

DETEKTORY

Wiązka jonów po przebyciu analizatora mas podlega detekcji i przekształceniu w użyteczny sygnał. Istnieje wiele różnych typów detektorów, zdolnych przekształcić słaby prąd jonowy w mierzalny sygnał. Mamy dwie podstawowe klasy detektorów:

- Detektory bezpośrednie (płyta fotograficzna bądź puszka Faradaya)
- Powielacze jonowe umożliwiające zwiększenie intensywności wykrywanego sygnału.

Płyty fotograficzne

W pierwszych spektrometrach mas jako detektory stosowano płyty fotograficzne umieszczone za analizatorem. Do każdego z punktów płyty docierały jony o tym samym m/z . Ustalenie wartości m/z , a tym samym i mas jonów odpowiadających poszczególnym plamkom, możliwe było po uprzednim wyskalowaniu tak utworzonej osi odciętych. Stopień zaczernienia plamek oznaczał natomiast względne intensywności strumieni, a więc i liczby poszczególnych jonów.

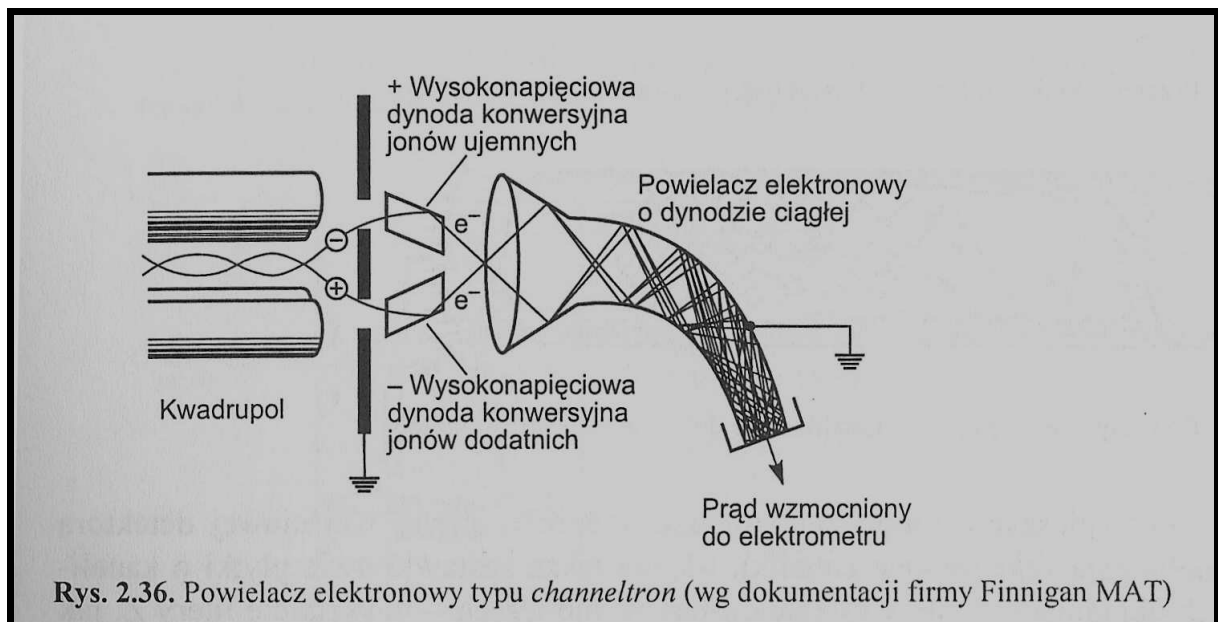
Puszki Faradaya

Ten typ detektora zbudowany jest z wydłużonej, cylindrycznej komory - puszki. Jony wnikaące do jej wnętrza przez niewielki otwór dochodzą do dna i przekazują tam swój ładunek. Powstający w ten sposób prąd rozładowania jest następnie wzmacniany i mierzony za pomocą elektrometru. Stosuje się różne środki, za pomocą których można zapobiegać lub wstrzymać emisję elektronów wtórnych, powstających przy zderzeniu jonów z powierzchnią detektora, jak np. pokrywanie wewnętrznych powierzchni puszki węglem lub użycie słabego pola magnetycznego, powodującego zawrócenie elektronów wtórnych do emitującej je powierzchni. Ponieważ ujemny elektron opuszczający powierzchnię detektora powoduje dokładnie ten sam efekt, co wychwycenie przez detektor jonu dodatniego, emisja elektronów wtórnych, o ile się jej nie zapobiegnie, jest poważnym źródłem błędów w tej metodzie detekcji.

