

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY PATENTU TYMCZASOWEGO

112407

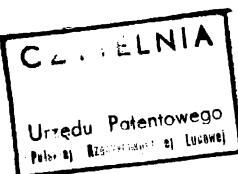
Patent tymczasowy dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszone: 02.08.77 (P. 200017)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszone: 05.06.78

Opis patentowy opublikowano: 30.12.1981



Int. Cl. G01T 1/16

Twórcy wynalazku: _____

Uprawniony z patentu tymczasowego: Gamma Művek, Budapeszt (Węgry)

Sposób oraz układ do pomiaru promieniowania radioaktywnego w szerokim paśmie energii i natężenia

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób oraz układ do pomiaru promieniowania radioaktywnego w szerokim paśmie energii i natężenia.

Przy pomiarze mocy dawki promieniowania ważnym jest, aby wskazanie było proporcjonalne do stopnia napromieniowania, a niezależne od mocy promieniowania.

Znane półprzewodnikowe detektory promieniowania uniemożliwiają pomiar mocy dawki bezpośrednio przez zliczanie impulsów. Z zasady działania detektora wynika, że wyjściowa suma ładunków lub amplituda impulsów wyjściowych detektora proporcjonalna jest do mocy promieniowania, a liczba impulsów wyjściowych detektora zależy od działań zwrotnych występujących w efektywnym przekroju detektora.

Przyjmując, że stopień napromieniowania i objętości detektora są stałe, liczba impulsów jest odwrotnie proporcjonalna do mocy promieniowania, tak, że w pozycji pracy „zliczanie impulsów” stale rosnąca moc powoduje monotonicznie malejące wskazanie. W celu usunięcia tego niepożądanego zjawiska stosowano tzw. „metodę promienika”.

Wokół detektora umieszczano osłonę składającą się z odpowiednio dobranych warstw materiałów. W ten sposób osiągnięto dokładność wskazań $\pm 30\%$, dzięki absorpcji różnych energii, ich osłabieniu, lub dzięki osiągnięciu w paśmie energetycznym proporcji cząstek

2

wtórnych 1:10. Metoda ta jest nieskuteczna w paśmie energetycznym wokół 100 keV.

Liniowe wskaźniki — gdzie idealnie proporcjonalne sygnały podlegają obróbce przez impulsy detektorowe — gwarantują w detektorach półprzewodnikowych znacznie lepsze rezultaty. Zwiększająca się amplituda impulsów wraz z rosnącą energią kompensuje w pewien sposób malejącą liczbę impulsów. Kompensacja tego typu ograniczona jest dynamiką wzmacniacza — ponieważ stosunek energii wynosi więcej niż 1:20, a ponadto ponieważ termiczny poziom szumów wzmacniacza detektora uniemożliwia obróbkę energii mniejszych niż 10 keV, liniowe wskazania są niemożliwe z powodu strat spowodowanych eliminacją szumów.

Inne dotychczas rozwiązania liniowych wskaźników kompensujące elektronicznie nieliniowości wynikające z właściwości fizyki atomowej w obszarze 300 keV, zapewniały jedynie $\pm 20\%$ niezależność energetyczną właśnie z powodu ograniczeń liniowych wskaźników.

Z publikacji pt. „ γ -ray dosimetry with p-i-n junction counters”, której autorem jest A. R. Jones a wydanej przez Atomic Energy of Canada Limited w miesiącu lutym 1965 r., znany jest miernik mocy dawki promieniowania, zawierający detektory półprzewodnikowe. Pomiar odbywa się na zasadzie zliczania impulsów. Zmiana liczby impulsów i ich amplitudy jest funkcją energii promieniowania. To niepożądane zjawisko usuwane jest w

tym samym układzie na drodze elektronicznej. Wejściowe detektory zapewniają układowi dwudziestokrotną zmianę czułości. Wzmacniacz ładunku dołączony do detektorów wejściowych powoduje przekształcenie sygnału ładunkowego na impulsy ujemnego napięcia, wzmacniane i kształtowane następnie w stopniu wzmacniacza. Impulsy ujemnego napięcia wyzwalają dyskryminator, którego wyjście połączone jest z 3-dekadowym licznikiem logarytmicznym. Najbardziej czuły zakres pomiaru pozwala mierzyć dawkę promieniowania od $1 \mu\text{r/h}$ do 3r/h , a najwyższy zakres — od $0,1 \text{r/h}$ do 60r/h .

