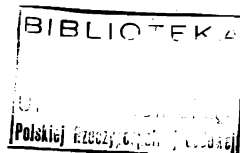


Golt 1/02



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 45097

Kl. 21 g,18/01

VEB Vakutronik*)

Drezno, Niemiecka Republika Demokratyczna

Przyrząd do określania dawki dowolnego, nieznanego promieniowania, np. promieniowania beta

Patent trwa od dnia 17 września 1960 r.

Pierwszeństwo: 1 czerwca 1960 r. (Niemiecka Republika Demokratyczna).

Przyrząd według wynalazku usuwa trudności jakie występują przy pomiarach dawki i mocy dawki promieniowania, szczególnie przy zastosowaniu jonizacyjnych liczników cylindrycznych. Jak wiadomo, moc dawki promieniowania, występującego w widmie, np. promieniowania beta, zależy nie tylko od liczby, lecz także od energii cząsteczek padających każdorazowo. Dlatego też pomiar mocy dawki szczególnie za pomocą liczników jonizacyjnych, jest związany z trudnościami, które polegają na tym, że ta zależność mocy dawki od energii, nie jest uwzględniona w dostatecznym stopniu lub wcale nie jest uwzględniana. Pomiar taki można przeprowadzić dokładnie tylko przy użyciu komór jonizacyjnych. Wymaga to jednak znacznych nakładów ze względu na dodatkowe układy elektronowe koniecz-

ne do wyznaczenia mierzonej wartości, przy czym przyrządy te są ciężkie i zajmują dużo miejsca. Użycie tego rodzaju przyrządów jako przenośnych mierników mocy dawki, dających się bez trudu zastosować w różnych miejscach, okazało się niemożliwe. Dotychczas nie można było stosować do tych celów liczników jonizacyjnych pomimo znacznie korzystniejszych warunków pracy, związanych z ich dużym wewnętrznym wzmocnieniem i małymi wymiarami, ponieważ pomiar dawki albo mocy dawki za pomocą licznika jonizacyjnego, nie uwzględniał wspomnianej jego zależności od energii padających cząsteczek.

Przyjmuje się promieniowanie beta o jednokowej energii, prostopadle do osi licznika jonizacyjnego, które winno zawierać stałą gęstość cząsteczek (n_0 cząsteczek/cm), wzdłuż całego licznika jonizacyjnego. Moc dawki takiego promieniowania można określić dwoma pomiarami, przy czym raz mierzy się całkowitą lic-

*) Właściciel patentu oświadczył, że twórcą wynalazku jest Lothar Schwaar.

bę cząsteczek wpadających do licznika jonizacyjnego bez użycia absorbera, a za drugim razem zasłania się za pomocą odpowiedniej przesłony taką część jonizacyjnego licznika, że różnica pomiędzy ilością wpadających cząsteczek bez przesłony i przy jej użyciu, stanowi miarę rzeczywistej, charakterystycznej mocy dawki. Ponieważ dla promieniowania beta o dużej energii, moc dawki w odniesieniu do cząsteczki jest mniejsza niż dla promieniowania beta o małej energii, więc odpowiednio do tego, zakryta część licznika jonizacyjnego musi być mniejsza w przypadku promieniowania beta o dużej energii, niż w przypadku promieniowania beta o małej energii, gdyż średnia strata energii, przypadająca na jednostkę drogi przebytej w jakiejś substancji jest mniejsza dla cząsteczek o dużej energii niż dla cząsteczek o małej energii.

Wynalazek stawia sobie za zadanie uwzględnienie zależności mocy dawki od energii promieniowania, a w szczególności od promieniowania beta.

Według wynalazku osiąga się to w ten sposób, że za pomocą licznika jonizacyjnego lub innego detektora promieniowania, przeprowadza się kolejno dwa pomiary, z których pierwszy jest wykonany bez użycia absorbera, a drugi przy użyciu absorbera, nakładanego na powierzchnię padania promieniowania w liczniku jonizacyjnym, przy czym dla dużych energii zakryta jest mniejsza część licznika jonizacyjnego, a dla małych energii odpowiednio większa część.

