

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5638540号
(P5638540)

(45) 発行日 平成26年12月10日 (2014. 12. 10)

(24) 登録日 平成26年10月31日 (2014. 10. 31)

(51) Int. Cl. F 1
GO 1 T 1/18 (2006.01) GO 1 T 1/18 D

請求項の数 29 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2011-549436 (P2011-549436)	(73) 特許権者	501008912
(86) (22) 出願日	平成21年2月12日 (2009. 2. 12)		セルン - ヨーロピアン オーガナイゼーション フォー ニュークリア リサーチ
(65) 公表番号	特表2012-517599 (P2012-517599A)		CERN - European Organization for Nuclear Research
(43) 公表日	平成24年8月2日 (2012. 8. 2)		スイス国 ジュネーブ 23
(86) 国際出願番号	PCT/EP2009/000995		Geneva 23, Switzerland
(87) 国際公開番号	W02010/091695	(74) 代理人	100117787
(87) 国際公開日	平成22年8月19日 (2010. 8. 19)		弁理士 勝沼 宏仁
審査請求日	平成24年1月19日 (2012. 1. 19)	(74) 代理人	100082991
			弁理士 佐藤 泰和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 保護された読み出し電極アセンブリ及びアバランシェ粒子検出器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アバランシェ粒子検出器用の読み出し電極アセンブリ(10)であって、
 複数の読み出しパッド(12)と、
 前記複数の読み出しパッド(12)上及び/または前記複数の読み出しパッド(12)間に形成される絶縁層(20)と、
 前記複数の読み出しパッド(12)よりも上側で前記絶縁層(20)中に形成される複数のレジスタパッド(24)と、
 を備え、
 前記複数のレジスタパッド(24)の上面が前記絶縁層(20)の上面(26)と面一である、
 読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項 2】

アバランシェ粒子検出器用の読み出し電極アセンブリ(10)であって、
 複数の読み出しパッド(12)と、
 前記複数の読み出しパッド(12)上及び/または前記複数の読み出しパッド(12)間に形成される絶縁層(20)と、
 前記複数の読み出しパッド(12)よりも上側で前記絶縁層(20)中に形成される複数のレジスタパッド(24)と、
 を備え、

前記複数のレジスタパッド(24)は、レジスタを備える第1の層(28)と、前記第1の層(28)上に形成される第2の層(30)とを備え、前記第2の層(30)が金属を備える、読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項3】

アバランシェ粒子検出器用の読み出し電極アセンブリ(10)であって、
複数の読み出しパッド(12)と、
前記複数の読み出しパッド(12)上及び/または前記複数の読み出しパッド(12)間に形成される絶縁層(20)と、

前記複数の読み出しパッド(12)よりも上側で前記絶縁層(20)中に形成される複数のレジスタパッド(24)と、

を備え、

複数のレジスタパッド(24)がそれぞれの読み出しパッド(12)の上側に位置される、

読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項4】

前記複数のレジスタパッド(24)は、レジスタを備える第1の層(28)と、前記第1の層(28)上に形成される第2の層(30)とを備え、前記第2の層(30)が金属を備える請求項1又は請求項3記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項5】

複数のレジスタパッド(24)がそれぞれの読み出しパッド(12)の上側に位置される請求項1、請求項2及び請求項4のいずれか一項に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項6】

少なくとも20個のレジスタパッド(24)が読み出しパッド(12)の上側に位置される請求項3又は請求項5に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項7】

前記複数のレジスタパッド(24)の少なくとも一部が前記複数の読み出しパッド(12)と直接に接触する請求項1乃至請求項6のいずれか一項に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項8】

前記複数の読み出しパッド(12)と前記複数のレジスタパッド(24)との間の距離が50 μm ~200 μm の範囲内である請求項1乃至請求項7の1つに記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項9】

前記絶縁層(20)中に埋め込まれる抵抗性の電荷拡散パッド(32)を更に備え、前記電荷拡散パッド(32)が複数の前記複数のレジスタパッド(24)と複数の前記複数の読み出しパッド(12)との間に位置する請求項8に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項10】

前記絶縁層(20)中に埋め込まれる抵抗性の複数の電荷拡散パッド(32)を更に備え、前記各電荷拡散パッド(32)が複数のレジスタパッド(24)と複数の読み出しパッド(12)との間に位置する請求項9に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項11】

1または複数の前記電荷拡散パッド(32)が前記複数のレジスタパッド(24)と直接に接触する請求項10に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項12】

前記読み出し電極アセンブリ(10)の上面(26)に対して垂直な方向(z)に沿う電荷輸送のための前記1または複数の電荷拡散パッド(32)の抵抗率は、前記読み出し電極アセンブリ(10)の前記上面(26)と平行な方向に沿う電荷輸送のための前記1

10

20

30

40

50

または複数の電荷拡散パッド(32)の抵抗率とは異なっている請求項11に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項13】

前記読み出し電極アセンブリ(10)の上面(26)と平行な方向での電荷輸送のための前記1または複数の電荷拡散パッド(32)の表面抵抗率は、単位面積当たり500キロオーム～単位面積当たり10メガオームの範囲内にある請求項11に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項14】

前記読み出し電極アセンブリ(10)の上面(26)に対して垂直な方向(z)での電荷輸送のための前記1または複数の電荷拡散パッド(32)および前記複数のレジスタパッド(24)の全抵抗が10オーム～1000オームの範囲内にある請求項11に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

10

【請求項15】

前記読み出し電極アセンブリの上面に対して垂直な方向(z)での電荷輸送のための前記複数のレジスタパッドの抵抗が10オーム～1000オームの範囲内にある請求項1乃至請求項14のいずれか一項に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項16】

前記複数の読み出しパッド(12)および/または前記複数のレジスタパッド(24)が円柱状である請求項1乃至請求項15のいずれか一項に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

20

【請求項17】

前記複数の読み出しパッド(12)の表面直径が前記複数のレジスタパッド(24)の表面直径よりも7～20倍大きい請求項16に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項18】

前記複数のレジスタパッド(24)の表面直径が100μm～200μmの範囲内である請求項16または請求項17に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項19】

