

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5082096号
(P5082096)

(45) 発行日 平成24年11月28日(2012.11.28)

(24) 登録日 平成24年9月14日(2012.9.14)

(51) Int. Cl. F I
G O I T 1/18 (2006.01) G O I T 1/18 D

請求項の数 3 (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-15255 (P2007-15255) (22) 出願日 平成19年1月25日(2007.1.25) (65) 公開番号 特開2008-180647 (P2008-180647A) (43) 公開日 平成20年8月7日(2008.8.7) 審査請求日 平成21年10月2日(2009.10.2)</p>	<p>(73) 特許権者 504150450 国立大学法人神戸大学 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1 (74) 代理人 100123504 弁理士 小倉 啓七 (72) 発明者 越智 敦彦 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1 国立大 学法人神戸大学内 審査官 村川 雄一</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ピクセル型電極構造のガス放射線検出器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

両面基板の裏面に形成される陽極と、前記陽極に植設されると共に上端面が前記両面基板の表面に露出する円柱状陽極電極と、前記円柱状陽極電極の上端面の回りに穴が形成される陰極電極から構成されるピクセル型電極構造のガス放射線検出器において、

前記両面基板の表面上に所定間隔を設けて平行に配設されるメッシュ電極を備え、

上記メッシュ電極は前記円柱状陽極電極の上部に配設され、

上記メッシュ電極に前記陰極電極に対して所定の負電圧が印加されることにより、前記円柱状陽極電極の周囲に3次的に広がりを持つ高電場のガス増幅領域が形成され、上記メッシュ電極を設けない場合と比較してガス増幅率を向上させたことを特徴とするピクセル型電極構造のガス放射線検出器。

10

【請求項2】

前記メッシュ電極は、陽極電極表面と平行に50~1000μmの間隔で配設され、かつ、前記メッシュ電極は直径もしくは一辺10~180μm相当の孔が20~200μmの間隔で形成されていることを特徴とする請求項1記載のピクセル型電極構造のガス放射線検出器。

【請求項3】

前記円柱状陽極電極は、直径40~100μmで高さ50~150μmの形状に形成され、250~400μmの間隔で配置され、

前記陰極電極は、一定間隔で直径200~300μmの孔が形成された、

20

請求項2記載のピクセル型電極構造のガス放射線検出器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ピクセル型電極構造を有するガス放射線検出器の増幅度及び動作安定性向上に関するものである。

【背景技術】

【0002】

現在計画中の高エネルギー物理実験や、物質構造解析のために稼動・計画されているビーム実験（放射光や中性子ビームなど）における共通の方向性として、新しい現象の発見や精度の向上を目指し、より強いビームを用いる高輝度化が挙げられる。

10

一方で、これら大強度の粒子線を有効に用いて結果を得るためには、対応する粒子線検出器が必要である。ワイヤーチェンバーなどのガス検出器は、個々の入射粒子に対する位置分解能、時間分解能に優れていることから、これまで粒子線検出器として広く使われてきた。しかし、ワイヤーを讀出しに用いたものでは概ね 10^4 counts/mm² 以上の高頻度入射粒子には対応できていない。

【0003】

この限界を超えるガス検出器として、集積回路（IC）や電子回路基盤作製技術に支えられた微細加工技術を用いた、マイクロパターンガス検出器（MPGD）が研究・開発されるようになった。かかるマイクロパターンガス検出器の代表的なものとしては、ストリップ型電極による検出器MSGC（Micro Strip Gas Chamber；マイクロストリップガスチャンバー）や、CERN（欧州素粒子研究機構）にて開発され近年量産段階に入りつつあるGEM（Gas Electron Multiplier）などが挙げられる（例えば、特許文献1，特許文献2を参照。）。これらは数百μm以下の非常に高い検出位置分解能を持ち、粒子線の入射頻度許容量がワイヤー式のガス検出器に比べて数百倍以上あることが特徴であることから、例えば高輝度X線を用いた物質構造解析などに用いられ一定の成果を上げている。