Według wynalazku potrzebna jest więc substancja pochłaniająca, która pochłaniałaby skutecznie właściwą część padającego promieniowania beta, stosownie do reprezentowanej przez to promieniowanie każdorazowo energii. Wychodzi się przy tym z założenia, które w praktyce zawsze jest spełnione, że promieniowanie na całej powierzchni pomiarowej jest dostatecznie jednorodne, oraz że jest ono na ogół prostopadłe do tej powierzchni. Poza tym przewidziane są dla różnych pasm energetycznych różne absorbery, które w swym działaniu nie przeszkadzają sobie wzajemnie, albo przeszkadzają tylko w możliwie małym stopniu.

W celu lepszego zrozumienia sposobu działania przyrządu według wynalazku, należy postrzekać dawkę promieniowania beta o dowolnym widmie, jako rozliczoną na dużą liczbę wiązek cząsteczkowych o jednakowej ener-

gii. Dla każdej wiązki cząsteczkowej konieczny jest specjalny absorber.

Połączenie razem tych specjalnych absorberów można zrealizować w przybliżeniu przez zastosowanie folii pochłaniającej o gęstości powierzchniowej zmiennej, stopniowanej w sposób ciągły, a umieszczonej nad powierzchnią, na którą pada promieniowanie, przy czym krawędzie stopni albo przejścia absorbera są zaokrąglone. W tym przypadku cząsteczki beta o dużej energii są słabo absorbowane, podczas gdy dla cząsteczek beta o małej energii, duża część objętości licznika jonizacyjnego pozostaje zablokowana.

W dalszym ciągu zasada wynalazku zostanie objaśniona dla zakresu energetycznego 0,2 — 3,0 MeV. Dolna granica energetyczna 0,2 MeV jest określona przez nie podlegającą zmniejszeniu, ostateczną grubość osłony licznika jonizacyjnego lub okienka mikowego (w kształcie soczewki) jonizacyjnego licznika kielichowego, a górna granica 3,0 MeV jest określona przez to, że powyżej tej wartości moc dawki pozostaje stała. Gdy zliczy się wszystkie cząsteczki n_0 co minutę, to otrzyma się minimalną moc dawki $n_0 \cdot D_{(3 \text{ MeV})}$ przy czym D stanowi dawkę na cząsteczkę. Dochodzi do tego jeszcze współczynnik, zależny od rozkładu energetycznego, który według wynalazku ma być wyznaczony. Dla widma o rozkładzie energetycznym E od 0,2 do 3,0 MeV, które zostało podzielone na N pasm o jednakowej szerokości ΔE_{IN} wynika:

n = liczba cząsteczek

$$3 - 0,2 \text{ MeV} = \sum_{i=1}^N \Delta E_i$$

$i = 1 \dots \dots \dots N$
(i = indeks)

$$d_1 = D_{(3 \text{ MeV})} \cdot n_1 + k \Delta n_1$$

d_1 = dawka pochodząca od wszystkich cząsteczek o energii E_1

$$d_2 = n_2 \cdot D_{(3 \text{ MeV})} + k \Delta n_2$$

$$p_N = n_N \cdot \dots \dots \dots$$

$$\sum_{i=1}^N d_i = D_{(3 \text{ MeV})} \cdot \sum_{i=1}^N n_i + k \sum_{i=1}^N \Delta n_i$$

Całkowita dawka od wszystkich cząsteczek ze wszystkich N pasm energetycznych wynosi;

$$d = D_{(3 \text{ MeV})} \cdot n_0 + k (n_0 - \bar{n}_0),$$

n_0 = całkowita liczba cząsteczek przy pierwszym pomiarze (bez absorbera),

$\bar{n}_0$ = całkowita liczba cząsteczek przy drugim pomiarze (z absorberem), przy czym k wyznacza się z zależności $D_{(0,2)} = D_{(3 \text{ MeV})} + k$, która mówi, że według wynalazku, przy zupełnie zamkniętej przesłonie mierzy się dawkę dla 0,2 MeV. Współczynnik k jest wielkością stałą, która jest wyznaczona pomiarem cechowania, odpowiednio do danego absorbera.