前記複数のレジスタパッド(24)の面密度が25パッド/mm²よりも大きい請求項1乃至請求項18のいずれか一項に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項20】

前記複数の読み出しパッド(12)が誘電体バルク基板(14)上に形成される請求項1乃至請求項19のいずれか一項に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

30

【請求項21】

前記複数の読み出しパッド(12)が金属を備える請求項1乃至請求項20のいずれか一項に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項22】

ガスチャンバ(40)と、
第1の平面電極(42)、第2の平面電極(22)、および、第3の平面電極(10)であって、この順序で前記ガスチャンバ(40)内に配置される平面電極と、

を備え、

40

前記第1の平面電極(42)および前記第2の平面電極(22)が入射粒子による電子の発生のための変換ギャップ(C)を画定し、

前記第2の平面電極(22)および前記第3の平面電極(10)がアバランシェプロセスでの電子の増倍のための増幅ギャップ(A)を画定し、

前記第2の平面電極(22)には穴(44)が穿孔され、前記第3の平面電極(10)が請求項1から請求項21のいずれか一項に記載の読み出し電極アセンブリを備える、アバランシェ粒子検出器。

【請求項23】

ガスチャンバと、

第1および第2の電極であって、この順序で前記ガスチャンバ内に配置される第1およ

50

び第2の電極と、
を備え、

前記第1の電極(42)は、その両側の表面に第1および第2の金属コーティング層を有する絶縁体と、前記第1の電極を貫通して延びる複数の穴とを備え、

前記第1及び第2の金属コーティング層に結合され、前記第1の金属コーティング層を第1の電位へと引き上げるとともに、前記第2の金属コーティング層を前記第1の電位よりも高い第2の電位へと引き上げるようになっている分極手段を備え、

前記第2の電極は、請求項1乃至請求項21のいずれか一項に記載の読み出し電極アセンブリを備える、

アバランシェ粒子検出器。

10

【請求項24】

前記読み出し電極アセンブリ(10)の上面(26)に対して垂直な方向(z)に沿う電荷輸送のための前記電荷拡散パッド(32)の抵抗率は、前記読み出し電極アセンブリ(10)の前記上面(26)と平行な方向に沿う電荷輸送のための前記電荷拡散パッド(32)の抵抗率とは異なっている請求項9に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項25】

前記読み出し電極アセンブリ(10)の上面(26)と平行な方向での電荷輸送のための前記電荷拡散パッド(32)の表面抵抗率は、単位面積当たり500キロオーム～単位面積当たり10メガオームの範囲内にある請求項9に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

20

【請求項26】

前記読み出し電極アセンブリ(10)の上面(26)に対して垂直な方向(z)での電荷輸送のための前記電荷拡散パッド(32)および前記複数のレジスタパッド(24)の全抵抗が10オーム～1000オームの範囲内にある請求項9に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項27】

前記読み出し電極アセンブリ(10)の上面(26)に対して垂直な方向(z)に沿う電荷輸送のための前記複数の電荷拡散パッド(32)の抵抗率は、前記読み出し電極アセンブリ(10)の前記上面(26)と平行な方向に沿う電荷輸送のための前記複数の電荷拡散パッド(32)の抵抗率とは異なっている請求項10に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

30

【請求項28】

前記読み出し電極アセンブリ(10)の上面(26)と平行な方向での電荷輸送のための前記複数の電荷拡散パッド(32)の表面抵抗率は、単位面積当たり500キロオーム～単位面積当たり10メガオームの範囲内にある請求項10に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

【請求項29】

前記読み出し電極アセンブリ(10)の上面(26)に対して垂直な方向(z)での電荷輸送のための前記複数の電荷拡散パッド(32)および前記複数のレジスタパッド(24)の全抵抗が10オーム～1000オームの範囲内にある請求項10に記載の読み出し電極アセンブリ(10)。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アバランシェ粒子検出器のため、特にマイクロパターンガス検出器(MPGD)のための読み出し電極アセンブリに関する。

【背景技術】

【0002】

粒子検出器は、放射線または粒子を検出し、追跡し、および/または、識別するための装置であり、素粒子物理学、生物学、および、医療技術の全体にわたって幅広い用途を見

50

出す。

【0003】

ガス中で電離および電荷増倍のプロセスを利用する粒子検出器は、ラザフォードが1908年に自然放射能を研究するために最初にガス充填ワイヤカウンタを使用して以来ずっと連続的改良により使用されてきた。大きな安定した比例ゲイン、高い分解能、スパークおよび放電に対する高いロバスト性をガス検出器で得るための方法は、今日の検出器コミュニティにおいても依然として研究の対象である。

【0004】

ガス検出器は、一般に、放射線を電離することにより解放される電子を収集して、それらの電子を大きな電場を伴う領域へと案内し、それにより、電子雪崩を起す。電子雪崩は、読み出し電極アセンブリで収集でき且つ読み出し電子機器によって解析できる十分に大きい電流または電荷を形成するに足る電子を生み出すことができる。収集された電子電荷は、入射粒子の電荷、エネルギー、モーメント、移動方向、および、他の属性を表し得る。

10

【0005】

殆どのそのような検出器において、電子雪崩を起こして助長するために必要な大きい増幅場は、プラスの高い電位で細いワイヤによってもたらされる。また、この同じ細いワイヤは、アバランシェからの電子を収集して、それらの電子を読み出し電子機器へ向けて誘導する。最近になって、マイクロメッシュガス構造チャンバ(マイクロメガス)およびガス電子増倍管(GEM)などの、所謂マイクロパターンガス検出器(MPGD)が注目されてきた。半導体技術を使用することにより、印象的な様々な形状で大面積トラッキングMPGDを大量生産することができると同時に、アバランシェギャップを小さくすることができ、それにより、急速な信号開発、高速読み出し、および、高い信頼性が可能となる。MPGDにおいて、増幅プロセスで発生される電子は、一般に、半導体基板上に所定のパターンで配置されて高速読み出し電子機器に電氣的に接続される金属製の読み出しパッドまたはストリップに集められる。