20

【0004】

一方で、従来のMPGDは、一般に電極が絶縁体に接する部分が大きいため、単体ではワイヤーチェンバー並みの信号増幅率（ 10^5 以上）が得にくいこと、高めの増幅率においては、放電による電極破壊が生じやすいことが欠点として挙げられていた。これらの弱点を改良するため、発明者はこれまでにストリップ型電極による検出器（MSGC）の電極構造を大幅に改良したμ-PICT（Micro Pixel Chamber；マイクロピクセルチェンバー）を開発した（特許文献3）。これは高いガス増幅率を得ながら、放電現象を可能な限り起こさない電場構造を、電極構造の工夫により実現した検出器である。μ-PICTについては、高い位置分解能の他に、ガス増幅器としては極めて不感時間が短いことが利点として挙げられ、高輝度の粒子線に対する検出器としても大きな期待が寄せられている。

30

【0005】

また、現在、μ-PICTは、X線を用いたテストでは毎秒1平方mm当たり 10^7 カウント以上の輝度の下でも動作に支障がないことが確かめられ、製造上の良品に関しては、少なくとも数ヶ月程度の連続動作に耐えるものができている。

40

しかし実用に向けた開発では、十分な増幅率と動作安定性の確保のために、GEM（Gas Electron Multiplier）など他の検出器と組み合わせざるを得ないのが現状である。

【0006】

【特許文献1】特開平10-300856号公報

【特許文献2】特開2000-214264号公報

【特許文献3】特開2002-6047号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

50

しかしながら、上述したMSGC及び μ -PICの実用化にあたっての最大の難問の一つに、電極間の放電による電極の破壊が挙げられる。上記したMSGCでは、 $50\mu\text{m}$ 以下の間隔の電極間に電圧をかけるため、高いガス増幅率を得るために高い電圧をかけると、電極間に放電による大電流が流れ、放電による熱で電極ストリップが切断されたり、その破片などが表面絶縁層に付着するなどして、電極間を導通させる障害が頻繁に起こっていた。

特に、 μ -PICについては、MSGCと比較して電極間の放電がかなり抑えられるようになったものの、電子などの粒子線飛跡検出に必要である 10^4 以上のガス増幅率においては、やはり放電による大電流における電極破壊が問題となっていた。

【0008】

上記問題点に鑑み、本発明は、マイクロメッシュを用いて電場構造を三次元的に構成し、上述した μ -PICと比べてガス増幅の行われる領域を空間的に広げることにより、高いガス増幅率を持ち（電子などの粒子線飛跡検出に必要である 10^4 以上のガス増幅率においては、放電による大電流における電極破壊が生じない）、電極部の信頼性を向上させることができるガス放射線検出器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】

【0009】

上記目的を達成するため、本発明のガス放射線検出器は、両面基板の裏面に形成される陽極と、陽極に植設されると共に上端面が両面基板の表面に露出する円柱状陽極電極と、円柱状陽極電極の上端面の回りに穴が形成される陰極電極から構成されるピクセル型電極構造のガス放射線検出器において、両面基板の表面上に両面基板の表面上に所定間隔を設けて平行に配設されるメッシュ電極を備え、上記マイクロメッシュ電極は円柱状陽極電極の上部に配設され、上記マイクロメッシュ電極に陰極電極に対して所定の負電圧が印加されることにより、円柱状陽極電極の周囲に3次元的に広がりを持つ高電場のガス増幅領域が形成され、上記マイクロメッシュ電極を設けない場合と比較してガス増幅率を向上させたことを特徴とするものである。

【0010】

メッシュ電極をピクセル型電極上部に配することで、円柱状陽極の周囲に3次元的に広がりを持った高電場のガス増幅領域が形成され、メッシュ電極とピクセルの構造の相乗効果で増幅率が格段に向上するのである。

ここで、メッシュ電極の材料としては、ニッケルなどの電極材料を使用できる。

また、メッシュ電極が両面基板の表面上に所定間隔を設けて平行に配設されるとは、メッシュ電極の孔の部分が、円柱状陽極電極の真上に来る状態も、真上に来ない状態もどちらも許容する意味で用いている。

また、メッシュ電極と両面基板の間の所定間隔は、メッシュの粗さや、メッシュ電極に印加する電圧値や、ドリフトラインとの電圧差のパラメータによって、最適な間隔が決定されるものである。

