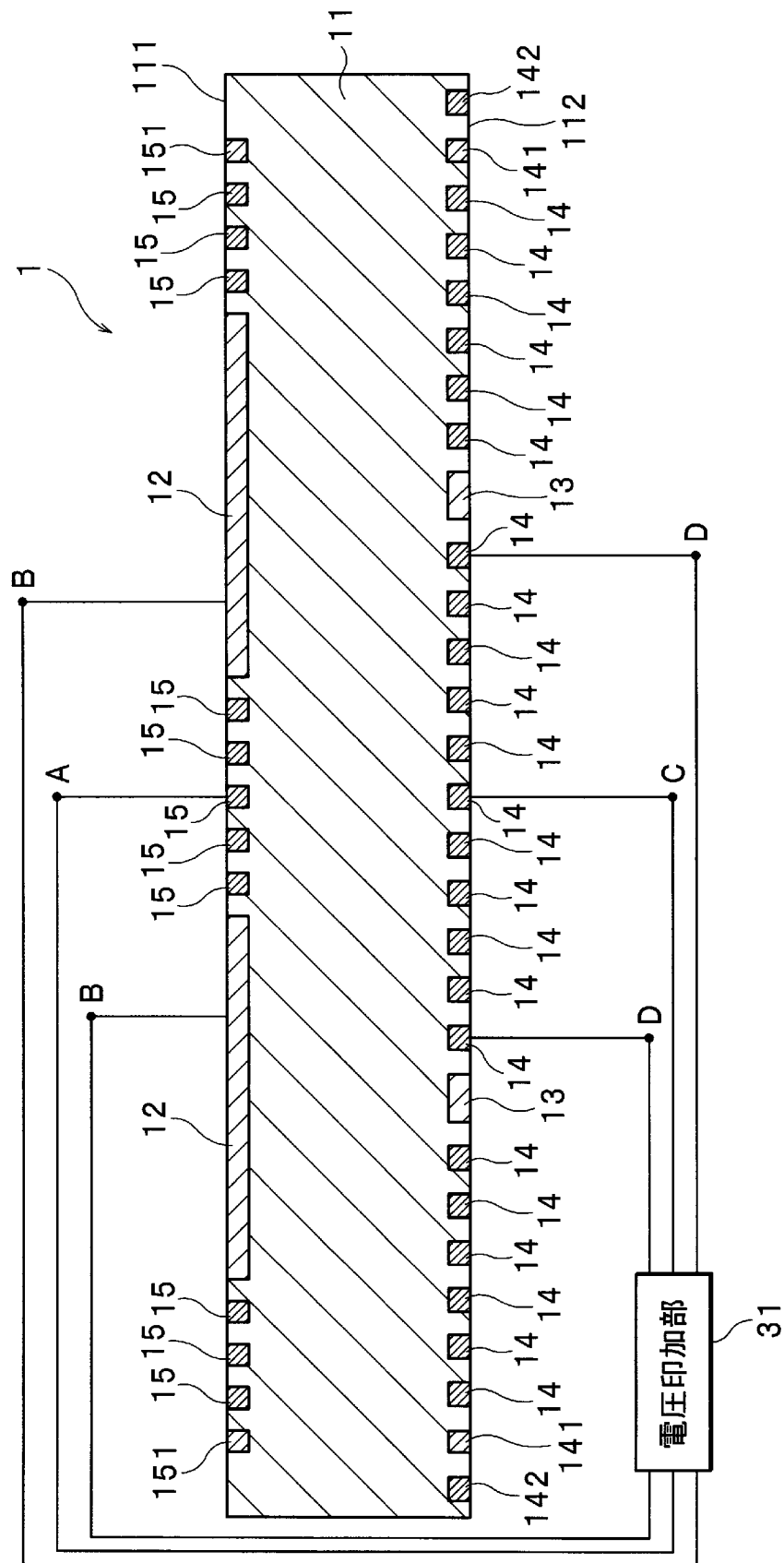
[図3]