20

【0006】

読み出しパッド、検出器基板、および、読み出し電子機器を保護するため、および、隣接するパッドを良好に絶縁するため、読み出しパッドを薄い抵抗層で覆うことが慣習になってきた。しかしながら、正しい抵抗率特性を有する材料を見出しつつ依然として容易な製造を可能にすることは困難であることが分かってきた。また、従来からカバー層として使用されてきた有機抵抗層は、増幅ギャップにおけるスパークおよび放電に対してかなり感度が高く、そのため、高い計数率または高い増幅場で動作されると、早期に劣化する傾向がある。鉱物抵抗層は、スパークおよび放電に対してロバスト性が高いが、複雑な製造を必要とし、そのため、大面積検出器の大量生産にあまり適さない。

30

【0007】

スパークは、読み出し検出器の表面を損傷させるだけでなく、必然的に、イベントを検出できないデッドタイムももたらし、そのため、検出器効率が低下する場合がある。

【発明の概要】

【0008】

本発明の目的は、前述した従来技術の限界を克服する読み出し電極アセンブリを提供することである。特に、本発明の目的は、スパークまたは放電からの良好な防御を与えると同時に、検出器のデッドタイムを減らすことができる読み出し電極アセンブリを提供することである。独立請求項1の特徴を有する本発明の読み出し電極アセンブリがこの目的を達成する。従属請求項は好ましい実施形態に関する。

40

【0009】

本発明に係るアバランシェ粒子検出器用の読み出し電極アセンブリは、複数の読み出しパッドと、前記読み出しパッド上及び/または前記読み出しパッド間に形成される絶縁層と、前記読み出しパッドよりも上側で前記絶縁層中に形成される複数のレジスタパッドとを備える。好ましい実施形態では、前記絶縁層が誘電体を備える。

50

【 0 0 1 0 】

レジスタパッドは、電子読み出しチェーンにおいて直列レジスタとしての機能を果たし、それにより、読み出し電極アセンブリへの信頼できる信号伝搬を可能にすると同時に、読み出しパッドおよび読み出し電子機器を保護する。読み出しパッド上及び/または読み出しパッド間に形成される絶縁層は、隣接する読み出しパッド間の望ましくない結合またはクロストークを減少させる。

【 0 0 1 1 】

スパークは、一般に局在化され、そのため、レジスタパッドのうちの1つだけに影響を及ぼし、一方、入射粒子によって起こされるアバランシェは、通常、所定の読み出しパッドの上側に形成される多数のレジスタパッドにわたって非局在化される。複数のレジスタパッドの抵抗率は単一のレジスタパッドの抵抗率とは異なるため、本発明に係る読み出し電極アセンブリは、スパークまたは放電によって引き起こされる信号をイベントによって引き起こされる信号から良好に分離することができ、それにより、検出器のデッドタイムを効果的に減少させる。

10

【 0 0 1 2 】

好ましい実施形態によれば、レジスタパッドの上面が絶縁層の上面と面一である。レジスタパッドの上面を絶縁層の上面と面一に形成することにより、非常に滑らかな読み出し面を有する検出装置を得ることができる。

【 0 0 1 3 】

本発明の好ましい実施形態において、レジスタパッドは、レジスタを備える第1の層と、前記第1の層上に形成される第2の層とを備え、前記第2の層が金属を備える。好ましい実施形態では、前記金属が銅を備えてもよい。

20

【 0 0 1 4 】

レジスタ層上に形成される金属カバー層は、スパークまたは放電からの優れた防御を与えると同時に、読み出し電極アセンブリへの良好な信号伝搬を可能にする。保護用の金属カバー層に起因して、下側のレジスタ層を形成するために、スパークまたは放電に対してかなり感度が高い材料を含む多種多様な抵抗材料が選択されてもよく、それにより、MPGDの構造に大きな柔軟性がもたらされる。

【 0 0 1 5 】

更なる実施形態によれば、複数のレジスタパッドが読み出しパッドの上側に位置される。所定の読み出しパッドの上側に複数のレジスタパッドを形成することにより、スパークまたは放電から生じる信号の信号強度と入射粒子から生じる信号の信号強度との間の比率を減少させることができ、それにより、デッドタイムを減らして、検出器効率を高めることができる。適度な境界内では、読み出しパッドごとのレジスタパッド数が多くなればなるほど、スパークをイベントからより良く区別することができる。好ましい実施形態によれば、少なくとも20個のレジスタパッドが読み出しパッドの上側に配置される。

30

【 0 0 1 6 】

本発明の好ましい実施形態に係る読み出し電極アセンブリでは、レジスタパッドの一部または全てが読み出しパッドと直接に接触する。レジスタパッドと読み出しパッドとの直接的な接触は、増幅ギャップからレジスタパッドを介した読み出し電極アセンブリへの特に効率的な信号伝搬を可能にする。

40

【 0 0 1 7 】

しかしながら、本発明は、レジスタパッドが読み出しパッドと直接に接触する読み出し電極アセンブリに限定されず、レジスタパッドが絶縁層の少なくとも一部によって読み出しパッドから空間的に分離される実施形態も含む。絶縁層は、レジスタパッドと読み出し電極アセンブリとの間の容量結合を可能にする。

【 0 0 1 8 】

好ましい実施形態では、読み出し電極アセンブリの表面に対して垂直な方向に沿って測定される読み出しパッドとレジスタパッドとの間の距離が50 μm ~ 200 μm の範囲内である。

50

【 0 0 1 9 】

本発明に係る読み出し電極アセンブリは、複数の前記レジスタパッドと複数の前記読み出しパッドとの間で絶縁層中に埋め込まれる抵抗電荷拡散パッドを備えることが好ましい。

【 0 0 2 0 】

電荷拡散パッドの抵抗率および/または抵抗の適切な選択により、電荷拡散パッドは、隣り合う読み出しパッド間に所定の度合いの結合をもたらすことができる。そのため、電荷拡散パッドを介して所定のパッドに結合される隣接する読み出しパッドがもたらす信号比率から、特定の読み出しパッドの上側の増幅ギャップにおけるイベントの正確な位置を決定することができる。結果として、さもなければ個々の読み出しパッドのサイズに限定される場合がある検出装置の空間分解能をかなり高めることができる。この場合、驚くべきことに、電荷拡散パッドによる広い領域にわたる電荷の拡散は、検出装置の空間分解能を高めることができる。