【0011】

より具体的には、メッシュ電極は、陽極電極表面と平行に $50\sim 1000\mu\text{m}$ の間隔で配設され、かつ、メッシュ電極は直径もしくは一辺 $10\sim 180\mu\text{m}$ 相当の孔が $20\sim 200\mu\text{m}$ の間隔で形成されていることが好ましい。

メッシュ電極と陽極電極表面との間隔が、 $50\mu\text{m}$ 未満では、メッシュ電極の存在により、電子が陽極電極に到達しにくくなり、増幅度が上がらなくなる。一方、メッシュ電極と陽極電極表面との間隔が、 $1000\mu\text{m}$ より大きくなると、メッシュ電極の影響が小さくなり、円柱状陽極の周囲に3次元的に広がりを持った高電場のガス増幅領域が形成されにくくなる。

【0012】

また、メッシュ電極の孔の直径もしくは一辺が $10\mu\text{m}$ 未満であると、孔の開口率が著しく低下し、電子透過度が悪くなる。一方、メッシュ電極の孔の直径もしくは一辺はメッ

10

20

30

40

50

シユ電極の孔の間隔より大きくすることはできない。

メッシュ電極の孔が、 $20 \sim 200 \mu\text{m}$ の間隔で形成されているのは、陽極の間隔が $400 \mu\text{m}$ であり、それよりも狭い間隔で設けられる必要があるからである。

【0013】

具体的には、円柱状陽極電極は、 $350 \sim 400 \mu\text{m}$ の間隔で配置され、陰極電極は一定間隔で直径 $200 \sim 300 \mu\text{m}$ の孔が形成され、円柱状陽極電極は直径 $40 \sim 100 \mu\text{m}$ で高さ $50 \sim 150 \mu\text{m}$ の形状に形成され、メッシュ電極は陽極電極表面と平行に $50 \sim 1000 \mu\text{m}$ の間隔で配設され、かつ、メッシュ電極は直径もしくは一辺 $10 \sim 180 \mu\text{m}$ 相当の孔が $20 \sim 200 \mu\text{m}$ の間隔で形成されていることが好適である。

【発明の効果】

10

【0014】

本発明に係るガス放射線検出器は、メッシュ電極を備えることにより、以下のような効果を奏することができる。

(A) $\mu\text{-PIC}$ よりも利得が大きく、かつ電極部の信頼性を向上させることができる。

(B) 陽極としてピクセルを用い、メッシュ電極により三次元的に電場を構成するため、高電場が作り易く増幅率が高い。

(C) 陰極は、陽極の周りを円状に囲み、メッシュ電極が陽極上方に配置されているため、陰極の端部分やメッシュ電極の電場は陽極に比べて遙に小さく、陰極やメッシュ電極から電子が飛び出し難く、放電が起こり難い。

(D) メッシュ電極を備えたことにより、陽極から陰極にかけて、距離に応じて急速に電場が弱まるので、放電への進展が極めて起こり難い。

20

(E) メッシュ電極を付け加えたことにより、陽極付近でのガス増幅に伴い生じる陽イオンのガステンパーへの拡散が抑制され、高頻度の粒子線入射に対しても増幅率の低下を招かない。

この他、 $\mu\text{-PIC}$ と同様の利点となるが、基本的にはプリント回路基板作製の技術を用いていることから大面積のものが安価に作れ、また、放電を起こした場合でも、致命的な損傷を受け難い(ピクセル単位の局所的破壊で収まる)。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明のガス放射線検出器の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明していく。なお、本発明は下記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

30

【0016】

図1は、本発明のガス放射線検出器の概略構成斜視図である。

本発明のガス放射線検出器は、

- 1) 両面基板11の裏面に形成される陽極12と、
 - 2) 陽極12に植設されると共に上端面が両面基板11の表面に露出する円柱状陽極電極13と、
 - 3) 円柱状陽極電極13の上端面の回りに穴が形成される陰極電極14と、
 - 4) 両面基板11の表面上に所定間隔を設けて平行に配設されるメッシュ電極15と、
- から構成される。図1において、両面基板11の下方は、陽極12の配置を見やすくするために、別体のように描かれているが一体の両面基板11から構成されている。両面基板11の材料として、例えば、ポリイミド薄膜を用いる。

