



Urzędu Patentowego
Patentowy

POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 46560

Kl. 21 g, 18/01
Kl. internat. H 05 g

VEB Vakutronik *)

Drezno, Niemiecka Republika Demokratyczna

Czuła komora jonizacyjna ze szkła o własnościach równoważnych powietrzu, niezależna od energii promieniowania oraz od kierunku podania promieniowania

Patent trwa od dnia 3 października 1961 r.

Pierwszeństwo: 6 czerwca 1961 r. (Niemiecka Republika Demokratyczna).

Wynalazek dotyczy komory jonizacyjnej, która celem osiągnięcia większej czułości pomiaru dawki, pracuje w zakresie wprost proporcjonalnym aż do współczynników wzmocnienia gazowego rzędu 10^4 10^5 , a której czułość mierzona w $A/cm^2/mr/godz.$ jest w dużym zakresie niezależna od energii oraz od kierunku wpadającego promieniowania. Prąd jonizacyjny wzmocniony gazowo za pomocą znanych środków pomocniczych, stanowi miarę mocy dawki w miejscu umieszczenia detektora.

Spośród dawkomierzy promieniowania rent-

genowskiego i promieniowania gamma, znane są komory jonizacyjne o normalnym ciśnieniu. Takie komory jonizacyjne, ze względu na ich małą czułość właściwą na mierzone dawki, wynoszącą $10^{-16} A/cm^2/mr/godz.$, muszą posiadać dużą objętość lub wymagać dużego wzmocnienia. Wskutek napełnienia ich pod ciśnieniem czułość może ulec 10-cio do 20-to krotnemu zwiększeniu, jednak takie komory nie mogą być budowane z materiałów równoważnych powietrzu. Ich czułość przy pomiarze dawki dla energii $< 70 Ke V$ zależy w znacznym stopniu od energii wpadającego promieniowania.

Poza tym spośród dawkomierzy promieniowania rentgenowskiego i promieniowania gamma znana jest komora o wzmocnieniu gazowym, której czułość przy pomiarze dawki tyl-

*) Właściciel patentu oświadczył, że współtwórcami wynalazku są dr Karl — Heinz Weber, inż. Johannos Kunze i Karl Witowski.

ko w niewielkim stopniu zależy od energii. Czułość pomiaru dawki w odniesieniu do jednostki objętości, może być w tego rodzaju komorach podniesiona o współczynnik wzmocnienia gazowego wynoszący od 10^3 do 10^5 , zależnie od ciśnienia gazu wypełniającego i sposobu wypełnienia, przy czym to zwiększenie czułości ma na celu uniezależnienie się od energii. Taka znana komora składa się z drutu anody działającego jako elektroda zbiorcza, napiętego osłowo w cylindrycznej rurze wykonanej z tworzywa sztucznego. Jako katoda służy cienka warstwa z masy przewodzącej i równoważnej powietrzu, przy czym ta warstwa jest nałożona na wewnętrzną ścianę cylindra z sztucznego tworzywa. W założeniu, że komora będzie pracować w zakresie wprost proporcjonalnym, pod względem zależności od energii, dla komór ze wzmocnieniem gazowym są miarodajne te same wartości charakterystyczne co dla zwykłej komory jonizacyjnej, pracującej w zakresie nasycenia. Wzrost czułości jest bardzo pożądany przy pomiarach dawek promieniowania beta, ponieważ w tym wypadku wymiary komory (zasada Bragg-Grey'a) muszą być niewielkie.

Wadą znanych komór ze wzmocnieniem gazowym jest to, że pomimo stałego napięcia, wykazują z biegiem czasu duże zmiany wzmocnienia gazowego, gdyż sztuczne tworzywa na skutek swej wielocząsteczkowej budowy, nie są w zupełności szczelne dla gazów i par, a zastosowana rura ze sztucznego tworzywa nie może być przed napełnieniem skutecznie podgrzana, gdyż posiada niski punkt mięknięcia. Poza tym na skutek geometrycznych kształtów cylindra, detektor jest zależny od kierunku wpadającego promieniowania, szczególnie w zakresie kwantów o małej energii. Gdyby można było pozostać przy znanych geometrycznych kształtach cylindra, to wskutek tego wzmocnienie gazowe przy stałym napięciu zależałoby w dużym stopniu od liczby cząstek gazu lub pary, znajdujących się w przestrzeni gazowej, przypadającej na jednostkę objętości, a liczba czynnych cząsteczek zależałaby od silnej adsorpcji warstwy katodowej, zawierającej grafit. Detektor na skutek zależności adsorpcji gazów i par od temperatury, posiada znaczną zależność wzmocnienia gazowego od temperatury, a tym samym również i czułości pomiaru dawki, przy czym czas życia takiego detektora jest bardzo krótki.