10

【 0 0 2 1 】

本発明の読み出し電極アセンブリは、絶縁層中に埋め込まれる複数の抵抗電荷拡散パッドを備えてもよく、各電荷拡散パッドは、複数のレジスタパッドと複数の読み出しパッドとの間に位置する。

【 0 0 2 2 】

それぞれが所定の一群の読み出しパッドと関連付けられてこれらの読み出しパッドの上側に形成される複数の電荷拡散パッドを設けることにより、選択された読み出しパッドを互いに機能的に結合することができ、それにより、検出器構造の柔軟性を更に高めることができる。

20

【 0 0 2 3 】

本発明の好ましい実施形態では、1または複数の電荷拡散パッドがレジスタパッドと直接に接触する。直接的な接触は、特に効果的な信号伝搬を可能にする。

【 0 0 2 4 】

本発明の更なる実施形態によれば、読み出し電極アセンブリの上面に対して垂直な方向に沿う電荷輸送のための前記読み出し電極アセンブリの抵抗は、前記読み出し電極アセンブリの上面と平行な方向に沿う電荷輸送のための1または複数の電荷拡散パッドの抵抗とは異なる。特に、読み出し電極アセンブリの前記上面に対して垂直な方向に沿う電荷輸送のための前記1または複数の電荷拡散パッドの抵抗率は、読み出し電極アセンブリの前記上面と平行な方向に沿う電荷輸送のための前記1または複数の電荷拡散パッドの抵抗率とは異なってもよい。好ましい実施形態によれば、表面抵抗率は、前者の方向での電荷輸送において単位面積当たり $10 \sim 1000$ の範囲内であり、後者の方向での電荷輸送において単位面積当たり $0.5 M \sim 10 M$ の範囲内である。

30

【 0 0 2 5 】

隣接する読み出しパッド間の結合を支配する抵抗率である読み出し電極アセンブリの上面と平行な方向に沿う1または複数の電荷拡散パッドの抵抗を、増幅ギャップから読み出しパッドへの信号伝搬を支配する抵抗率である読み出し電極アセンブリの上面と垂直な方向に沿う読み出し電極アセンブリの抵抗に調整することにより、隣り合う読み出しパッド間のクロストークのレベル、したがって、検出装置の空間分解能を注意深く制御できる。抵抗間または抵抗率間を調整することにより、検出感度と空間分解能との間で適切な歩み寄りを行うことができる。

40

【 0 0 2 6 】

好ましい実施形態によれば、読み出し電極アセンブリの上面と平行な方向での電荷輸送のための1または複数の電荷拡散パッドの表面抵抗率は、単位面積当たり $1 M \sim 3 M$ の範囲内である。

【 0 0 2 7 】

本発明の更なる実施形態によれば、読み出し電極アセンブリの上面に対して垂直な方向での電荷輸送のためのレジスタパッドの抵抗は $10 \sim 1000$ の範囲内である。読み

50

出し電極アセンブリの上面に対して垂直な方向での電荷輸送のための1または複数の電荷拡散パッドおよびレジスタパッドの全抵抗は10 ~ 1000 の同じ範囲内であってもよい。

【0028】

好ましい実施形態によれば、前記読み出しパッドおよび/または前記レジスタパッドが柱状である。柱状のパッドは製造が比較的容易である。円柱が特に好ましい。しかしながら、本発明は円柱状の読み出しパッドおよび/またはレジスタパッドに限定されない。実際に、読み出しパッド、レジスタパッド、および、電荷拡散パッドを、特定の検出器構造に応じて、ストリップ、立方体、六角形パッド、放射状セグメント、および、他の読み出し形状を含むほぼ任意の形状に形成できる。

10

【0029】

好ましい実施形態によれば、レジスタパッドの表面直径が100 μm ~ 200 μmの範囲内である。更なる実施形態によれば、前記読み出しパッドの表面直径は、前記レジスタパッドの表面直径よりも7 ~ 20倍大きい。

【0030】

更なる実施形態によれば、前記レジスタパッドの面密度は、読み出し電極アセンブリ表面の1 mm² 当たり25パッドよりも大きい。

【0031】

好ましい実施形態では、読み出しパッドが誘電体バルク基板上に形成される。特に、読み出しパッドは、誘電体基板を貫通して延びる介挿体によって、電荷読み出しおよび解析のための読み出し手段に接続されてもよく、また、読み出しパッドを所定の電位へと引き上げるようになっている分極手段に接続されてもよい。

20

【0032】

同様に、1または複数の電荷拡散パッドが、バルク基板を貫通して延びる介挿体によって分極手段に接続されてもよい。

【0033】

好ましい実施形態によれば、読み出しパッドは金属を備える。好ましい実施形態では、前記金属が銅を備えてもよいが、他の金属が同様に使用されてもよい。

【0034】

本発明に係る読み出し電極アセンブリは、マイクロメガスまたはGEM検出器などのマイクロパターンガス検出器を含む多種多様な粒子検出器において非常に有利に使用できる。

30

【0035】

また、本発明は、ガスチャンバと、第1の平面電極、第2の平面電極、および、第3の平面電極であって、この順序で前記ガスチャンバ内に配置される平面電極とを備え、前記第1の電極および前記第2の電極が入射粒子による電子の発生のための変換ギャップを画定し、前記第2の電極および前記第3の電極がアバランシェプロセスでの電子の増倍のための増幅ギャップを画定する、アバランシェ粒子検出器に関する。第2の電極には穴が穿孔され、第3の電極が前述したような本発明の特徴の一部または全部を有する読み出し電極アセンブリを備える。

40

【0036】

第2の穿孔された電極および第3の読み出し電極アセンブリは、増幅ギャップ内で高電場を発生するための分極手段に接続されてもよい。電子は、ギャップ内で発生されて、読み出し電極アセンブリへと向かい、このアセンブリにおいて、読み出されて解析されるべき最終的な電子電荷を生み出す。本発明に係る読み出し電極アセンブリは、増幅ギャップから読み出しパッドへの効果的な信号伝搬を可能にすると同時に、検出器性能を損なう場合があるスパークおよび放電の有害な効果を抑制する。結果として、増幅場が高ければ高いほど、高い計数率を得ることができ、それにより、利得係数およびトラッキング効率がかかり高い検出器がもたらされる。