40

【0017】

また、図示しないが、メッシュ電極15の上方に所定間隔を隔ててドリフト電極が配置されており、アルゴンとエタン等からなるガスが流通するチャンパーが形成されている。

【0018】

図1に示すように、本発明のガス放射線検出器は、両面基板11の表面に陰極電極14、裏面に陽極12が所定間隔で配置してあり、陰極電極14には、一定間隔に穴16が空いている。この穴16の中心には背面の陽極12と接続されている円柱状陽極電極13が

50

ある。

この円柱状陽極電極 1 3 は円柱状の形状をしており、ピクセル型電極という。

【実施例 1】

【0019】

次に、図 1 を用いてサイズスケールの具体的な実施形態を説明する。図 1 において、陽極 1 2 は幅 300 μm である。この陽極 1 2 の幅は 200 ~ 400 μm の範囲であればよい。また、陽極 1 2 上に植設される円柱状陽極電極 1 3 の直径 d_1 は約 50 μm である。この円柱状陽極電極 1 3 の直径 d_1 は 40 ~ 100 μm の範囲であればよい。両面基板 1 1 の厚さ d_2 は約 100 μm である。

【0020】

図 1 に示すように、本発明のガス放射線検出器は、両面基板 1 1 の表面に陰極電極 1 4、裏面に陽極 1 2 の間隔 d_3 が 300 μm 間隔で配置してあり、陰極電極 1 4 には、一定間隔に穴 1 6 が空いている。この穴 1 6 の中心には背面の陽極 1 2 と接続されている円柱状陽極電極 1 3 からなるピクセル型電極がある。陰極電極 1 4 上の穴 1 6 の直径は約 250 μm である。陰極電極 1 4 上の穴 1 6 の直径は 200 ~ 300 μm であってもよい。

【0021】

また、上述したように、陽極電極 1 3 のピクセルは、ここでは、直径約 50 μm であるが、直径 40 ~ 100 μm の範囲であればよい。陽極電極 1 3 の高さ d_4 は約 100 μm (両面基板 1 1 の厚さ相当) の円柱状の形状をしている。なお、陽極電極 1 3 の高さはこれに限定されるものではなく、両面基板 1 1 の高さに応じて 50 ~ 150 μm の範囲で適宜設定することができる。

【0022】

また、メッシュ電極 1 5 は、ここでは陽極電極から 300 μm に配置しているが、実際の距離は 50 ~ 1000 μm であってもよい。また、メッシュの構造は、ここでは 500 穴 / インチとなっているが、穴の間隔は 20 ~ 200 μm であってもよい。

【0023】

実際の放射線検出において、この両面基板 1 1 は、ピクセルチャンバー、つまり、希ガスをベースとしたガス雰囲気中に置かれ、両面基板 1 1 に並行で適当な位置 (実際は数 mm ~ 数 cm) にドリフト電極を配置されることにより、 $\mu\text{-PIC}$ と同様な放射線の画像計測ができる。

【0024】

図 2 は本発明のガス放射線検出器の動作原理を示す図である。

入射粒子線によりガス中で電離された電子 e^- は、ドリフト電場により検出器表面方向の円柱状陽極電極 1 3 のピクセル型電極へドリフトされる。円柱状陽極電極 (図 2 中、*anode*) の近傍では、陽極・陰極間 (例えば 480 V) 及び陽極・メッシュ電極間の電圧 (例えば、550 V) と点状の電極形状により作られる、三次元的な広がりを持った強力な電場により、電子はガス雪崩増幅を起こす。この結果生じた + イオンは、周囲の陰極電極 (図 2 中、*cathode*) 及びメッシュ電極 (図 2 中、*mesh*) へ速やかにドリフトしていく。

【0025】

この過程において、円柱状陽極電極 (*anode*) と陰極電極 (*cathode*) の両方に、電気回路上で観測可能な電荷が生じることになるので、陽極・陰極でこの増幅現象が起きたかを観測することで、入射粒子線の位置がわかる。さらにメッシュ電極 (*mesh*) 上にも観測可能な電荷が生じるため、検出器全体の信号の有無が得られ、トリガ信号として利用できる。信号の読み出し、及び 2 次元画像を得るための回路系などについては、従来の $\mu\text{-PIC}$ 用に開発したものをそのまま用いることができる。