Ten znany układ nie dokonuje korekcji energii elektrocznej tzn nie posiada obwodu ważonego dyskryminatora, co powoduje pracę układu w trybie zliczania impulsów.

Sposób pomiaru promieniowania radioaktywnego, w którym sygnały detektora promieniowania wzmacnia się, kształtuje i uzyskuje się wskazanie proporcjonalne do ilości i powierzchni impulsów, według wynalazku charakteryzuje się tym, że w czasie kształtowania impulsów te z nich, które są mniejsze niż zadany poziom energetyczny, przekształca się w sygnały o równej powierzchni odpowiadającej żadanemu poziomowi i wskazanie staje się proporcjonalne do ilości impulsów, a sygnały o wyższym poziomie energetycznym niż poziom zadany, przekształca się w sygnały o powierzchni proporcjonalnej do energii i wskazanie staje się proporcjonalne do energii impulsów.

Układ do pomiaru promieniowania radioaktywnego, w którym połączone są szeregowo detektor promieniowania, wzmacniacz obwód formujący impulsy, obwód całkujący oraz wskaźnik, i który w obwodzie formującym zawiera modulator szerokości impulsów, według wynalazku charakteryzuje się tym, że wyjście modulatora szerokości impulsów, na który składają się tranzystor rozładowujący, tranzystor obcinający, tranzystor przełączeniowy i tranzystor wzmacniający impulsy, połączone jest poprzez obwód różniczkujący, zawierający kondensator i rezystor, z tranzystorowym wzmacniaczem różnicowym. Wyjście wzmacniacza różnicowego połączone jest z bazą tranzystora przełączeniowego stanowiącą wejście sterujące modulatora szerokości impulsów.

W obwodzie kolektora tranzystora rozładowującego stanowiącym wejście obwodu formującego impulsy znajduje się kondensator połączony z biegunem źródła napięcia zasilania. Baza tranzystora rozładowującego połączona jest z emiterem komplementarnego tranzystora obcinającego impulsy, którego baza połączona jest z dzielnikiem napięcia włączonym pomiędzy bieguny źródła napięcia zasilania, a którego kolektor połączony jest z bazą tranzystora przełączeniowego zablokowaną rezystorem i stanowiącą wejście sterujące modulatora szerokości impulsów. Kolektor tranzystora przełączeniowego połączony jest z wejściem odwracającego fazę tranzystora wzmacniającego, którego wyjście stanowiące wejście obwodu formującego połączone jest przez obwód różniczkujący z wejściem tranzystorowego wzmacniacza różnicowego, którego wyjście połączone jest z wejściem sterującym modulatora szerokości impulsów.

Rozwiązanie według wynalazku jest bliżej objaśnione w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia charakterystykę przejściową układu pomiarowego, fig. 2 — ogólny schemat blokowy układu, a fig. 3

przedstawia fragment układu pomiarowego, stanowiący obwód formujący impulsy.

Charakterystykę przejściową układu przedstawioną na fig. 1, gdzie naniesiono powierzchnię impulsów w funkcji energii lub amplitudy impulsów.

Krzywa stanowiąca charakterystykę przejściową składa się dwóch odcinków. Impulsy przekraczające poziom amplitudy D powodują w obwodzie podobnym do monostabilnego multiwibratora powstawanie impulsów o szerokości odpowiadającej energii.

To odpowiada odcinkowi $A-B$ krzywej, w którym to obszarze impulsy wyjściowe niezależne są od energii detektowanych cząstek. Na tym odcinku wskazanie proporcjonalne jest tylko do ilości detektowanych cząstek na jednostkę czasu. Odcinek ten odpowiada rodzajowi pracy „zliczanie impulsów”.