Pod pojęciem gęstości powierzchniowej ujęty jest w tym współczynniku, np. w przypadku promieniowania beta, zarówno materiał, jak i rozkład grubości absorbera nad powierzchnią padania. Przyjmuje się, że np. dla cząsteczek o energii E_1 na cylindrycznym liczniku jonizacyjnym, istniałaby gęstość powierzchniowa f_1 , która ogranicza ostro zakres przepuszczania i blokowania, przy czym można tak dobrać długość osiową X_1 , że mierzy się moc dawki D_1 , odpowiadającą jednej cząsteczce, właściwą dla każdorazowej energii E_1 . X_1 określa się przy tym z zależności $\frac{K}{L} \cdot X_1 = D_1$, gdzie L = długość cylindrycznego licznika jonizacyjnego.

Ponieważ to ostre odgraniczenie powinno następować dla wszystkich energii E_1 z przynależnymi X_1 , więc dla cząsteczek różnych energii to odgraniczenie nie może być ostre. Wysokość stopni k dobiera się w ten sposób, że stanowią one najlepszy z kompromisów możliwych do osiągnięcia.

Przy pomiarach dawki można uważać dokładność około 20% za na ogół wystarczającą. Dokładność można podwyższyć w pewnym stopniu, przez zaokrąglenie krawędzi stopni. Można również wysokość stopni pozostawić jako stałą, a absorpcję różnej wartości wzdłuż całego licznika jonizacyjnego zrealizować przez zastosowanie różnych materiałów o różnej gęstości. Przy promieniowaniu padającym całkowicie lub częściowo ukośnie, według wynalazku uwzględniana jest tylko składowa prostopadła do osi licznika jonizacyjnego, która działa w sposób wyżej opisany. Pewną poprawę pod tym względem i dopasowanie do warunków spotykanych w praktyce można osiągnąć przez kłimację w stosunku do licznika i jego położenia przestrzennie geometrycznego. W specjalnych okolicznościach trzeba uzyskać pewną liczbę wartości, a następnie dodawać poszczególne wartości dawek.

Promieniowanie występujące w absorberze, powstające przy pochłanianiu cząsteczek beta przez substancję absorbera, jest na ogół do po-

minięcia, a może być uwzględnione doświadczalnie przez zmianę czynnika f_1 i $\bar{X}_1$.

Zasadę pomiaru można również zastosować skutecznie przy pomiarze dawki promieniowania alfa i gamma. Podobnie przy pewnej odmianie układu można skompensować zależną od energii zdolność reagowania znanych liczników jonizacyjnych na promieniowanie gamma.

Przy jednoczesnym zastosowaniu dwóch liczników jonizacyjnych, z których jeden jest bez osłony, a drugi zakryty jest opisany absorberem można określić moc dawki jednym pomiarem. Przez zastosowanie odpowiednich układów elektronowych można otrzymać wielkość $\Sigma \Delta n_i = n_0 - \bar{n}_0$ z różnicy gęstości impulsów, a wartość Σn_i można uzyskać z niezakrytego licznika. Te obie gęstości impulsów przemienione w prądy stałe muszą być pomnożone przez stałą $D_{(3 \text{ MeV})}$ i k za pomocą odpowiedniego wzmożenia. Suma obu prądów daje wtedy bezpośrednio moc dawki lub przy odpowiednim wycechowaniu przyrządu daje odczyt bezpośredni.

Zamiast użycia dwóch liczników jonizacyjnych, z których jeden zakryty jest częściowo przez absorber z odpowiedniego materiału i o odpowiednim profilu, a drugi jest wykorzystywany bez absorbera, można zastosować na przykład licznik jonizacyjny, którego objętość pod względem elektrycznym, została podzielona na dwie objętości cząstkowe, przez elementy izolacyjne (np. perłę) umieszczone na drucie anodowym.

Przez zastosowanie odpowiednich układów elektronicznych z obu wskaźników liczenia, przy różnej wysokości impulsów, dochodzących z poszczególnych odcinków, można uzyskać wielkość dawki, niezależnie od danego widma promieniowania beta. Użycie dwóch liczników jonizacyjnych jest tym samym niepotrzebne.

Perła szklana umieszczona na drucie anodowym dzieli ten drut w stosunku 1:2.

Na podstawie różnych amplitud impulsy można łatwo oddzielać. Za pomocą odpowiednich układów wytwarzane są prądy proporcjonalne do gęstości impulsów, które wykorzystywane są do wskazania dawki.