【0026】

このガス放射線検出器の特色は、上記効果でも述べたが以下の通りである。

(1) 陽極としてピクセルを用いるので、高電場が作り易く増幅率が大きい。

(2) 陰極は、陽極の周りを円状に囲み、メッシュ電極が陽極の上方に位置しているため

10

20

30

40

50

、陰極の端部分、及びメッシュ上の電場は陽極に比べて遙に小さく、陰極やメッシュ電極から電子が飛び出し難く、放電が起こり難い。

(3) メッシュ電極が陽極の上方に位置しているため、ガス増幅に必要な高い電場を持つ領域を、陽極を中心として三次元的に構成することができ、高いガス増幅率が得られる。

(4) 陽極から陰極にかけて、距離に応じて電場が弱まる効果がメッシュ電極により効果的に得られ、放電への進展が極めて起こり難い。

(5) このガス放射線検出器は、基本的にはプリント回路基板作製の技術を用いているため、大面積のものが安価に作れる。

(6) 放電を起こした場合でも、致命的な損傷を受けにくい。つまり、局所(ピクセル単位)の破壊で収まる。

(7) 陽極付近のガス増幅により生じた陽イオンは、陰極とメッシュの双方に吸収され、ガスチェンバー内への拡散による空間電荷効果による増幅率低下が起こりにくい。

【0027】

図3は本発明のガス放射線検出器による印加電圧とガス増幅率の相関を実測した図であり、この図において、横軸は陰極と陽極間の印加電圧(V)、縦軸はガス増幅率を示している。図3中で、no meshとあるのが、メッシュ電極を有しない従来の μ -PICに相当するものである。また、 $V_m = 0, -50, -100, -150$ Vとあるのは、メッシュ電極を有する場合で、それぞれメッシュ電極に、陰極に対して0 ~ -150 V電圧をかけた状態での増幅率を示している。

なお、実測に使用したガス放射線検出器は、メッシュ電極と基板の距離が約300 μ mであり、メッシュ電極の格子の大きさ(孔の大きさ、間隔)については、孔の大きさは約40 μ m角程度で、間隔は500穴/インチ (= 50 μ m程度)である。メッシュ電極の材料はニッケル金属を用いている。図2および図3から、金属メッシュなどの電極をピクセル型電極上部に配することで、陽極周囲に三次元的広がりを持った、高電場のガス増幅領域が形成されることが理解できる。

【0028】

この図3から明らかなように、例えば、メッシュ電極を有する場合で-150 V電圧をかけた状態の増幅率は、メッシュ電極を有しない従来の μ -PICに相当するもの(no mesh)の増幅率と比較して、3倍程度まで増幅率の向上が確認できる。

【産業上の利用可能性】

【0029】

本発明のガス放射線検出器によれば、汎用の二次元粒子線画像検出器や三次元荷電粒子飛跡検出器として有用である。具体的には、X線や中性子線による物質構造解析装置、放射線を用いた医療診断装置、ガンマ線カメラ、粒子線運動量測定装置などに利用できる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明のガス放射線検出器の概略構成斜視図