W komorze jonizacyjnej według wynalazku wady te zostały usunięte w ten sposób, że ko-

mora ta jest wykonana w znany sposób w przybliżeniu w kształcie kuli, ze szkła zawierającego lit, beryl i sole kwasów borowych, o własnościach leżących poniżej własności szkła równoważnego powietrzu, przy czym komora ta jest wypełniona parą, gazem lub ich mieszaniną o wypadkowej liczbie porządkowej 8 do 10, i o własnościach leżących powyżej własności szkła równoważnego powietrzu.

Kuliste kształty geometryczne komory według wynalazku posiadają w stosunku do stosowanych dotychczas cylindrycznych kształtów, cały szereg zalet, które między innymi polegają na dużej niezależności czułości pomiaru dawki od kierunku. Z punktu widzenia technologii wydmuchiwanie szklanych kul jest prostsze niż wyciąganie rur cylindrycznych o dokładnie określonym i stałym promieniu. Niewielkie odchylenia od ścisłego kształtu kuliste go mają tylko niewielki wpływ na wzmocnienie gazowe. Przy geometrycznych kształtach kuli według wynalazku, oraz przy stałym napięciu, wzmocnienie gazowe przechodzi przez maksimum w zależności od iloczynu gęstości pary ϵ_G i wewnętrznego promieniowania r_{ik} kuli stosowanej jako anoda i elektroda zbiorcza. Natomiast w znanych detektorach cylindrycznych, przy stałym napięciu wzmocnienie gazowe silnie spada, gdy wzrasta gęstość pary lub gazu ϵ_G i promień r_{ik} drutu anody. Ponieważ ponadto wzmocnienie gazowe przy zastosowaniu kuli, jest niezależne od promienia katody, więc zastosowanie geometrycznych kształtów kuli stwarza lepsze możliwości powtarzalności przy wytwarzaniu. Położenie wspomnianego maksimum w detektorze według wynalazku zależy również od przyłożonego napięcia, które łatwo można tak dobrać, że zakres tych napięć znajduje się w pobliżu maksimum. Dlatego w tym zakresie istnieje tylko niewielka zależność wzmocnienia gazowego od gęstości gazu wypełniającego względnie pary. W wyniku tego zmniejsza się również udział zależności wzmocnienia gazowego od temperatury pochodzący od adsorpcji gazu, względnie pary na wewnętrznych ścianach komory.

Dalszą zaletą jest to, że przy tej samej średnicy drutu anody (w przypadku kształtów cylindrycznych katody), względnie kuli anody (w przypadku kształtów kulistych katody), oraz przy takim samym wypełnieniu gazowym i jego ciśnieniu, napięcie potrzebne do nastawiania określonego współczynnika wzmocnienia gazowego i nachylenie charakterystyki wzmocnienia gazowego w funkcji napięcia, jest znacznie

mniejsze w wypadku geometrycznych kształtów kuli niż w przypadku stosowania detektora cylindrycznego. Przez nachylenie charakterystyki należy rozumieć względną zmianę wzmocnienia gazowego przy określonej względnej zmianie przyłożonego napięcia. Małe nachylenie oznacza zmniejszoną zależność od napięcia, a więc i mniejszą możliwość zakłóceń. Przy współczynniku wzmocnienia gazowego 10^4 , nachylenie jest rzędu 10 do 20. Dobrze stabilizowane źródła napięcia są tu tylko zalecane.