Przykłady wykonania przedmiotu wynalazku są uwidocznione na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia wykres zależności mocy dawki od energii promieniowania beta, fig. 2 — urządzenie według wynalazku z dwoma kielichowymi licznikami jonizacyjnymi, fig. 3 — kombinację licznika z absorberem, według wynalazku, fig. 4 — wykres zależności mocy dawki od energii promieniowania gamma, a fig. 5 — schematyczny

widok licznika jonizacyjnego, poniżej zaś odpowiedni wykres.

Zależność mocy dawki od energii promieniowania jest uwidoczniona wykresowo w znany sposób na fig. 1. Zwykły przebieg zależności energii można na tym wykresie stwierdzić bez trudu.

Fig. 2. przedstawiająca urządzenie z dwoma kielichowymi licznikami jonizacyjnymi 1 i 2 uwidacznia także okienko wejściowe 4 kielichowego licznika jonizacyjnego 2 przykryte przez absorber 3. W tym specjalnym przypadku absorber 3 posiada postać soczewki i przykrywa okienko 4 tylko częściowo. Na okienku wejściowym 4 kielichowego licznika jonizacyjnego 1 nie ma absorbera.

Fig. 3 przedstawiająca praktyczne wykonanie kombinacji licznika jonizacyjnego i absorbera według wynalazku, uwidacznia także część izolacyjną 7 osadzoną na drucie anodowym 5 licznika jonizacyjnego 6, która drut anodowy 5 a tym samym czułą na promienie pojemności licznika dzieli na górny mniejszy i na dolny większy odcinek. Dolny odcinek licznika jest otoczony absorberem 8, którego gęstość powierzchniowa zmniejsza się w opisany sposób począwszy od części izolacyjnej 7.

Fig. 4 uwidacznia wykres zależności mocy dawki od energii promieniowania gamma. Z tego wykresu widać, że w obrębie energii powyżej 0,07 MeV z absorberem o zmiennej gęstości powierzchniowej można osiągnąć korektę odnośnie pomiaru dawki.

Według wynalazku w tym przypadku nie potrzeba dwóch pomiarów albo dwóch jednocześnie pracujących detektorów, lecz można mierzyć dawkę promieniowania gamma jednym tylko detektorem oraz absorberem o zmiennej gęstości powierzchniowej, niezależnie od specjalnego widma energetycznego, ponieważ przy promieniowaniu gamma np. powyżej 0,07 MeV moc dawki zwiększa się ze zwrotem energii.

Fig. 5 uwidacznia schematycznie licznik jonizacyjny 9 a poniżej wykres 10, przedstawiający stopniowe zmniejszanie się gęstości powierzchniowej na całej długości licznika jonizacyjnego. Na osi rzędnych tego wykresu gęstość powierzchniowa jest więc naniesiona w $\frac{\text{mg}}{\text{cm}^2}$ a na odciętej — długość licznika jonizacyjnego w cm.

W przypadku promieniowania beta, dla pomiaru dawki konieczne są dwa pomiary, w odróżnieniu od promieniowania gamma określonego zakresu, gdyż w tym przypadku moc dawki maleje ze wzrastającą energią cząstek.

Zależność kierunkowa mierzonej wartości dawki jest określona przez zależną od kierunku czułość detektora promieniowania. Ta czułość zależna od kierunku wskutek wykonania osłony detektora z odpowiedniej substancji, może być osiągana i dopasowana do żądanej charakterystyki kierunkowej detektora. Promieniowanie, padające na detektor z określonego kierunku, powinno być przy tym tak mocno osłabione przez odpowiednio wykonany absorber, że całkowita czułość, która jest określona pod względem promieniowania z określonego kierunku przez właściwości detektora, oraz przez osłabienie promieniowania spowodowane absorberem, odpowiada żądanej charakterystyce kierunkowej. Na przykład przy żądanym kulistym kształcie charakterystyki kierunkowej kielichowego licznika jonizacyjnego nakładana substancja absorbera pod względem grubości wymagałaby takiego ukształtowania różnych miejscowo głębokości powierzchniowych na oknie mikowym, przez które wchodzi promieniowanie, a także ewentualnie na cylindrycznej ścianie licznika, że detektor rejestrowałby zawsze tę samą część padającego promieniowania, niezależnie od jego kierunku.