Chociaż czułość puszek Faradaya jest ograniczona ze względu na brak typowego dla innych detektorów MS powielenia otrzymanego sygnału, to ich zaletą jest duża dokładność, ponieważ ładunek puszek jest niezależny od masy, od prędkości, a zatem i od energii wykrywanych jonów. Tego typu detektory są wymagane np. do bardzo precyzyjnego pomiaru stosunku izotopowego.

Powielacze elektronowe

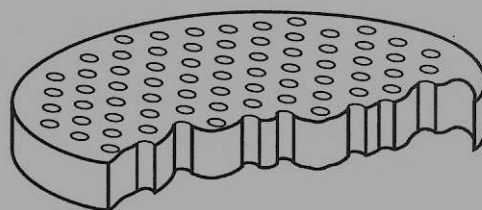
Powielacze elektronowe (*channeltrons*) są obecnie powszechnie stosowane w spektrometrii mas. Są zbudowane w formie rogu z rur wykonanych ze szkła ołowiowego, mającego dobre właściwości emisji elektronów wtórnych i jednakowy opór elektryczny. Napięcie przyłożone między dwoma końcami rury spada stopniowo wzdłuż całej jej długości. Każda cząstka, docierająca do wewnętrznej powierzchni detektora, powoduje emisję elektronów, które następnie są przyspieszane przez pole elektryczne do wnętrza rury, aby znów zderzyć się ze ścianką i spowodować emisję elektronów wtórnych. Sygnał wyjściowy podlega detekcji na płycie kolektora na końcu rury.



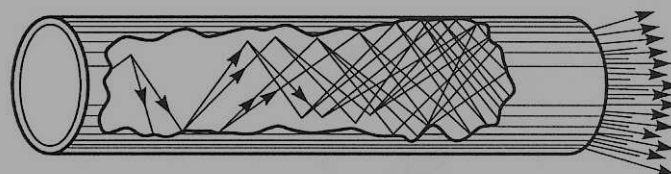
Przed detektorem są umieszczone dwie dynody konwersyjne - bramka o potencjale ujemnym do konwersji jonów dodatnich i odpowiednia bramka o potencjale dodatnim dla jonów ujemnych. Jon docierający do anody konwersyjnej powoduje emisję G elektronów. W powielaczu elektronowym dokąd docierają elektrony z dynod, są następnie powielane kaskadowo w kierunku jego wnętrza (wzmocnienie H). Wartość wzmocnienia konwersji $G \times H$ może osiągnąć wartość 10^6 - 10^7 . Stopień konwersji zależy od natury (masy, ładunku i struktury) oraz od szybkości jonów podlegających detekcji. Powielacze elektronowe nie są więc tak dokładne jak puszka Faradaya, natomiast ich duża czułość umożliwia szybkie przemiatanie w spektrometrze.