Dla zmniejszenia nakładów potrzebnych do stabilizacji, zmniejszenie nachylenia charakterystyki wzmocnienia gazowego w funkcji napięcia, jak to ma miejsce w przypadku kuli, posiada wielkie znaczenie praktyczne. Do napełnienia detektora nadają się w zasadzie wszystkie pary, gazy lub ich mieszaniny stosowane w licznikach proporcjonalnych. Aby jednak osiągnąć napełnienie o wartości większej od wartości równoważnej powietrzu, przy liczbie porządkowej 8 do 10, należy zastosować napełnienie neonem z dodatkiem pary gaszącej, np. butanu i.

Zastosowanie szkła jako materiału na ściany zapewnia pełną szczelność dla gazów i par. Częsteczki gazu przylegające do wewnętrznej powierzchni ściany, dają się łatwo usunąć przez wypalenie przed napełnieniem. Skład gazu względnie pary wypełniającej detektor, oraz wzmocnienie gazowe, nie ulega żadnym zmianom w czasie, w założeniu, że napięcie jest stałe.

W urządzeniu według wynalazku używa się jako materiał na ściany komory szkło, składające się z 82 procentów wagowych trójtlenku boru (B_2O_3), 13,6 procentów wagowych tlenku litu (Li_2O) i z 4,4 procentów wagowych tlenku berylu (BeO). Tego rodzaju szkło jest trwałe, pozwala wydmuchiwać się na kule i można je łączyć z innymi, znanymi szklami topliwymi, w sposób zupełnie szczelny.

Punkt krzepnięcia leży około $450^\circ C$. Dobra przewodność elektryczności w porównaniu do szkielek krzemowych, stwarza możliwość wykorzystania tylko elektrod zewnętrznych (zamiast używanych dotychczas najczęściej elektrod wewnętrznych).

Z obliczenia wynika, że liczba porządkowa szkła Z_{eff} wynosi 7,3. Oznacza to, że jest ono trochę poniżej wartości równoważnej powietrzu. Przy jednoczesnym użyciu ośrodka napełniającego o własnościach trochę powyżej wartości równoważnej powietrzu, o liczbie porządkowej Z_{eff} równej 8 do 10. W efekcie otrzy-

muje się rozszerzenie wykorzystywanego zakresu energii w kierunku, w którym energie stają się mniejsze, a to ze względu na zmniejszoną absorbcję pierwotnego promieniowania w materiale ściany, związanej ze zmniejszoną liczbą porządkową materiału z jakiego jest ta ściana zrobiona. Można więc wtedy uchwycić, zmierzyć, przepuścić itd. mniejsze ilości energii.

Dalszą poprawę zależności od energii w zakresie bardzo małej ilości kwantów energii można osiągnąć w urządzeniu według wynalazku przez naniesienie, np. przez natrysk bardzo cienkiej warstwy z aluminium, miedzi lub niklu, na wewnętrzną ścianę detektora o gramaturze rzędu 0,05.... 1 mg/cm². Ta warstwa musi być bardzo cienka, aby żądane zwiększenie czułości wystąpiło tylko przy bardzo małych energiach.

Na rysunku uwidocznione są przykłady wykonania urządzenia według wynalazku, na któ-

rym fig. 1 przedstawia stosunek $\frac{\epsilon_L}{\epsilon_G}$ — V czu-

łości pomiaru dawki (pomnożony przez ϵ_L/ϵ_G) różnych komór w stosunku do komory standardowej o takim samym stopniu jonizowany, w zależności od energii E kwantów elektrodowol-
tów promieniowania, przy czym ϵ_L , które oznacza gęstość powietrza przy normalnych warunkach, a ϵ_G oznacza gęstość gazu względnie pary wypełniającej każdej z omawianych komór, a fig. 2 i 3 przedstawiają różne możliwe do wykonania kształty detektora według wynalazku.

Krzywa 1 na fig. 1 przedstawia przebieg funkcji względnie zależności od energii dla komory ze szkła krzemowego, która nie nadaje się do pomiarów dawki. Standardowa dawka jest jak wiadomo odniesiona do jonizacji wytworzonej w określonej objętości powietrza, a absorbcja promieni gamma zależy w znacznym stopniu od liczby porządkowej użytego każdorazowo materiału. Z doświadczenia wynika, że w detektorach z siarczkiem kadmowym, które posiadają podobną zależność od energii co detektory przedstawione krzywą 1, można osiągnąć tę poprawę zależności od energii, przez zastosowanie dodatkowego pochłaniacza dla tego zakresu energii, w którym czułość pomiaru dawki według krzywej 1, wzrasta w miarę zmniejszania się energii. Kompensacja uzyskana za pomocą pochłaniacza jest jednak niezupełna, przynajmniej przy zastosowaniu prostych układów pochłaniacza co w rezultacie prowadzi szczególnie przy detektorach cylindrycz-

nych i niewielkich kwantach energii do znacznej zależności czułości pomiaru dawki od kierunku, z jakiego pada to promieniowanie.