【0037】

50

別の実施形態によれば、本発明は、ガスチャンバと、第1および第2の電極であって、この順序で前記ガスチャンバ内に配置される第1および第2の電極とを備えるアバランシェ粒子検出器に関する。前記第1の電極は、その両側の表面に第1および第2の金属コーティング層を有する絶縁体と、前記電極を貫通して延びる複数の穴とを備える。検出器は、前記コーティング層に結合され、第1のコーティング層を第1の電位へと引き上げるとともに、第2のコーティング層を前記第1の電位よりも高い第2の電位へと引き上げるようになっている分極手段を更に備える。前記第2の電極は、先に開示された特徴の一部または全部を有する本発明に係る読み出し電極アセンブリを備える。

【0038】

前記別の実施形態によれば、両側に金属コーティングを有する箔を貫通して延びる複数の穴で電子増倍が行われてもよい。発生される電子は、その後、増幅プロセスに関与しない読み出し電極アセンブリへと向かってよい。また、第2の検出器構造によれば、本発明に係る読み出し電極アセンブリは、増幅ギャップから読み出しパッドへの効率的な電荷輸送を可能にすると同時に、検出器をスパークおよび放電から保護する。

【0039】

本発明に係る読み出し電極アセンブリの特徴および多くの利点は、下記の添付図面の説明から最も良く理解できる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る読み出し電極アセンブリの概略側面図である。

【図2】本発明の第2の実施形態に係る読み出し電極アセンブリの概略側面図である。

【図3】マイクロメガス検出器における本発明に係る読み出し電極アセンブリの動作を示す概略側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0041】

図1は、本発明に係る読み出し電極アセンブリ10の一部の側面図を示している。読み出しパッド12が誘電体バルク基板14の表面上に形成される。図1に示される実施形態では、バルク基板14は難燃剤4(FR4)、エポキシ樹脂接着ガラス布から形成され、一方、読み出しパッド12は銅から形成される。しかしながら、読み出しパッド12およびバルク基板14のために他の材料が使用されてもよい。バルク基板14中には金属製の相互コネクタ16が埋め込まれ、該相互コネクタは、読み出しパッド12をバルク基板14の反対側の面に形成されるコネクタプレート18に対して接続する。また、コネクタプレート18は、読み出しパッド12を所定の電位へと引き上げるための分極手段(図示せず)と、読み出しパッド12に集められる電荷を引き出すようになっている読み出し手段(図示せず)とに接続されてもよい。以下に、図3を参照して、読み出し電極アセンブリ10の動作について更に詳しく説明する。

【0042】

図1に示される実施形態において、読み出しパッド12は、約2mm×2mmの表面積と約70μmの厚さを伴う矩形のものであり、隣り合うパッド同士が約100μmの間隔を隔ててバルク基板14の表面上に一定の間隔で分布される。しかしながら、マイクロパターンガス検出器の顕著な利点のうちの一つは、検出器構造および動作状態に応じて、二次元ストリップ、六角形パッド、放射状セグメント、および、他の読み出し形状を含む多種多様な異なる形状および形態で読み出しパッドを形成できるという点である。読み出し形状の例は、参照することにより本願に組み入れられるA. Bressan et al. の "Two-Dimensional Readout of GEM Detectors" (Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 425 (1999) 254-261) に記載されている。

【0043】

読み出し形状に応じて、読み出しパッド12は、読み出し手段に個別に接続されてもよ

10

20

30

40

50

く、あるいは、集合的な読み出しのために隣り合うパッドに結合されてもよい。個々の読み出しは、特に高い空間分解能を可能にするため好ましいが、超高密度電子機器を必要とする。

【0044】

図1に描かれる読み出し電極アセンブリ10では、約200 μm の厚さを有する誘電体カバー層20がバルク基板14上に形成されて読み出しパッド12の上側および読み出しパッド12間で延びる。誘電体カバー層20は、読み出し電極アセンブリ10と対向電極22との間の増幅ギャップから読み出しパッド12をシールドする役目を果たし、対向電極22は、読み出し電極アセンブリと所定の間隔Dを隔てて平行に設けられて、同様に分極手段(図示せず)に接続される。図1に示される実施形態において、誘電体カバー層20は、デュボンから市販される材料であるPyralux(登録商標)1025により形成されるが、他の誘電体材料が使用されてもよい。

10

【0045】

複数のレジスタパッド24が、読み出しパッド12の上面と読み出し電極アセンブリ10の上面26との間で延びて読み出しパッド12および上面26の両方と接触するように誘電体カバー層20に形成される。図1に示される実施形態において、レジスタパッド24は、約100 μm の直径と約150 μm の高さを有する円柱形状を成し、隣り合うパッド同士が約100 μm の距離間隔をもって規則正しい間隔で読み出しパッド12上に配置される。しかしながら、本発明は、一定の間隔で形成される円柱状のレジスタパッド24に限定されない。実際に、レジスタパッド24は、検出器構造およびレイアウトに応じて、円柱や立方体などの多種多様な異なる形状および形態で形成されてもよい。本発明に係る読み出し電極アセンブリの利点は、従来のリソグラフィによってレジスタパッド24を誘電体カバー層20に形成でき、それにより、依然として比較的低いコストで高い精度をもって大量生産を可能にしつつ、大きい自由度が得られるという点である。

20

【0046】

図1に示されるように、各レジスタパッド24は、読み出しパッド12の上面と直接に接触する下層抵抗材料28と、下層抵抗材料28上に形成されてそこから上面26へと延びる上側金属層30とから成る。図1に示される実施形態において、レジスタパッド24の上側金属層30は約15 μm の厚さで銅から形成され、一方、下層28は約100 μm の厚さで高抵抗ペーストから形成されるが、他の量の他の材料が使用されてもよい。レジスタパッド24の材料および寸法は、読み出し電極アセンブリ10の上面26に対して垂直な方向Zに沿う電荷輸送のためのレジスタパッド24の全抵抗が10オーム~1000オームの範囲内となるように調整される。抵抗率は、検出器上面26よりも上側の増幅ギャップで発生される電荷を読み出しおよびその後の解析のために読み出しパッド12へ効率的に輸送できるように選択される。上側金属層30は、下層の抵抗材料28をスパークおよび放電から保護し、そのため、高い増幅場および大きいイベントレートを受ける検出器で本発明に係る読み出し電極アセンブリを使用できるようにする。