Jeśli amplituda impulsów przekroczy poziom B , włącza się modulator szerokości impulsów, dzięki czemu proporcjonalnie do amplitudy, tj. energii, dłuższe impulsy dostają się na wyjście układu. To odpowiada odcinkowi $B-C$ krzywej, w którym to obszarze szerokość impulsów wyjściowych proporcjonalna jest do energii detektowanych cząstek. Na tym odcinku wskazania, co jest charakterystyczne dla wskazań liniowych, proporcjonalne są do iloczynu detektowanych cząstek i energii.

Ogólny schemat blokowy układu pomiarowego przedstawiono na fig. 2. Do wyjścia detektora promieniowania 1 dołączony jest wzmacniacz 2, który z kolei połączony jest z wejściem 6 obwodu formującego impulsy 3. Wyjście 22 obwodu formującego 3 połączone jest z całkującym obwodem 4, do którego wyjścia dołączony jest wskaźnik 5. Szczegółowy schemat obwodu formującego impulsy 3 przedstawiono na fig. 3 rysunku. Na wejściu tego obwodu znajduje się kondensator 7 rozładowujący się do stałoprądowego źródła zasilania — U — poprzez kolektor tranzystora 9 zaopatrzonego w rezystor emiterowy.

Napięcie bazy rozładowującego tranzystora 9 zapewnia emiter komplementarnego tranzystora 10, który ma za zadanie obcinanie impulsów. Tranzystor obcinający 10 pracuje jako wzmacniacz z uziemioną bazą, ponieważ posiada wysokoomowy rezystor emiterowy, a jego baza podłączona jest do dzielnika napięcia składającego się z niskoomowych rezystorów 12, 13. Prąd kolektora określany jest przez tranzystor przełączeniowy 16 z uziemionym emiterem, blokowany rezystorem 15.

Całkujący kondensator 7 rozładowuje się do napięcia określonego dzielnikiem napięcia bazy zawierającym rezystory 12, 13 w stopniu obcinającym impulsy.

Napięcie kolektor — emiter oraz prąd rozładowującego tranzystora 9 mają wartość zero. Cały prąd emitera płynie jako prąd bazy przez rezystor emiterowy 11 tranzystora obcinającego 10. Na skutek tego emiter obcinającego tranzystora 10 ma ujemny potencjał i tranzystor rozładowujący 9 jest zablokowany. Zablokowany jest również tranzystor przełączeniowy 16. Jeśli jakiś impuls ze wzmacniacza 2 naładuje kondensator całkujący, wówczas potencjał kolektora tranzystora rozładowującego 9 rośnie, prąd kolektora zaczyna płynąć tak, że udział prądu bazy maleje do wielkości β . W tym momencie zaczyna przewodzić rozdzielający impulsy tranzystor obcinający 10 — ponieważ jego napięcie emitera spadło — i jego prąd kolektora odblokowuje przełączeniowy tranzystor 16. Stan ten trwa tak długo, dopóki nie rozła-

duje się całkujący kondensator 7. Po rozładowaniu wszystkie stopnie powracają do stanu wyjściowego.

Ponieważ prąd rozładowujący jest stały, czas trwania rozładowania jest proporcjonalny do napięcia, do jakiego naładowany został kondensator. Napięcie to jest proporcjonalne do amplitudy impulsów wyjściowych detektora. W czasie rozładowywania tranzystor obcinający 10 — rozdzielający impulsy utrzymuje — jako wtórnik emiterowy — stały poziom prądu bazy tranzystora rozładowującego 9 i zapewnia wraz z rezystorem 8 stały prąd rozładowania.

Działający w paśmie energetycznym A-B przedstawionym na fig. 1 stopień czasowy — podobny w działaniu do monostabilnego multiwibratora — funkcjonuje następująco: para tranzystorów wzmacniacza różnicowego 20, 21 sterowana jest zmieniającym fazę, wzmacniającym impulsy tranzystorem 17.

Impuls wyjściowy podawany jest przez kondensator 18 do bazy pierwszego tranzystora 20 różnicowego wzmacniacza. Ten kondensator rozładowywany jest w kierunku źródła napięcia poprzez rezystor 19. Baza drugiego tranzystora 21 wzmacniacza różnicowego połączona jest z dzielnikiem napięcia zawierającym rezystory 12, 13, a kolektor z wejściem sterującym 14 tranzystora przełączeniowego 16.

