

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

60465

Patent dodatkowy
do patentu _____

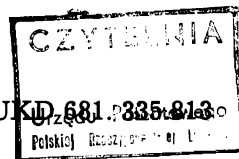
Zgłoszono: 05.X.1968 (P 129 395)

Pierwszeństwo: _____

Opublikowano: 31.VII.1970

Kl. 42 m⁴, 7/26

MKP G 06 g, 7/26



Współtwórcy wynalazku: mgr inż. Józef Wysocki, mgr inż. Stanisław Błoński, mgr inż. Włodzimierz Skorupski, mgr inż. Józef Rożewicz

Właściciel patentu: Uniwersytet Wrocławski (Instytut Fizyki Doświadczalnej), Wrocław (Polska)

Sposób pomiaru i rejestracji prostych Fowlera-Nordheima oraz urządzenie do stosowania tego sposobu

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru i rejestracji prostych Fowlera-Nordheima np. w trakcie naparowywania atomów adsorbata na adsorbent w mikroskopie polowym przy badaniu procesów adsorpcji dla dowolnej kombinacji adsorbat-adsorbent i dowolnego kształtu ostrza mikroskopu polowego, oraz urządzenie do stosowania tego sposobu.

Celem wyznaczenia prostej Fowlera-Nordheima przy danej grubości naparowanej warstwy na ostrzu w mikroskopie polowym należy na drodze pomiarów ustalić w określonych granicach charakterystykę wyrażającą zależność prądu „i” przepływającego przez mikroskop od napięcia „u” przyłożonego do elektrod tego mikroskopu. Uzyskane wyniki pomiarów nanosi się następnie w układzie współrzędnych prostokątnych, przy czym na osi odciętych odkłada się wielkości proporcjonalne do odwrotności napięcia, a na osi rzędnych odkłada się wielkości proporcjonalne do logarytmu ilorazu prądu „i” przez kwadrat napięcia „u”.

W przypadku idealnych, bezbłędnych pomiarów wyniki te wyznaczyłyby prostą zwaną prostą Fowlera-Nordheima. W rzeczywistości jednak wyniki pomiarów są obarczone pewnymi błędami i wyznaczony w sposób wyżej podany przebieg nie będzie stanowił linii prostej. Ze względu na to wyniki pomiarów przelicza się tak, aby wyznaczyć przebieg prostej, która najlepiej aproksymuje wyniki pomiarów.

2

Dotychczas znane są dwa sposoby przeprowadzania pomiarów w celu wyznaczenia charakterystyki prądu od napięcia.

Według pierwszego z nich napięcie zmienia się ręcznie w pewnych określonych granicach i mierzy odpowiadające mu wartości prądu.

Drugi sposób polega na tym, że pomiędzy elektrody mikroskopu polowego przykładą się napięcie o zadanym kształcie schodkowym i określonym czasie trwania, a zależną od niego wartość prądu rejestruje się na taśmie.

Wadą pierwszego sposobu jest to, że dla wyznaczenia charakterystyki należy przerwać proces naparowywania na stosunkowo długi czas niezbędny do przeprowadzenia pomiarów, co stwarza możliwość pojawienia się niepożądanego adsorbentu resztek gazowych i w znacznym stopniu może zniekształcić wynik pomiarów. Inną wadą tego sposobu jest jego uciążliwość, gdyż proces naparowywania należy przerywać i przeprowadzać serię pomiarów dla każdej grubości warstwy dla której wyznacza się prostą Fowlera-Nordheima i w rezultacie krótkie okresy naparowywania adsorbentu są na przemian przerywane długimi okresami w czasie których przeprowadza się pomiary.

Obróbka wyników pomiarów przeprowadzonych tym sposobem może być ręczna lub za pomocą maszyny cyfrowej, zaś wykreślenie wyników ręczne lub automatyczne.

Drugi sposób przeprowadzenia pomiarów ma w

porównaniu do pierwszego tę zaletę, że nie wymaga przerywania procesu naparowywania. Jest to możliwe dlatego, że okres w którym następuje pomiar zależności prądu „i” od napięcia „u” jest dostatecznie krótki i wynosi np. 1 sek., na skutek czego wpływ zmiany grubości naparowywanej warstwy w czasie trwania pomiaru jest pomijalny na wynik pomiaru.