30

【0047】

本発明に係る読み出し電極アセンブリ10は、検出器のデッドタイムを減少させることにより検出器の効率を高めるといふ更なる利点を有する。スパークまたは放電を受ける読み出しパッドは、それがその後のイベントを記録できる前に特定の回復時間を必要とする。この所謂“デッドタイム”は、検出レートを減少させ、そのため、検出器性能を低下させる。高い空間分解能を有するMPGD検出器は、それらの高い増幅場に起因して、特に放電を起こし易い。しかしながら、スパークは、通常は非常に局在化され、図1の電極10の場合には一般にレジスタパッド24のうちの一つだけに当たり、一方、入射粒子と関連する電子カスケードは、一般に、より広い領域にわたって、例えば一つの読み出しパッド12の上側に形成される全てのレジスタパッド24に対応する領域にわたって非局在化される。そのため、スパークによって堆積される電荷は、単一のレジスタパッド24を介して読み出しパッド12へ移送されて、前記一つのレジスタパッド24の電気抵抗を受け、一方、アバランシェで発生される電荷は、複数のレジスタパッド24を同時に介して読

40

50

み出しパッド12へ輸送され、それにより、非常に小さな電気抵抗を受ける。結果として、スパークに対する検出器装置の感度がかなり低下される一方で、イベントに対する高い感度が維持され、それにより、検出器のデッドタイムが減少される。

【0048】

ここで、図2を参照して、本発明に係る読み出し電極アセンブリ10の別の実施形態について説明する。図2に描かれる読み出し電極アセンブリ10は、構造およびレイアウトの両方が、図1に関連して前述した読み出し電極アセンブリにかなり類似しており、対応する要素が同じ参照符号を共有する。特に、読み出しパッド12が誘電体バルク基板14の表面上に形成され、また、誘電体カバー層20が読み出しパッド12上および読み出しパッド12間に設けられる。読み出しパッド12の寸法および形態は、図1に関連して前述した寸法および形態に対応する。前述したように、下層抵抗材料28と下層28の上側で延びる上側金属層30とをそれぞれが備える複数のレジスタパッド24は、読み出しパッド12よりも上側の誘電体カバー層20に形成される。

10

【0049】

しかしながら、図1の先の実施形態と対照的に、レジスタパッド24は、読み出しパッド上に直接に形成されず、読み出しパッド12の真上で延びる領域に限定されない。むしろ、レジスタパッド24は、検出器上面26と誘電体カバー層20中に埋め込まれる電荷拡散パッド32との間で延びるが、読み出しパッド12から分離される。電荷拡散パッド32は、バルク基板14を貫通し且つ誘電体カバー層20を部分的に貫通して延びる相互コネクタ34を介してバルク基板14の反対側に形成されるコネクタプレート36に接続される。コネクタプレート36は、電荷拡散パッド32を所定の電位へと引き上げるようになっている分極手段に接続されてもよい。

20

【0050】

図2の実施形態に係る読み出し電極アセンブリにおいて、電荷拡散パッド32は、約70 μm の誘電体カバー層20によって読み出しパッド12から離間されるが、読み出しパッドに対して容量結合される。そのため、レジスタパッド24上に蓄積される電荷は、電荷拡散パッド32へ移送されて、下側の1または複数の読み出しパッド12上に対応する電荷を誘発し、その後、相互コネクタ16およびコネクタプレート18を介して読み出しパッドを読み出して解析することができる。先と同様に、この読み出し電極アセンブリは、図1に示される別の実施形態に関連して前述したように、検出されるべきイベントのための高い感度を維持しつつ、スパークに対する感度を低下させてロバスト性を高めるという利点を有する。

30

【0051】

また、電荷拡散パッド32は、電荷を隣接する読み出しパッドに分配することができ、それにより、検出器装置の空間分解能を高めることができる。これは、図1の先の実施形態の場合と同様に、入射粒子から発生して複数のレジスタパッド24により集められる電荷がその複数のレジスタパッド24の真下の領域に位置する読み出しパッド12だけをトリガしないからである。代わりに、電荷は、読み出し電極アセンブリ10の表面26と平行な方向で電荷拡散パッド32を介して拡散され、隣接する読み出しパッドにも対応する電荷を誘発する。これらの隣り合う読み出しパッドで収集される信号の相対的な強度は、カスケードの正確な位置を推測できるようにする。例えば、所定の読み出しパッド12の直ぐ右側の読み出しパッドが所定の読み出しパッド12の直ぐ左側の読み出しパッドよりもかなり強い信号を記録する場合には、イベントが読み出し電極アセンブリ12の右側縁部の上側から生じたと推測できる。読み出しパッドの注意深い較正および適切な補間スキームは、個々の読み出しパッドのサイズにもはや限定されないがかなり高くなり得る空間分解能で高い精度をもってイベントを局在化することができる。ひと目で驚くべきところだが、電荷拡散パッド32による広い領域にわたる電荷の分配は、実際に、個々の読み出しパッド12のサイズおよび間隔によって規定される空間分解能に限定されるバイナリ検出の代わりに補間された連続する空間的検出を可能にすることにより、空間分解能が高い検出装置をもたらす。電荷拡散パッド32の抵抗を横方向および縦方向で調整することに

40

50

より、電荷拡散の度合いを注意深く制御でき、それにより、信号感度と空間分解能との間で適切な歩み寄りが可能になる。

【0052】

図2に示される実施形態では、約15 μ mの厚さを有する単一の電荷拡散パッド32が全ての読み出しパッド12を覆い、約100 μ mの表面直径および約100 μ m~150 μ mの厚さを有する円柱状のレジスタパッド24が電荷拡散パッド32上に均一に分布される。任意の2つの隣り合うレジスタパッド24が50 μ m~75 μ mの誘電体カバー層20によって離間される。しかしながら、検出器の構造およびレイアウトに応じて、電荷拡散パッド32およびレジスタパッド24の両方に関して異なる形態および形状が選択されてもよい。特に、単一の電荷拡散パッド32の代わりに、複数の別個の電荷拡散パッドが使用されてもよく、それぞれの電荷拡散パッドは、複数の読み出しパッドに対応する領域を覆うとともに、電荷拡散パッドから検出器上面26へと延びる複数のレジスタパッド24と直接に接触する。

