

Charakterystyka licznika Geigera – Müllera.

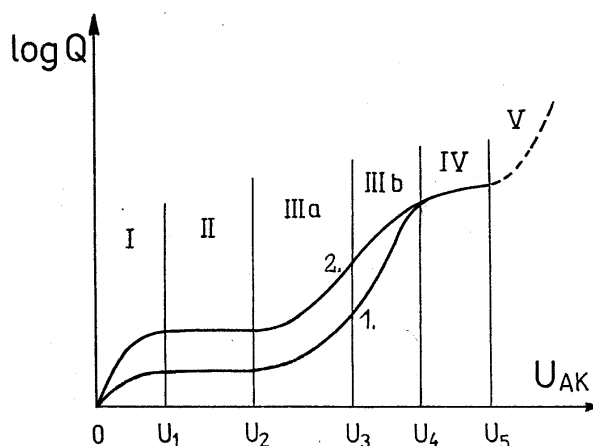
I. Zagadnienia

1. Działanie i budowa liczników promieniowania jonizującego ze szczególnym uwzględnieniem licznika Geigera – Müllera, w tym bardzo szczegółowo zwrócić uwagę na:
 - rodzaje i budowa liczników Geigera – Müllera i ich uwarunkowanie od układu elektronicznego;
 - charakterystyka pracy licznika Geigera – Müllera;
 - ruch elektronów i jonów w polu elektrycznym;
 - zjawiska występujące w procesie wyładowań w gazach
 - analiza mechanizmu powstawania impulsu i uwarunkowanie jego kształtu od ruchu elektronów i jonów.

II. Wstęp teoretyczny

Metody detekcji promieniowania jądowego można podzielić na śladowe, pozwalające na obserwację toru cząstki, oraz impulsowe, które pozwalają na rejestrację przejścia cząstki. Do pierwszej grupy zaliczamy komory mgłowe (np. Wilsona lub Langsdorfa), pęcherzykowe (np. Glasera), iskrowe, czy metoda emulsji fotograficznych. Do drugiej grupy należą liczniki jonizacyjne, scyntylicyjne, półprzewodnikowe itd.

Mechanizm powstawania impulsu zmienia się w zależności od napięcia przyłożonego do elektrod, więc zmieniają się też własności licznika. Wyróżnia się kilka zakresów pracy liczników:



Rys. 1. Zależność docierającego do elektrod ładunku od napięcia przyłożonego do licznika.

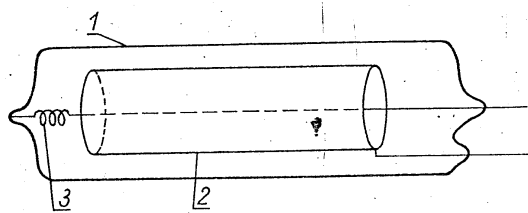
1 – wykres dla cząstki pierwotnej o mniejszej zdolności jonizacyjnej;
2 – wykres dla cząstki pierwotnej o większej zdolności jonizacyjnej.