Według tego sposobu wyniki pomiarów zarejestrowane automatycznie np. na taśmie perforowanej można podawać bądź bezpośrednio na maszynę cyfrową celem obróbki według zadanego programu, a ostateczne wyniki wykreślać automatycznie lub ręcznie, bądź też przekazać je do obróbki na maszynie cyfrowej dopiero po zakończeniu procesu naparowywania.

W pierwszym przypadku konieczne jest posiadanie do dyspozycji maszyny cyfrowej w trakcie przeprowadzania pomiarów i w pobliżu miejsca pomiarów, co wiąże się z dużymi kosztami, w drugim zaś przypadku nie ma możliwości bezpośredniej kontroli wyników w trakcie prowadzonych badań.

Celem niniejszego wynalazku jest całkowite usunięcie wad przedstawionych wyżej sposobów na drodze przeprowadzenia bezpośredniej i automatycznej rejestracji prostych Fowlera-Nordheima w trakcie całego procesu naparowywania, zadaniem zaś wynalazku jest opracowanie sposobu i urządzenia zapewniających osiągnięcie tego celu.

Istota sposobu według wynalazku polega na zamianie występujących wielkości fizycznych prądu i napięcia na analogi proporcjonalne do tych wielkości, a następnie poddaniu ich w obwodzie analogowym operacjom matematycznym w celu uzyskania wielkości proporcjonalnych do odwrotności napięcia na jednym wyjściu tego obwodu i wielkości proporcjonalnych do logarytmu z ilorazu prądu przez kwadrat napięcia na drugim wyjściu, a istota urządzenia do stosowania tego sposobu polega na zastosowaniu takiego układu obwodów analogowych, który zapewnia realizację tych operacji matematycznych.

Zgodnie ze sposobem według wynalazku pomiędzy elektrody mikroskopu polowego przykładają się napięcie, którego wartość zmienia się w ciągu określonego czasu w sposób ciągły w określonych granicach, a następnie napięcie to zamienia się na wielkość proporcjonalną do wartości tego napięcia, to jest analog tego napięcia, a odpowiadającą temu napięciu wartość prądu zamienia się na wielkość proporcjonalną do wartości tego prądu. Z kolei zaś te analogi podaje się w blokach analogowych operacjom matematycznym w celu uzyskania wielkości proporcjonalnych do odwrotności napięcia i wielkości proporcjonalnych do logarytmu z ilorazu prądu przez kwadrat napięcia.

Uzyskane tak wielkości podaje się na wejścia osi odciętych i osi rzędnych urządzenia rejestrującego w układzie współrzędnych prostokątnych, na przykład na rejestrator X — y.

Wartość napięcia na początku pomiaru reguluje się tak, że odpowiadająca mu wartość prądu jest z żadaną dokładnością stała, a moment rozpoczęcia zmiany napięcia i czas jego trwania jest regulowany, co umożliwia wykresanie prostych Fowle-

ra-Nordheima dla szerokiego zakresu grubości warstwy, naparowywanej bez przerywania procesu naparowywania i bez konieczności stosowania podzakresów mierzonych wielkości.

Do realizacji przedmiotowego sposobu służy urządzenie według wynalazku, którego schemat blokowy, przedstawiony jest na załączonym rysunku.

W urządzeniu szeregowo z elektrodami mikroskopu polowego 1 połączone są zasilacz 2 napięcia bazy i zasilacz 3 napięcia pomocniczego. Zasilacz 2 napięcia bazy jest dodatkowo połączony z mikroskopem 1 za pomocą regulatora 4 napięcia bazy. Z punktem w którym zasilacz 2 napięcia bazy połączony jest z mikroskopem 1, to jest z anodą mikroskopu polowego 1, połączony jest również blok 5 zamiany wartości napięcia na odpowiadający mu analog napięcia. Z punktem w którym regulator 4 napięcia bazy połączony jest z mikroskopem polowym 1, połączony jest również blok 6 zamiany wartości prądu przepływającego przez mikroskop polowy 1 na odpowiadający mu analog prądu.