Krzywa 2 przedstawia zależność od czułości pomiaru dawki dla standartowej komory jonizacyjnej. Ze względu na wytrzymałość mechaniczną oraz z powodu zmniejszenia czułości występującej w zakresie dużej ilości kwantów energii w przypadku zastosowania zbyt cienkich ścian, nie można jednak stosować ścian o dowolnej małej grubości, bo przy uwzględnieniu absorpcji pierwotnej powoduje to, że krzywa 2 przechodzi w krzywą 3 dla detektora równoważnego powietrzu i posiadającego tę samą grubość ściany. Spadek czułości w miarę zmniejszającej się energii zaznacza się tym silniej, im większa jest masa na jednostkę powierzchni ściany (mg/cm^2 lub g/cm^2) i im większa jest liczba porządkowa materiału ściany w okresowym układzie elementów.

Krzywa 4 przedstawia zależność od energii komory jonizacyjnej o ścianie o własnościach poniżej równoważności powietrzu (liczba porządkowa materiału ściany Z_W mniejsza od liczby porządkowej powietrza Z_L , $Z_W < Z_L$), napełnionej ośrodkiem o własnościach powyżej równoważności powietrzu (liczba porządkowa wypełniającej pary Z_F jest większa od Z_L , $Z_F > Z_L$) przy pominięciu absorpcji powietrznej w ścianie. Ze względu, że $Z_W < Z_L$, to mniejszym wartościom energii odpowiadają malejące w niewielkim stopniu wartości czułości a dla dostatecznie małych energii następuje to, że $Z_F > Z_L$ i ponowny wzrost czułości. Ten wzrost czułości jest kompensowany przez pierwotną absorpcję promieniowania w ścianie komory, jak to przedstawia krzywa 5.

Porównanie krzywych 3 i 5 uwiadcza, że ta kombinacja pozwala dokonywać pomiaru aż do zakresu niskich energii przy mniejszym błędzie odnośnie energii, niż przy kombinacji ściany i napełniającego ośrodka o własnościach równoważnych powietrzu.

Krzywa 6 uwiadcza działanie cienkiej warstwy aluminium, miedzi lub niklu o ciężarze 0,05..... 1 mg/cm^2 , naniesionej na wewnętrzną ścianę detektora, co powoduje polepszenie niezależności od energii o małej ilości kwantów. Działanie to polega na tym, że przy niezbyt wysokim ciśnieniu wypełniającym ośrodek rzędu 100... 300 torów i przy niezbyt dużych wymiarach komory, udział jonizacji wywołanej przez elektrony wtórne ze ściany, na skutek bombardowania cząstek pochodzących od wypełniającego gazu, przy bardzo małych

kwantów energii nie jest do pominięcia, przy czym udział pochodzący od ściany wzrasta gwałtownie ze wzrastającą liczbą porządkową warstwy wytwarzającej wtórne elektrony. Ponieważ żądana poprawa czułości występuje tylko w zakresie bardzo małych energii, więc dlatego warstwa wytwarzająca elektrody musi być bardzo cienka.