10

【0053】

図2に示される実施形態において、電荷拡散パッド32は、デュボン社からカプトン(登録商標)(Kapton 100XC10E7)の名で市販される高抵抗ポリイミドから形成される。しかしながら、他の材料が同様に使用されてもよい。図2に描かれる電荷拡散パッド32は不均一であり、そのため、読み出し電極アセンブリ10の上面26に対して垂直な方向Zに沿う電荷輸送のための抵抗は、読み出し電極アセンブリ10の上面26と平行な方向に沿う電荷輸送のための抵抗とは異なっている。抵抗をZ方向で調整するとともに電荷拡散パッド32の表面抵抗率を調整することにより、隣り合う読み出しパッド間の結合レベルが注意深く制御されてもよい。

20

【0054】

高さがa、長さがl、および、幅がwの均一材料の矩形ブロックの表面抵抗率またはシート抵抗率 R_s は、一般に、 ρ/h によって与えられる。ここで、 ρ は材料の比抵抗である。基板の長さlに沿う電荷輸送のための全抵抗Rは、表面抵抗率 R_s に関して、 $R = R_s \cdot l/w = \rho/h \cdot l/w$ として与えられる。本発明に係る読み出し電極アセンブリでは、電荷拡散パッドが二次曲面領域を有する。そのため、 $l = w$ であり、読み出し電極アセンブリの上面26と平行な方向での電荷輸送のための抵抗Rはシート抵抗率 R_s に等しく、すなわち、 $R = R_s$ である。表面抵抗率を全抵抗からより良く区別するため、表面抵抗率は、通常、単位面積当たりのオームを単位として測定される。

30

【0055】

特に、下層抵抗28および電荷拡散パッド32の材料および寸法は、上面26に対して垂直な方向Zでの電荷輸送のためのレジスタパッド24および電荷拡散パッド32の全抵抗が100オーム~1000オームの範囲内となる一方で、読み出し電極アセンブリ10の上面26と平行な方向での電荷輸送のための電荷拡散パッドの表面抵抗率 R_s が単位面積当たり1~3メガオームの範囲内となるように選択されてもよい。

【0056】

ここで、公報“MICROMEGAS: A High-Granularity Position-Sensitive Gaseous Detector for High Particle-Flux Environment”(Y. Giomataris, P. Rebourgeard, J. P. Robert, G. Charpak; Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 376(1996), 29頁~35頁)および図3の基礎となる関連する米国特許6,133,575から知られるマイクロメガス検出器を一例として、本発明に係る読み出し電極アセンブリの動作について説明する。

40

【0057】

図3に描かれるマイクロメガス検出器38は、適切なガス、例えば混合物、または、アルゴンおよびメタンを循環させるための手段が設けられるガスチャンバ40を備える。検出器は第1、第2、および、第3の平面電極42, 22, 10を更に備え、これらの電極

50

は、この順序でガスチャンバ40内に配置されるとともに、互いに平行に維持される。第1の電極42および第2の電極22は、電離入射粒子がイオン-電子対を形成する低電場変換ギャップCを画定し、一方、第2の電極22および第3の電極10は、発生される電子が流れ着くとともに読み出されて解析されるべき最後の電子電荷を生み出す隣接する高電場増幅ギャップAを画定する。

【0058】

第3の電極10は、図1に関連して前述した本発明に係る読み出し電子アセンブリであり、一般に $25\ \mu\text{m} \sim 200\ \mu\text{m}$ の範囲の距離Dだけ第2の電極22から離間される(図3には一定の倍率で描かれていない)。第2の電極22と第1の電極42との間の距離は、更に大きくすることができ、約3mmに相当してもよい。第2の電極22は、検出器の陰極としての役目を果たし、規則的な間隔Pで形成される小径Tの複数の穴44を有する導電プレートから成る。そのため、陰極22は、小さいサイズのその穴44に起因して時としてマイクログリッドまたはマイクロメッシュと呼ばれるグリッドを形成する。第1の電極42は、同様に、電極22の構造に類似する構造を有するグリッドから成ってもよい。

10

【0059】

マイクロメガス検出器は、第1の電極42を第1の電位HV1へと引き上げることができ分極手段46と、対向電極22を第1の電位HV1よりも高い第2の電位HV2へと引き上げることができ分極手段48と、読み出し電極アセンブリ10を第2の電位HV2よりも更に高い第3の電位HV3へと引き上げるための分極手段50とを更に備える。電圧HV1, HV2, HV3は、電極22, 10間の増幅ギャップで発生される電場が電極42, 22間の変換ギャップで発生される電場よりもかなり強くなるように、例えば10倍強くなるように選択される。例えば、変換ギャップで発生される電場が $1\ \text{kV}/\text{cm}$ に相当してもよく、一方、増幅ギャップで発生される電場が $50\ \text{kV}/\text{cm}$ に選択されてもよい。

20

【0060】

電離粒子がガスチャンバ40を通過すると、電離粒子は、第1の電極42と第2の電極22との間の変換ギャップC内に位置されるガスを電離して、一般にそのギャップ内に約10個の一次電子を形成する。図3には、入射電離粒子の経路が参照符号52によって示されており、一方、変換ギャップC内で発生される一次電子のうちの1つの経路が参照符号54によって示されている。一次電子は、陰極22の穴44を通過した後、増幅ギャップA内へと移動して、読み出し電極アセンブリ10へと向かう。陰極22の横断は、増幅ギャップAに形成される電場と変換ギャップCに形成される電場との間の高い比率によって促進される。一次電子は、陰極22を通過した後、増幅ギャップAに存在する強い電場によって加速され、増幅ギャップA内に存在するガス分子と衝突するときに二次電子を生み出す。その後、各二次電子は、それ自体、同じ衝突電離プロセスによって更なる電子を生み出して、それにより、増幅ギャップA内で電子のアバランシェを発生させてもよい。一次電子の経路54に沿う一次電子と関連するアバランシェが参照符号56により示されている。