Wyjścia bloków 5 i 6 mają wyprowadzenia do obwodu analogowego wykonującego operacje matematyczne nad analogiem napięcia i prądu. W obwodzie tym zawarty jest blok 7, który wykonuje operacje logarytmowania analogu napięcia i blok 8, który wykonuje operacje logarytmowania analogu prądu oraz bloki 9, 10, 11, 12, i których blok 9 wykonuje operacje zamiany znaku, blok 10 operacji umnożenia przez stały współczynnik równy 2, blok 11 jest sumatorem, a blok 12 dokonuje operacji podnoszenia do potęgi — 1 analogu napięcia. Blok 11 dokonuje operacji sumowania wyników operacji przeprowadzonych przez bloki 7, 8, 9 i 10. Wyjścia obwodu analogowego wykonującego operacje matematyczne nad analogiem prądu i napięcia są połączone z urządzeniem rejestrującym 13 w układzie współrzędnych prostokątnych, przy czym wyprowadzenie z bloku 12 odpowiada doprowadzeniu na osi odciętych urządzenia rejestrującego 13, a wyprowadzenie z bloku 11 odpowiada doprowadzeniu na osi rzędnych tego urządzenia.

Całość urządzenia sterowana jest blokiem 14, który połączony jest z zasilaczem 3 napięcia pomocniczego, regulatorem 4 napięcia bazy i urządzeniem rejestrującym 13.

Działanie urządzenia według wynalazku przedstawione jest poniżej.

W czasie wykresania prostej Fowlera-Nordheima dla danej grubości naparowanej warstwy, napięcie zasilacza 2 bazy posiada wartość stałą, a napięcie z pomocniczego zasilacza 3 zmienia się w funkcji czasu w sposób ciągły od zera do pewnej określonej wartości, która stanowi część wartości napięcia bazy.

Okres trwania napięcia pomocniczego jest tak regulowany aby wpływ zmiany grubości naparowywanej w tym czasie warstwy był pomijalny na wynik pomiaru. Na skutek działania napięcia pomocniczego wartość prądu przepływającego w obwodzie mikroskopu polowego 1 zmienia się również w sposób ciągły w funkcji czasu.

Do bloku 6 zamiany wartości prądu na odpowiadający mu analog prądu i do regulatora 4 napięcia bazy pobiera się z mikroskopu polowego 1 prąd

bądź bezpośrednio za pomocą oddzielnej elektrody, bądź też pośrednio jako spadek napięcia na oporniku o znanej oporności umieszczonym w obwodzie mikroskopu polowego 1 np. pomiędzy wyprowadzeniem z mikroskopu 1 a doprowadzeniem do zasilacza 3 napięcia pomocniczego.

W celu wykreślenia tak uzyskanych wyników pomiaru charakterystyki prądu przepływającego w obwodzie mikroskopu polowego 1 od napięcia przyłożonego do elektrod tego mikroskopu w układzie współrzędnych, w którym na osi odciętych odkłada się wielkości proporcjonalne do odwrotności napięcia, a na osi rzędnych odkłada się wielkości proporcjonalne do logarytmu z ilorazu prądu przez kwadrat napięcia, obie wielkości wartości fizycznych prądu i napięcia zamienia się na wielkości odpowiadające ich wartościom, to jest na ich analogi. Następnie poddaje się je wymaganym operacjom matematycznym.

Blok 5 dokonuje operacji zamiany wartości napięcia na analog napięcia, a blok 6 dokonuje operacji zamiany wartości prądu na analog prądu. Analog napięcia otrzymywany z wyjścia bloku 5 poddawany jest równocześnie operacjom w dwóch torach. W pierwszym torze po dokonaniu w bloku 12 operacji podnoszenia do potęgi (-1) wynik podany jest na wejście osi odciętych urządzenia rejestrującego 13. W drugim torze analog napięcia poddawany jest kolejno operacji logarytmowania w bloku 7, operacji zamiany znaku w bloku 9 i operacji mnożenia przez stały współczynnik równy 2, w bloku 10.