- I. rekombinacji – w zakresie tym jony pierwotne powstałe w liczniku po przejściu cząstki jonizującej zanim dotrą do elektrod zdążą całkowicie lub częściowo zrekombinować.
- II. komora jonizacyjna – do elektrod docierają wszystkie jony pierwotne powstałe po przejściu cząstki przez obszar roboczy licznika. Ilość ładunku zgromadzonego na elektrodach licznika zależy od energii cząstki padającej promieniowania.
- IIIa. licznik proporcjonalny – w tym zakresie natomiast elektrony pierwotne nabywają taką energię kinetyczną na drodze swobodnej, że mają zdolność do kolejnych jonizacji. Powstają w ten sposób jony wtórne i w wyniku tego do elektrod dociera większy ładunek niż w przypadku komory jonizacyjnej. Ładunek docierający do elektrod jest jednak proporcjonalny do liczby jonów pierwotnych czyli do energii cząstki padającej.
- IIIb. zakres ograniczonej proporcjonalności – następuje tu wzajemne zakłócanie kaskad elektronów powstałych w wyniku jonizacji wtórnej stąd też liczba ładunków docierających do elektrod nie jest już wprost proporcjonalna do liczby pierwotnych jonów
- IV. zakres Geigera – Müllera - dla tego zakresu napięć liczba ładunków docierających do elektrod nie zależy od jonizacji pierwotnej. Elektrony docierające do anody mają wystarczającą energię aby podczas zderzenia wyemitować foton zdolny do wybicia z katody kolejne elektrony wtórne. Wyładowanie obejmuje cały obszar roboczy licznika i w tym momencie wyładowanie zaczyna wygasać ze względu na obecność domieszki w gazie szlachetnym wypełniającym licznik lub gaszenie odbywa się przy pomocy układu zewnętrznego.

V. zakres wyładowania ciągłego – powyżej pewnego napięcia w liczniku powstaje niekontrolowane wyładowanie ciągłe w wyniku którego licznik ulega uszkodzeniu.

Licznik Geigera – Müllera służy do rejestracji promieniowania pochodzenia jądowego tj. α , β lub promieniowania γ po zastosowaniu tarczy, z której wybijane są rejestrowane przez licznik elektrony comptonowskie. Promieniowanie to ma zdolność jonizacji gazu przez który przenika i tę właśnie cechę wykorzystuje licznik Geigera – Müllera. W przeciwieństwie do innych przyrządów jonizacyjnych impuls powstający na wyjściu licznika G-M nie zależy od energii cząstki przechodzącej przez licznik i wywołującej impuls. Stąd też liczniki te mają zastosowanie w przypadkach, kiedy chcemy znać liczbę cząstek przechodzących przez licznik a nie ich energię.

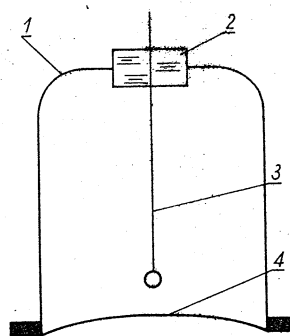
Licznik Geigera – Müllera należy do rodziny przyrządów jonizacyjnych i najczęściej występuje w dwóch odmianach: kielichowej (rys. 2) oraz cylindrycznej (rys. 3). Składa się on z dwóch elektrod: centralnej anody wykonanej z cienkiego drutu oraz cylindrycznej metalowej katody napylonej na szklaną obudowę lub będącą jednocześnie obudową. Wnętrze licznika wypełnione jest mieszaniną gazu szlachetnego i gazu gaszącego wyładowanie lawinowe.



Rys. 2.

Licznik G-M cylindryczny.