Detektory mikrokanalikowe

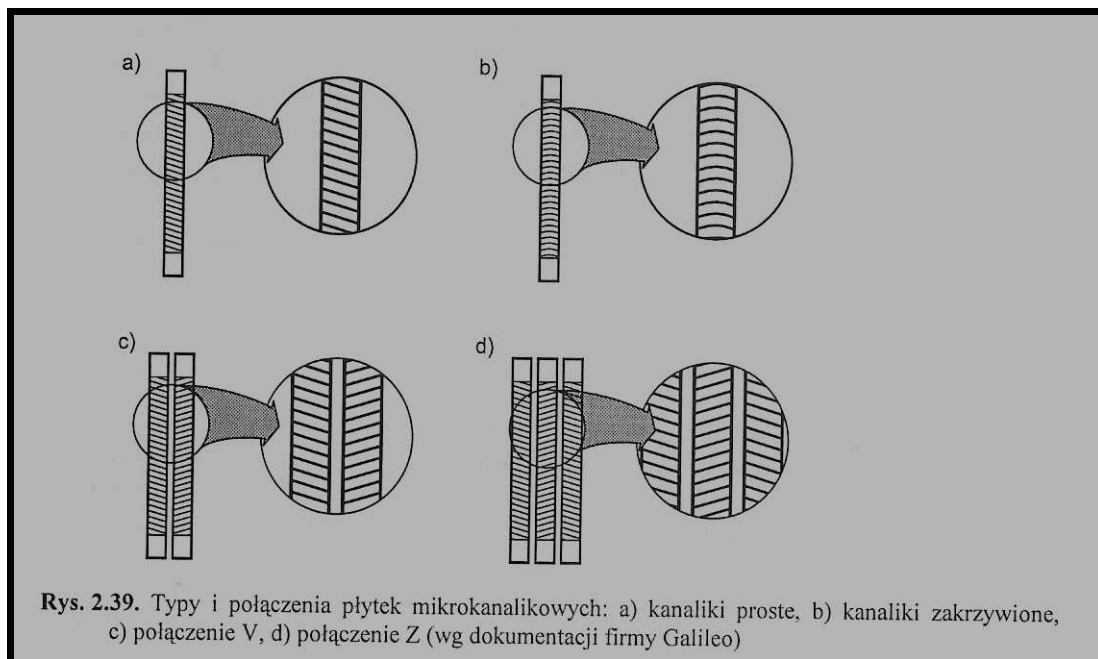
Detektor mikrokanalikowy jest zbudowany z płytki, w której przewiercono cylindryczne, równoległe otwory (kanaliki). Każdy z nich ma średnicę 4-5 μm , a odległość między ich środkami wynosi 4-32 μm . Na stronie wejściowej płytki utrzymywany jest potencjał ujemny rzędu 1 kV w stosunku do strony wyjściowej. Powielanie elektronów zachodzi w wyniku naniesienia na powierzchnię każdego z kanalików emitującego elektrony wtórne półprzewodnika.



Rys. 2.37. Przekrój płytki z mikrokanalikami (wg dokumentacji firmy Galileo)



Rys. 2.38. Powielanie elektronów w kanalikach (wg dokumentacji firmy Galileo)