W stanie wyjściowym pierwszy rezystor 20 wzmacniacza różnicowego przechodzi i blokuje drugi z tej pary tranzystor 21. Gdy na wyjściu występuje impuls, to znaczy w modulatorze wykryto dawkę promieniowania wówczas para tranzystorów wzmacniacza różnicowego 20, 21 zostaje przełączona i tranzystor 21 przewodzi, a jego prąd kolektora powoduje, że tranzystor przełączeniowy 16 również przewodzi, niezależnie od tego, że tranzystor obcinający impulsy jest zablokowany. Stan ten trwa tak długo, dopóki określający stałą czasową kondensator 18 nie rozładowuje się poprzez rezystor 19 do napięcia bazy drugiego z pary tranzystorów różnicowych tranzystora 21. Wtedy różnicowy wzmacniacz 20, 21 powraca do stanu początkowego i zanika sygnał wyjściowy.

Dzięki takiemu obwodowi formującemu w wypadku małych amplitud impulsów wejściowych, czemu na fig. 1 odpowiada odcinek A-B, wzmacniacz wysyła impulsy o stałej szerokości według wcześniej ustalonych kryteriów czasowych. W wypadku, gdy z modulatora nadchodzi szerokie impulsy, czemu na fig. 1 odpowiada odcinek B-C w/w kryteria czasowe nie są rozpatrywane i podawana z modulatora szerokość impulsów przechodzi niezmieniona na wyjście 22 obodu formującego 3. Monostabilna para tranzystorów wpływa na impulsy także w tym wypadku tak, jak to opisano wyżej, ale tranzystor przełączeniowy 16 ze względu na jego podwójne sterowanie utrzymywany jest w stanie przewodzenia przez prąd tranzystora obcinającego 10. Impulsy wyjściowe wzmacniającego tranzystora 17 mogą być wskazywane tradycyjnymi wskaźnikami całkującymi.

Wyjście 22 obvodu formującego impulsy połączone jest z wielostopniowym obwodem całkującym 4 i wskaźnikiem 5.

Istotnymi zaletami układu według wynalazku są: możliwość wskazań niezależnych od mocy w szerokim paśmie energii, szerokie pasmo natężenia, osiągnięcie stałoprą-

dowego sprzężenia zwrotnego dzięki zastosowaniu tranzystorów komplementarnych, a ponadto minimalne ilości kondensatorów sprzęgających i filtrujących. Układ ten może być wykonany jako układ scalony. Automatyczny wybór rodzaju pracy w zależności od energii mierzonego promieniowania umożliwia, niezależnie od mocy, wskazania w szerokim paśmie natężenia: 50 $\mu\text{r/h}$ do 1000 $\mu\text{r/h}$ i energii: 10 keV — 2 keV, z dokładnością w granicach błędu dopuszczalnego w miernictwie nuklearnym.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru promieniowania radioaktywnego w szerokim paśmie energii i natężenia, w którym sygnały detektora promieniowania wzmacnia się, kształtuje i uzyskuje się wskazanie proporcjonalne do ilości i powierzchni impulsów, **znamienny tym**, że w czasie kształtowania impulsów te z nich, które są mniejsze niż zadany poziom energetyczny, przekształca się w sygnały o równej powierzchni odpowiadającej żadanemu poziomowi i wskazanie staje się proporcjonalne do ilości impulsów, a sygnały o wyższym poziomie energetycznym niż poziom zadany przekształca się w sygnały o powierzchni proporcjonalnej do energii i wskazanie staje się proporcjonalne do energii impulsów.