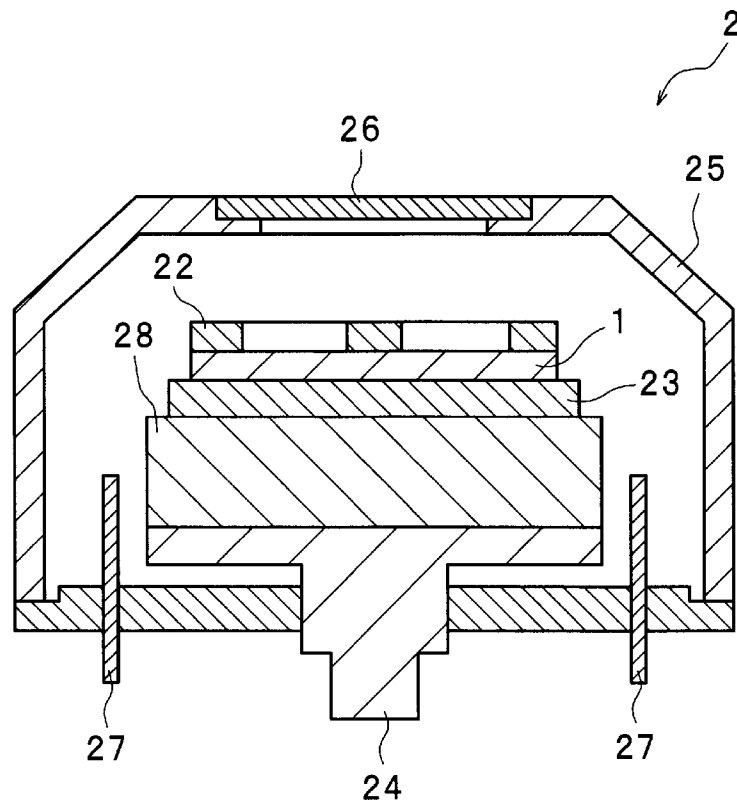
[図4]



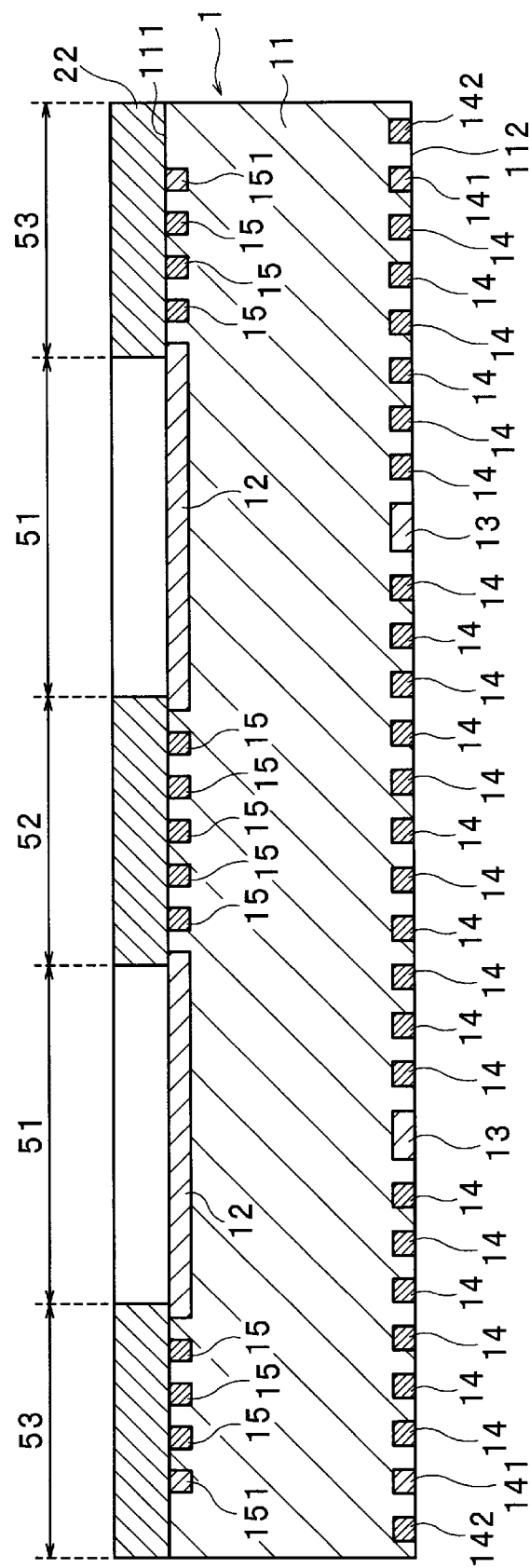
[図5]