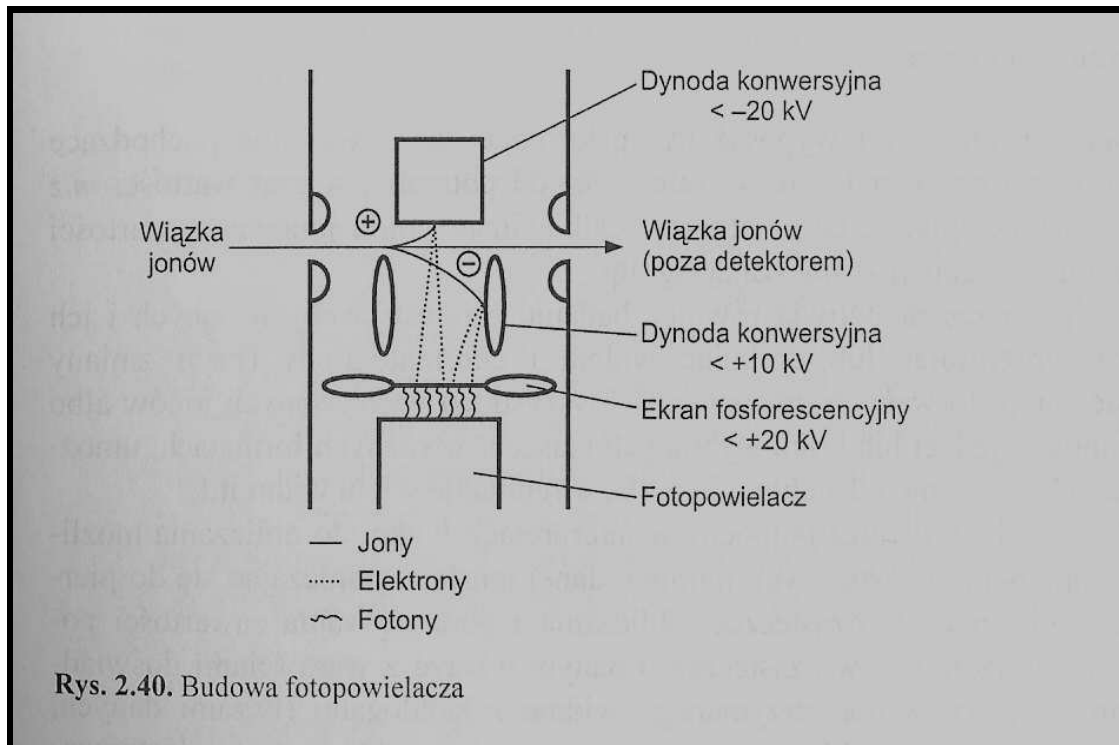


Przyspieszaniu jonów dodatnich w kierunku strony wejściowej detektora zapobiegają zakrzywione kanaliki. Można także zestawić dwie płytki o kanałach układających się w kształcie litery V lub trzech - w kształcie litery Z, jak pokazano na rysunku poniżej. Efekt lawinowy w kanaliku może zwiększyć liczbę elektronów 10^5 -krotnie. Używając wielu płytek, można uzyskać wzmocnienie 10^8 . Przy wyjściu z każdego kanalika metalowa anoda zbiera strumień elektronów wtórnych i przekazuje sygnał do elektrometru. Geometria płytki jest analogiczna do płyty fotograficznej - do różnych jej miejsc docierają jony o różnych m/z , które mogą być zliczane jednocześnie podczas przemiatania polem magnetycznym analizatora.

Fotopowielacze

Ten typ detektora składa się z dwóch dynod konwersyjnych, ekranu fosforescencyjnego i właściwego fotopowielacza. Detektor ten umożliwia wykrywanie zarówno dodatnich, jak i ujemnych jonów. W trybie detekcji jonów dodatnich, jony są przyspieszane w kierunku dynody o potencjale ujemnym, a w przypadku potrzeby detekcji jonów ujemnych - w kierunku dynody naładowanej dodatnio. Elektrony wtórne, emitowane przez dynody konwersyjne, są następnie przyspieszane w kierunku ekranu fosforescencyjnego, gdzie ulegają one przekształceniu w fotony, podlegające z kolei detekcji przez fotopowielacz. Powierzchnia ekranu

fosforescencyjnego jest pokryta delikatną warstwą przewodzącego aluminium w celu uniknięcia gromadzenia się na nim ładunków, co mogłoby powstrzymać napływ nowych elektronów. Wartość wzmocnienia konwersji w fotopowielaczach wynosi 10^4 - 10^5 .



Fotopowielacze charakteryzują się dużą trwałością (do 10 lat, okres ten może przedłużyć czas eksploatacji spektrometru) w porównaniu z klasycznymi powielaczami elektronowymi (średni czas używania wynosi 1,5 roku, jednak duże odchylenia od tej wartości zdarzają się często). Dlatego fotopowielacze instalowane są ostatnio w droższych spektrometrach.