2. Układ do pomiaru promieniowania radioaktywnego w szerokim paśmie energii i natężenia, w którym połączone są szeregowo detektor promieniowania, wzmacniacz, obwód formujący impulsy, obwód całkujący oraz wskaźnik i który w obwodzie formującym impulsy zawiera modulator szerokości impulsów, **znamienny tym**, że wyjście modulatora szerokości impulsów na który składają się tranzystor rozładowujący (9), tranzystor obcinający (10), tranzystor przełączeniowy (16) i tranzystor wzmacniający impulsy (17), połączone jest poprzez obwód różniczkujący zawierający kondensator (18) i rezystor (19) z tranzystorowym wzmacniaczem różnicowym (20, 21), przy czym wyjście wzmacniacza różnicowego (20, 21) połączone jest z bazą tranzystora przełączeniowego (16) stanowiącą wejście sterujące (14) modulatora szerokości impulsów.

3. Układ według zastrz. 2, **znamienny tym**, że w obwodzie kolektora tranzystora rozładowującego (9) stanowiącym wejście (6) obvodu formującego impulsy (3) znajduje się kondensator (7) połączony z biegunem źródła napięcia zasilania ($-U_1$), przy czym baza tranzystora rozładowującego (9) połączona jest z emiterem komplementarnego tranzystora obcinającego impulsy (10), którego baza połączona jest z dzielnikiem napięcia włączonym pomiędzy bieguny źródła zasilania, a którego kolektor połączony jest z bazą tranzystora przełączeniowego (16) zablokowaną rezystorem (15) i stanowiącą wejście sterujące (14) modulatora szerokości impulsów, przy czym kolektor tranzystora przełączeniowego (16) połączony jest z wejściem odwracającego fazę tranzystora wzmacniającego (17), którego wyjście stanowiące (22) obvodu formującego (3) połączone jest przez utworzony z rezystora (19) i kondensatora (18) obwód różniczkujący z wejściem tranzystorowego wzmacniacza różnicowego (20, 21), którego wyjście połączone jest z wejściem sterującym (14) modulatora szerokości impulsów.

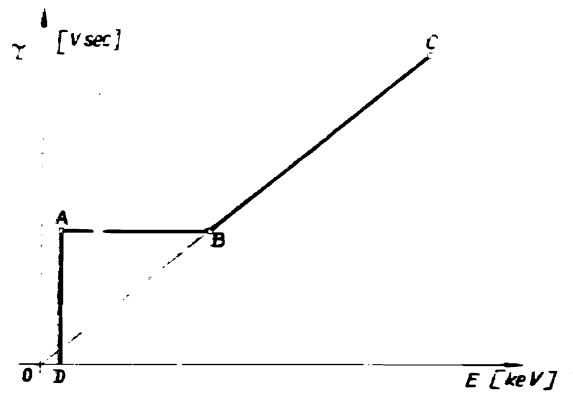


Fig 1

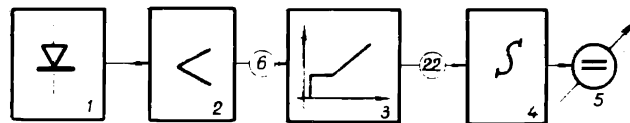


Fig 2

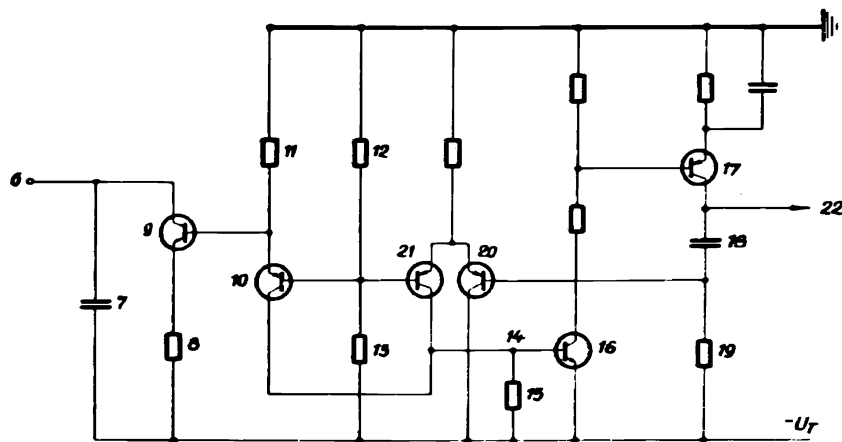


Fig 3