- 1- szklane naczynie
- 2- cylindryczna katoda
- 3- metalowa nić – anoda

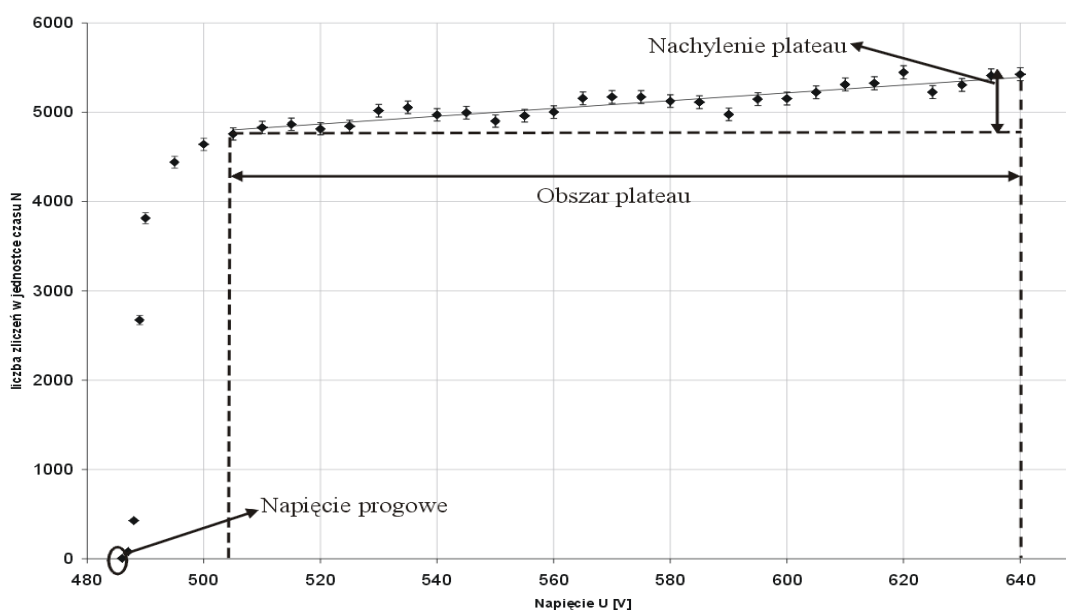


Rys. 3.

Licznik G-M kielichowy.

- 1- katoda
- 2- izolator
- 3- anoda
- 4- cienkie okienko mikowe

Liczniki Geigera – Müllera opisuje się podając obok budowy licznika jego charakterystykę. Charakterystyką licznika G-M nazywamy zależność rejestrowanej liczby impulsów w jednostce czasu od wielkości przyłożonego napięcia. Przykładową zależność przedstawia rys. 4.

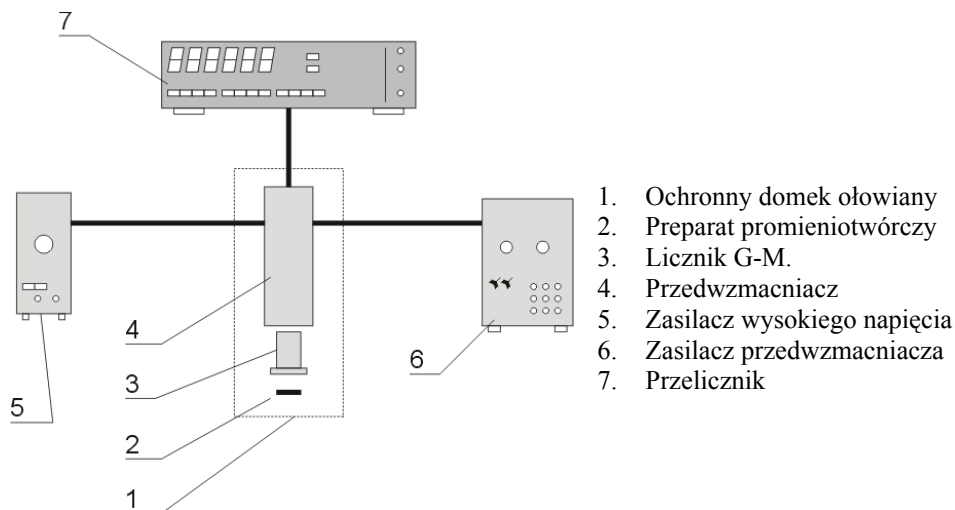


Rys. 4. Przebieg charakterystyki licznika G-M na podstawie przeprowadzonego doświadczenia.

Z charakterystyki możemy odczytać kilka cech charakterystycznych dla konkretnego egzemplarza licznika: napięcie progowe, zakres plateau licznika, w którym to zakresie liczba zliczeń słabo zależy od przyłożonego napięcia, nachylenie plateau $\eta = \frac{\Delta n}{n_0} \frac{100\%}{\Delta U}$ lub nachylenie wyrażone na 100 [V] $\eta = \frac{\Delta n}{n_0} \frac{10^4}{\Delta U}$.