Przy pomiarach dawki jest możliwe i celowe stosowanie takiej osłony również dla dowolnie ukształtowanych detektorów promieniowania, szczególnie dla takich, które obejmują prawie cały kąt przestrzenny, przy czym osłona jest wykonana z substancji pochłaniających dla korygowania zależności energetycznych.

Jeżeli ma być uwzględniona pożądana jednorodność padającego promieniowania pod względem rozkładu energii i zależności kierunkowej, to absorber wykonuje się w postaci wielu małych powierzchni cząstkowych, przy czym odpowiednio do danego promieniowania, konieczny zakres gęstości powierzchniowej wraz z przynależnym profilem gęstości istnieje na każdej małej powierzchni cząstkowej absorbera. Wielkość tych powierzchni cząstkowych tak jest obliczona, że pole promieniowania poprzez taką powierzchnię, zmienia się w małym stopniu. Kształt tych małych powierzchni cząstkowych posiada na ogół podrzędne znaczenie.

Zastrzeżenia patentowe

1. Przyrząd do określania dawki dowolnego nieznanego promieniowania, zwłaszcza i promieniowania beta, znamienny tym, że jest zaopatrzony w licznik jonizacyjny albo w detektor promieni oraz w absorber, który

- jest nakładany na powierzchnię padania promieni w liczniku jonizacyjnym dopiero przy drugim pomiarze i zasłania małą część licznika jonizacyjnego — gdy energia jest mała.
2. Przyrząd według zastrz. 1, znamieny tym, że jest zaopatrzony w folię absorpcyjną o gęstości powierzchniowej zmiennej w sposób ciągły, umieszczoną nad powierzchnią padania promieni w liczniku jonizacyjnym.
 3. Przyrząd według zastrz. 1, 2, znamieny tym, że substancja absorbera posiada postać soczewki w przypadku zastosowania kielichowego licznika jonizacyjnego z najcieńszym mikowym okienkiem wejściowym.
 4. Przyrząd według zastrz. 1—3, znamieny tym, że gęstość powierzchniowa absorbera nad powierzchnią padania promieniowania w kierunku jonizacyjnym jest stopniowo coraz znaczącej, przy czym krawędzie stopni albo przejścia absorbera są zaokrąglone.
 5. Przyrząd według zastrz. 2, 4, znamieny tym, że zawiera absorbery o różnej mocy działania ale tej samej grubości, dzięki czemu osiąga się stopniowanie gęstości powierzchniowej.
 6. Przyrząd według zastrz. 2, 4, znamieny tym, że zawiera kilka warstw substancji o różnym działaniu absorpcyjnym i o zmiennej grubości np. w kształcie klinowym lub stopniowym, dzięki czemu osiąga się zmienność gęstości powierzchniowej, zwłaszcza przy jednakowej grubości warstwy całkowitej.
 7. Przyrząd według zastrz. 1, znamieny tym, że zawiera dwa jednakowe liczniki jonizacyjne, z których jeden pracuje bez absorbera, drugi zaś pracuje równocześnie z zastosowaniem absorbera, przy czym różnica uzyskanych gęstości impulsów, podana jednym pomiarem, określa moc dawki lub przy odpowiednim wycechowaniu przyrządu jest bezpośrednio odczytywana.
 8. Przyrząd według zastrz. 7, znamieny tym, że dwa jednakowe liczniki jonizacyjne są zastąpione przez jeden licznik jonizacyjny, który pracuje z drutem anodowym, podzielonym zwłaszcza na dwa odcinki.
 9. Przyrząd według zastrz. 1—5 i 6, znamieny tym, że czułe na promieniowanie powierzchnie detektora są zaopatrzone w dodatkową warstwę absorbera o miejscowo zmiennym ciężarze powierzchniowym.
 10. Przyrząd według zastrz. 9, znamieny tym, że czułe na promieniowanie powierzchnie detektorów są podzielone na znaczną liczbę powierzchni cząstkowych, z których każda posiada konieczny zakres gęstości powierzchniowej z przynależnym rozmieszczeniem gęstości, a to w celu uwzględnienia miejscowo i przestrzennie zróżnicowanych niejednorodności wpadającego promieniowania.

VEB Vakutronik

Zastępca: mgr Józef Kamiński,
rzecznik patentowy