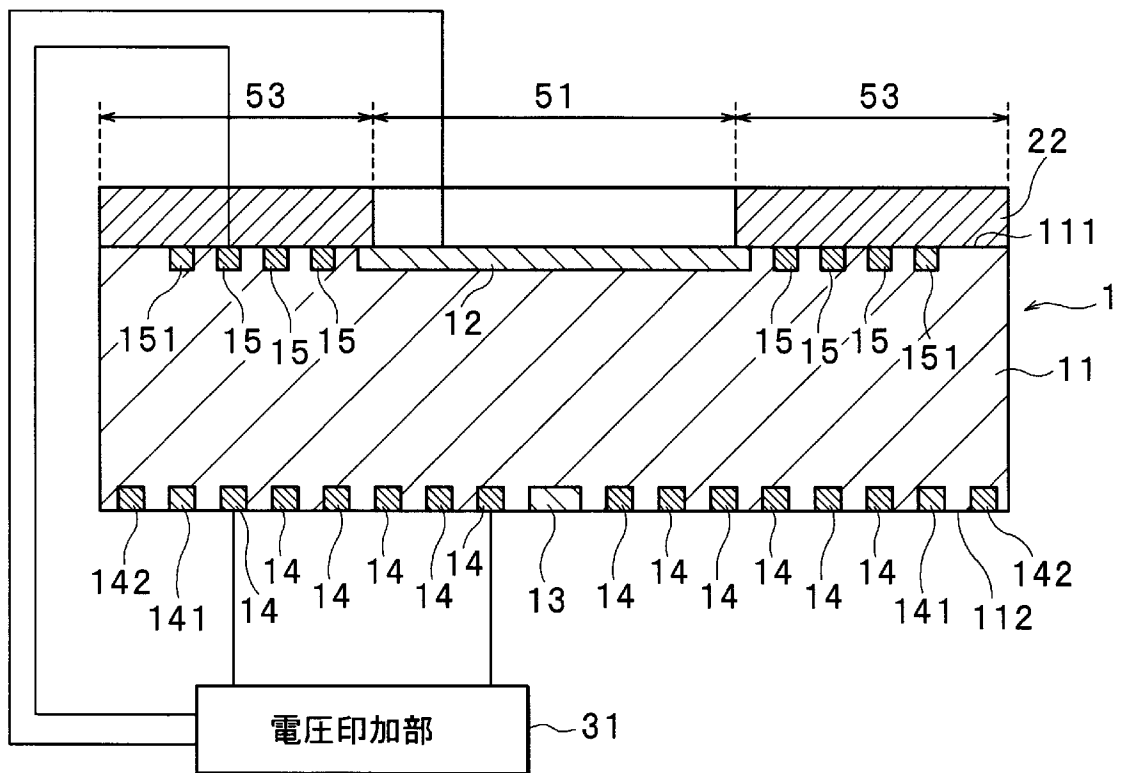
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/033568

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01T 1/24**(2006.01)i

FI: G01T1/24

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)

G01T1/24

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	CN 111354747 A (UNIV XIANGTAN) 30 June 2020 (2020-06-30) fig. 2, paragraphs [0007], [0041]	1-4, 6
A		5
A	JP 2011-187501 A (SEIKO INSTRUMENTS INC) 22 September 2011 (2011-09-22) fig. 2, paragraph [0018]	1-6



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
 “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

06 October 2023

Date of mailing of the international search report

24 October 2023

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/033568

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	111354747	A	30 June 2020	(Family: none)	
JP	2011-187501	A	22 September 2011	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01T 1/24(2006.01)i FI: G01T1/24		
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）） G01T1/24 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 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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	CN 111354747 A（湘潭大学）30.06.2020（2020 - 06 - 30） 図2；段落0007，0041	1-4，6
A		5
A	JP 2011-187501 A（セイコーインスツル株式会社）22.09.2011（2011 - 09 - 22） 図2；段落0018	1-6
☐ 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、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 06.10.2023	国際調査報告の発送日 24.10.2023	
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） 右▲高▼ 孝幸 2G 9808 電話番号 03-3581-1101 内線 3226	

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/JP2023/033568

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN	111354747	A	30.06.2020	(ファミリーなし)	
JP	2011-187501	A	22.09.2011	(ファミリーなし)	