Według fig. 2 kulista komora 7 jest wykonana ze szkła zawierającego lit, beryl oraz sole kwasów borowych. Grubość ściany wynosi 0,3 do 0,6 mm. Grubość ściany wpływa na położenie maksimum krzywych zależności od energii 5 i 6, przedstawionych na fig. 1. Dogodna grubość ściany zależy od rodzaju i ciśnienia wypełniającego gazu oraz od średnicy kuli 7. Kula 7 posiada cylindryczną szyję 8, wykonaną ze znanego, topliwego szkła, przy czym szyja ta w wykonaniu przedstawionym na fig. 2 posiada centryczne, głębokie wklęsnięcie. Doprowadzenie napięcia anodowego do elektrody zbiorczej, posiadającej kształt małej kuli 10 umieszczonej koncentrycznie w środku kuli 7, lub w kształcie pętli 11 (fig. 3) z cienkiego drutu wolframowego, dokonane jest poprzez drut przyłączeniowy 12, który jest zatopiony szczelnie w cylindryczną szyję 8. Anoda 11 służąca jako elektroda zbiorcza, może się składać z kilku pętli. Jako katodę stosuje się przewodzącą warstwę grafitu 13 na ścianie zewnętrznej lub bardzo cienką warstwę 14 (fig. 3) aluminium, niklu lub miedzi na wewnętrznej ścianie kuli 7. W urządzeniu według wynalazku warstwa 14 służy jednocześnie do zwiększenia czułości pomiaru dawki w zakresie kwantów o niewielkiej energii. Można również nanieść jednocześnie metaliczną warstwę 14, jak i warstwę 13, przy czym warstwa 13 służy jako katoda.

Mechaniczną ochroną detektora w postaci kuli 7 po naniesieniu warstwy katodowej 13, stanowi powłoka z lakieru lub sztucznego tworzywa. Szyja 8 posiada okładziny 15 i 16 przewodzące elektryczność, wykonane w kształcie pierścieni połączonych ze sobą elektrycznie przez jeden lub kilka metalicznych wtopów 17. Okładziny 15 i 16 służą jednocześnie jako pierścienie ochronne zapobiegające bezpośrednio przedostawaniu się ładunku względnie prądu przez powierzchnię szkła, z katody 13 względnie 14 do anody (elektrody zbiorczej 12).

Pomocnicze środki elektronowe służące do pomiaru mocy dawki, na przykład za pomocą pomiaru spadku napięcia na wysokoomowej oporności połączonej z elektrodą zbiorczą lub

dla pomiaru dawki, np. za pomocą określenia napięcia ładowania kondensatora połączonych z elektrodą zbiorczą, są powszechnie znane i dlatego nie wymagają bliższych wyjaśnień.

Komory jonizacyjne ze wzmocnieniem gazowym według wynalazku, mogą być używane zarówno do pomiarów dawki jak i mocy dawki również dla promieniowania beta. W tym celu grubość ścian należy przynajmniej pewną część powierzchni kuli 7 (fig. 2, 3), winna być bardzo cienka. W pewnych warunkach, wydaje się że wykonanie detektora do pomiarów promieniowania beta jest proste, gdyż jest on zabudowany według znanych kształtów cylindrycznych liczników jonizacyjnych z oknami. Anodę służącą w tym wypadku jako elektrodę zbiorczą, należy chronić za pomocą jednego lub kilku pierścieni ochronnych przed wysokim potencjałem. Jeżeli cylindryczna kulka znanego jonizacyjnego licznika cylindrycznego posiadającego okna, zostanie wykonana z opisanego szkła o własnościach poniżej własności równoważnych powietrza, a taki detektor zostanie napełniony parą lub mieszaniną pary i gazu o własnościach równoważnych powietrza lub nieco powyżej własności równoważnych powietrza, to za pomocą pomiaru natężenia prądu wzmocnionego gazowo prądami jonizacyjnymi lub przez pomiar płynących na elektrodę zbiorczą jonów jako nosicieli ładunku, można ustalić moc dawki względnie dawkę w m. rad/godz. względnie w m. rad, dla promieniowania rentgenowskiego, gamma i beta.

Jeżeli napięcie pracy będzie tak wysokie, że detektor pracuje w zakresie pracy liczników Geigera — Müllera, to wiadomo, że mierzona gęstość impulsów będzie stanowiła miarę ilości kwantów lub cząstek beta padających na detektor w odniesieniu do jednego cm^2/sek .

Zastrzeżenia patentowe

1. Czuła komora jonizacyjna, ze szkła o własnościach równoważnych powietrza niezależna od energii promieniowania i od kierunku

ku podania promieniowania, ze wzmocnieniem gazowym w zakresie wprost proporcjonalnym, służąca do pomiaru dawki i mocy dawki promieniowania rentgenowskiego i promieniowania gamma, której komora jest wykonana w znany sposób, w przybliżeniu w kształcie kuli, znamieną tym, że jest wykonana ze szkła zawierającego lit, beryl i sole kwasów borowych i posiadającego własności poniżej własności równoważnych powietrza, przy czym ta komora jest wypełniona parą, gazem lub ich mieszaniną o własnościach powyżej własności równoważnych powietrza, a liczba porządkowa ośrodka wypełniającego wynosi około 8 do 10.