【図2】本発明のガス放射線検出器の動作原理を示す図

【図3】本発明のガス放射線検出器による印加電圧とガス増幅率の相関を実測した図

【符号の説明】

【0031】

- 1 1 両面基板
- 1 2 陽極
- 1 3 円柱状陽極電極
- 1 4 陰極電極
- 1 5 メッシュ電極
- 1 6 穴

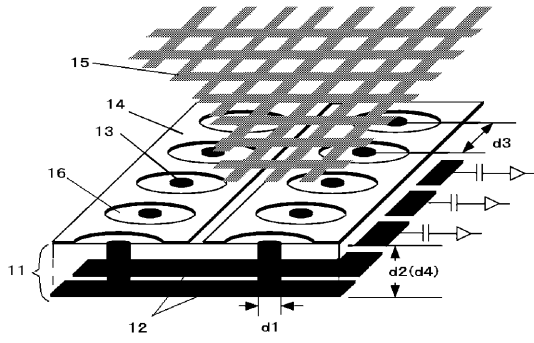
10

20

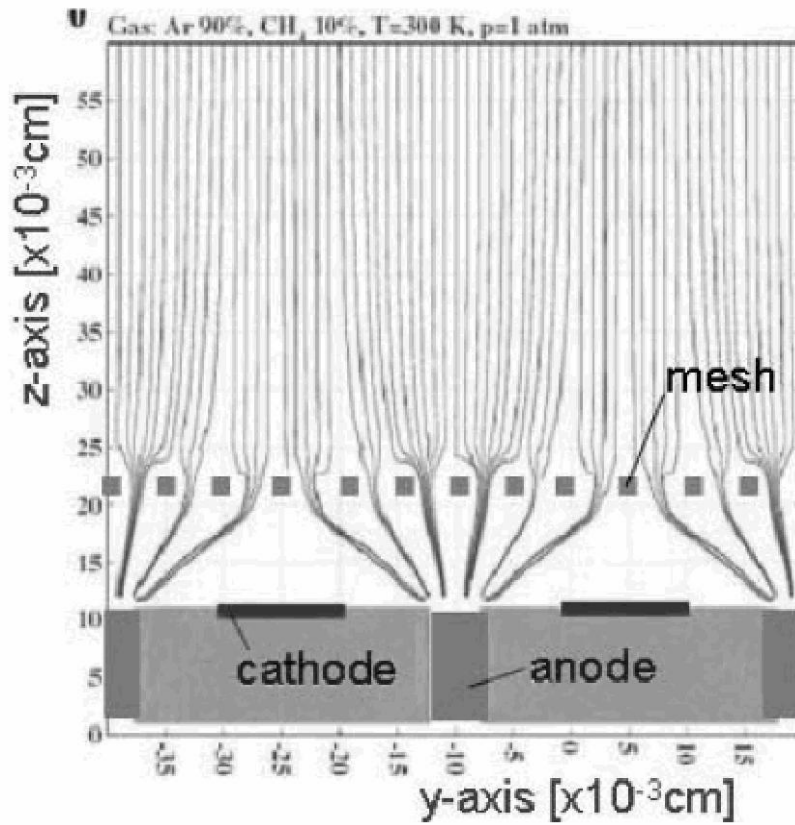
30

40

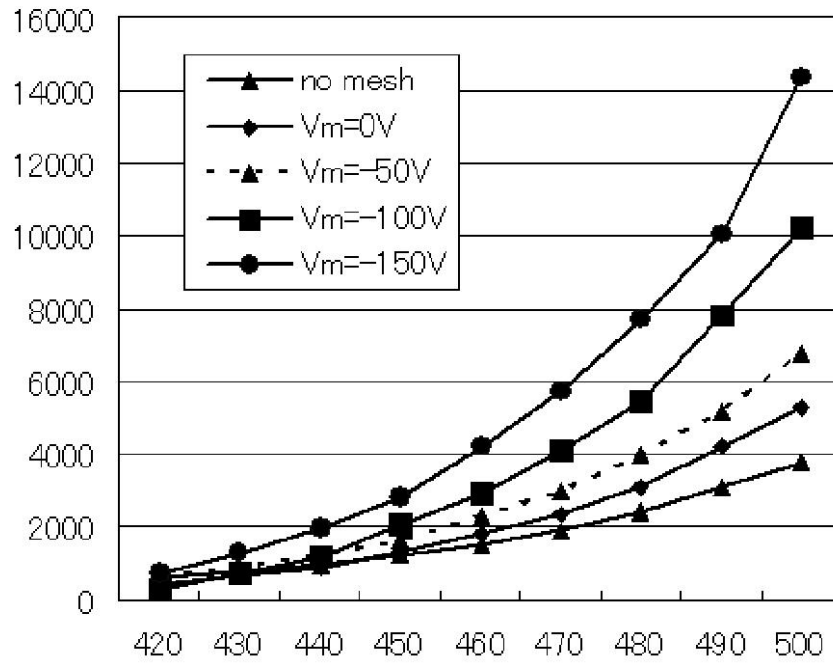
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-006047(JP,A)
特表2001-508935(JP,A)
特表2003-519388(JP,A)
特開2001-135268(JP,A)
特表平11-513530(JP,A)
特開2002-014171(JP,A)
Y.Giomataris, "MICROMEGAS: a high-granularity position-sensitive gaseous detector for high particle-flux environments", Nuclear Instruments & Methods in Physics Research. Section A., 1996年, Vol.376, pp.29-35

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01T 1/00 - 7/12
JSTPlus/JST7580(JDreamII)