30

【0061】

衝突電離プロセスによって形成される正イオンは陰極22の方へ引き寄せられ、一方、電子は、読み出し電極アセンブリ10のレジスタパッド24に集められる。前述したように、レジスタパッド24に集められる電荷は、その後、読み出しパッド12へ移送された後、入射粒子52の属性を推測ために読み出されて解析される。読み出しパッド12に接続される読み出し手段は、読み出しパッド12によって収集される電気信号を増幅する高速増幅器58、および、高速増幅器58によって供給される信号を処理するための処理手段60の両方を備える。

40

【0062】

本発明に係るレジスタパッド24を有する誘電体カバー層20によるスパークおよび放電からの読み出し電極アセンブリ10の防御は、陽極10と陰極22との間において狭い

50

増幅ギャップおよび強い電場を可能にし、それにより、マイクロメガス検出器の高い空間分解能および高い増幅レートを確保する。

【 0 0 6 3 】

しかしながら、本発明に係る読み出し電極アセンブリ 1 0 は、マイクロメガス検出器に限定されず、様々な他の粒子検出器、特にマイクロパターンガス検出器に同様に適用されてもよい。例えば、図 1 および図 2 に関連して前述した読み出し電極アセンブリ 1 0 は、例えば米国特許 6, 0 1 1, 2 6 5 に詳しく記載されるようなガス電子増倍検出器 (G E M) の陽極としての役目を同様に果たしてもよく、先と同様に、ロバスト性が高く、放電に対する感度が低いと同時に、高い検出効率を与える検出器をもたらす。

【 0 0 6 4 】

前述した実施形態および添付図面は、本発明に係る読み出し電極アセンブリおよび粒子検出器を単に例示する役目を果たすにすぎず、何らの限定をも示唆するように解釈されるべきではない。特許の範囲は、以下の請求項によってのみ決定される。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 5 】

1 0	読み出し電極アセンブリ	
1 2	読み出しパッド	
1 4	バルブ基板	
1 6	相互コネクタ	
1 8	コネクタプレート	20
2 0	誘電体カバー層	
2 2	対向電極	
2 4	レジスタパッド	
2 6	誘電体カバー層 2 0 / 読み出し電極アセンブリ 1 0 の上面	
2 8	下層抵抗材料	
3 0	上側金属層	
3 2	電荷拡散パッド	
3 4	電荷拡散パッド 3 2 の相互コネクタ	
3 6	電荷拡散パッド 3 2 のコネクタプレート	
3 8	マイクロメガス検出器	30
4 0	ガスチャンバ	
4 2	第 1 の電極	
4 4	対向電極 2 2 の穴	
4 6	第 1 の電極 4 2 のための分極手段	
4 8	対向電極 2 2 のための分極手段	
5 0	読み出し電極アセンブリ 1 0 のための分極手段	
5 2	入射粒子の経路	
5 4	一次電子の経路	
5 6	アバランシェ	
5 8	増幅器	40
6 0	処理手段	

【 図 1 】

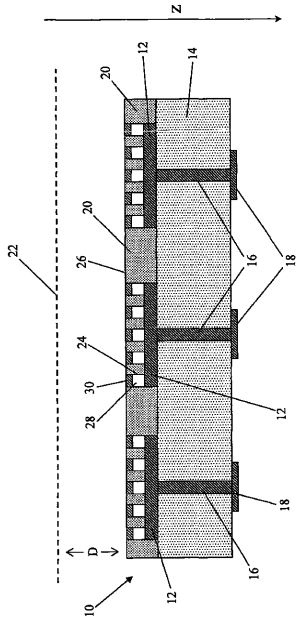


Fig. 1

【 図 2 】

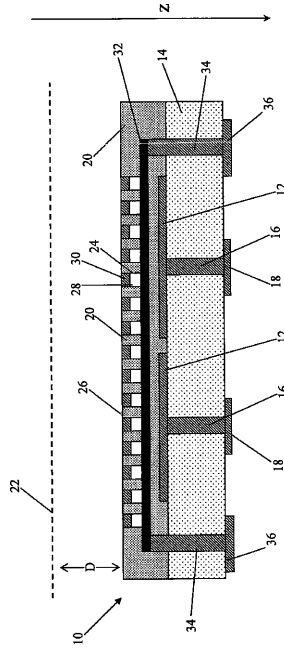


Fig. 2

【 図 3 】

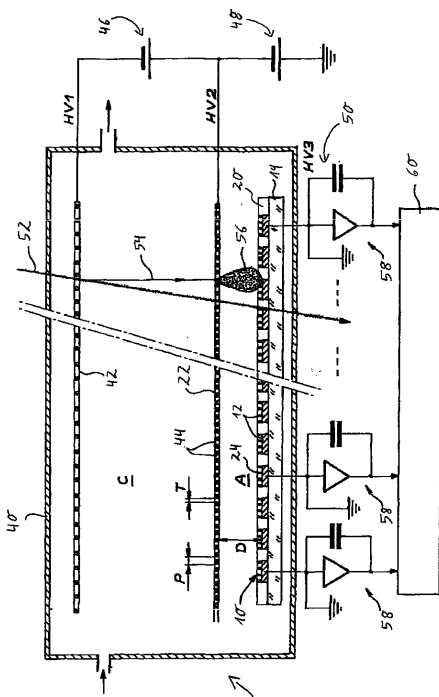


Fig. 3

フロントページの続き

- (74)代理人 100103263
弁理士 川崎 康
- (74)代理人 100107582
弁理士 関根 毅
- (74)代理人 100118843
弁理士 赤岡 明
- (72)発明者 ルイ、ド、オリベイラ
フランス国アロントン、ロ、ド、シャランド、98

審査官 林 靖

- (56)参考文献 特表2002-541488(JP,A)
特表平11-513530(JP,A)
特表2007-520865(JP,A)
特表2004-511785(JP,A)
特表2001-508935(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01T 1/00-7/12