III. Część doświadczalna

A. Schemat blokowy aparatury pomiarowej:



Rys. 5. Schemat blokowy układu pomiarowego

B. Wykonanie ćwiczenia

1. Ustawić źródło promieniotwórcze w domku ołowianym daleko od licznika.
2. Skręcić zasilanie licznika do 100 V.
3. Stopniowo zwiększać napięcie w celu określenia tzw. napięcia progowego. Otrzymaną wartość zapisać, a następnie sprawdzić powtarzając procedurę kilka razy. Dla licznika kielichowego można używać dużej skokowej zmiany napięcia, ponieważ z zasady od 0 do 200-400 V licznik kielichowy G-M nie reaguje na zmiany. Dla licznika cylindrycznego brak zmian w zakresie od 0 do 300 V.
4. Zwiększając napięcie przykładane do licznika od wyznaczonego napięcia progowego do U_p skokowo co 1, 5 lub 10 V (uzgodnić ten skok z prowadzącym ćwiczenie) notować liczbę zliczeń w zadanym czasie aż do wartości napięcia, przy którym rozpoczyna się gwałtowny wzrost szybkości zliczeń. Czas pomiaru dopasować do statystyki zliczeń (może wynosić od 30 sekund do 2 minut)
5. Pomiar powtórzyć, ale tym razem wartość napięcia przykładanego do licznika zmniejszać w taki sposób, w jaki poprzednio był zwiększany. Nie zmieniamy geometrii pomiaru.
6. Całą procedurę powtórzyć dla mniejszej odległości źródła od okienka licznika.

C. Opracowanie wyników.

1. Wykreślić charakterystykę badanego licznika $N = f(U)$, zaznaczyć niepewności pomiarowe $(u(N) = \sqrt{N})$, dla rosnących i malejących napięć na jednym wykresie.
2. Określić wartość nachylenia plateau dla napięć rosnących i malejących z zależności:

$$\eta = \frac{\Delta N}{N_0 \Delta U} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie: ΔN - przyrost liczby zliczeń licznika w zakresie $\Delta U = U_2 - U_1$;

$U_{1, 2}$ - odpowiednie wartości napięcia początku i końca plateau;

N_0 - liczba zliczeń odpowiadająca napięciu pracy U_p .

3. Obliczyć wartość średnią współczynnika nachylenia plateau.
4. Określić względną zmianę szybkości rejestracji przypadającą na 100 V z zależności:

$$\eta' = \frac{\Delta N \cdot 10^4}{N_0 \Delta U} [\%] \quad (2)$$

5. Przedyskutować otrzymane wyniki, a dokładnie:
 - a) scharakteryzować parametry licznika i jego charakterystykę;
 - b) wyszczególnić parametry jakie mają wpływ na pracę licznika G-M;
 - c) omówić jak najlepiej ustalić warunki pracy badanego licznika.

IV. Literatura

1. E. Fünfer, H. Neuert, „Liczniki promieniowania” [PWN, Warszawa 1960];
2. K. Małuszyńska, M. Przytuła, „Laboratorium fizyki jądrowej” [PWN, Łódź 1969];
3. T. Hilczer, „Ćwiczenia z fizyki jądrowej” [UAM, Poznań 1975];
4. William J. Price, „Detekcja promieniowania jądrowego” [PWT, Warszawa 1960];
5. Sz. Szczeniowski, cz. VI, „Fizyka doświadczalna. Fizyka jądra i cząstek elementarnych” [PWN, Warszawa 1974];
6. A. Strzałkowski, „Wstęp do fizyki jądra atomowego” [PWN, Warszawa 1969];
7. J. M. Massalski, „Detekcja promieniowania jądrowego”, [PWN, Warszawa 1959];
8. W. I. Goldanski, „Statystyka pomiarów przy rejestracji promieniowania jądrowego” [PWN, Warszawa 1963];