2. Komora jonizacyjna według zastrz. 1, znamieną tym, że wewnętrzna ściana komory pokryta jest cienką warstwą z aluminium, niklu lub miedzi o gramaturze rzędu 0,05.... 1 mg/cm^2 , a to w celu zwiększenia czułości pomiaru dawki przy energiach mniejszych od 15 Ke V, oraz w celu zmniejszenia spadku czułości pomiaru dawki wywołanego przez absorpcję promieniowania pierwotnego przez ścianę komory.
3. Komora jonizacyjna według zastrz. 1 lub 2, znamieną tym, że anoda działająca jako elektroda zbiorcza, jest otoczona jednym lub kilkoma pierścieniami ochronnymi, zaś kształt kulisty komory jest zmodyfikowany według znanych liczników jonizacyjnych z oknami, a to w celu osiągnięcia takiej samej czułości pomiaru dawki dla promieniowania rentgenowskiego, gamma i beta.
4. Komora jonizacyjna według zastrz. 1, 2 lub 3, znamieną tym, że szkło o własnościach poniżej własności równoważnych powietrza, składa się z 82% wagowych trójtlenku boru (B_2O_3), 13,6% wagowych tlenku litu (Li_2O) i 4,4% wagowych tlenku berylu (BeO).

VEB Vakutronik

Zastępca: mgr Józef Kamiński
rzecznik patentowy

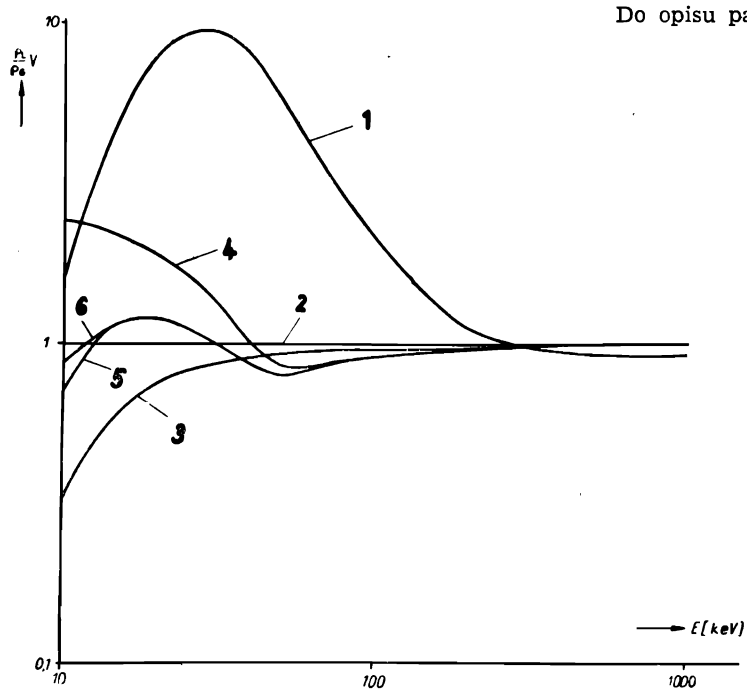


Fig. 1.

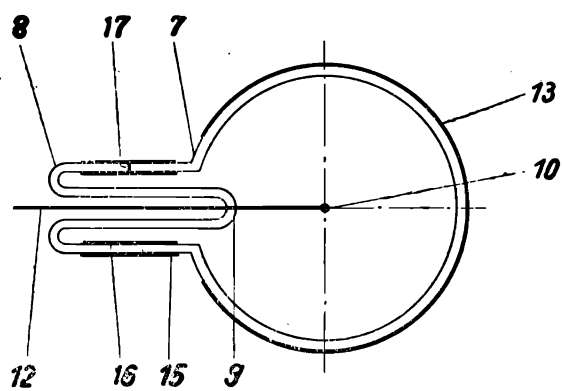


Fig. 2