Analog prądu otrzymywany z wyjścia bloku 6 poddawany jest operacji logarytmowania w bloku 8. Wyniki operacji pojawiające się na wyjściu bloku 8 i wyjściu bloku 10 są sumowane w bloku 11, którego wyjście połączone jest z urządzeniem rejestrującym 13 w punkcie odpowiadającym wejściu na oś rzędnych.

Proces wykreślenia prostych Fowlera-Nordheima w urządzeniu według wynalazku sterowany jest za pomocą bloku sterowania 14, który steruje pracą zasilacza 3 napięcia pomocniczego, regulatora 4 napięcia bazy i urządzeniem rejestrującym 13.

Urządzenie pracuje dwustanowo to znaczy może się znajdować w stanie przygotowania pomiaru i w stanie pomiaru,

W stanie przygotowania pomiaru napięcie z zasilacza 3 napięcia pomocniczego jest równe zero, urządzenie rejestrujące 13 jest wyłączone, a regulator 4 napięcia bazy jest włączony i reguluje napięcie bazy tak, aby wartość prądu płynącego w obwodzie mikroskopu polowego 1 była, z określoną dokładnością stała.

Przy przejściu ze stanu przygotowania pomiaru do stanu pomiaru regulator 4 napięcia bazy zostaje wyłączony, na skutek czego napięcie zasilacza 2 napięcia bazy posiada wartość stałą przez cały czas pomiaru. Równocześnie zaś zostaje włączony zasilacz 3 napięcia pomocniczego oraz urządzenie rejestrujące 13.

Okresy przygotowania pomiaru oraz trwania pomiaru regulowane są w zależności od potrzeb za pomocą bloku sterowania 14.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru i rejestracji prostych Fowlera-Nordheima, w trakcie naparowywania atomów adsorbentu na adsorbent w mikroskopie polowym, **znamienny tym**, że pomiędzy elektrody mikroskopu polowego przykłada się napięcie, którego wartość zmienia się w ciągu określonego czasu w sposób ciągły w określonych granicach, a następnie napięcie to zamienia się na wielkość proporcjonalną do wartości tego napięcia, to jest analog napięcia, a odpowiadającą temu napięciu wartość prądu zamienia się na wielkość proporcjonalną do wartości tego prądu to jest analog prądu, po czym analogi te poddaje się w obwodzie analogowym operacjom matematycznym w celu uzyskania wielkości proporcjonalnych do odwrotności napięcia na jednym wyjściu tego obwodu i wielkości proporcjonalnych do logarytmu z ilorazu prądu przez kwadrat napięcia na drugim wyjściu.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że uzyskane wielkości analogów napięcia i prądu podaje się na wejścia osi odciętych i osi rzędnych urządzenia rejestrującego w układzie współrzędnych prostokątnych.

3. Sposób według zastrz. 1—2, **znamienny tym**, że wartość napięcia w momencie rozpoczęcia pomiaru reguluje się tak, że odpowiadająca mu wartość prądu jest zadaną dokładnością stała, a moment rozpoczęcia zmiany napięcia i czas jego trwania jest regulowany, co umożliwia wykreślenie prostych Fowlera-Nordheima dla szerokiego zakresu grubości warstwy naparowywanej bez przerywania procesu naparowywania i bez konieczności stosowania podzakresów.

4. Urządzenie do stosowania sposobu według zastrz. 1—3, **znamiennie tym**, że elektrody mikroskopu polowego (1) połączone są szeregowo z zasilaczem (2) napięcia bazy, którego wartość napięcia jest stała w czasie wykreślenia danej prostej Fowlera-Nordheima i z zasilaczem (3) napięcia pomocniczego, którego wartość napięcia zmienia się w funkcji czasu w sposób ciągły od zera do pewnej określonej wartości, a okres trwania napięcia jest regulowany.

5. Urządzenie według zastrz. 4, **znamiennie tym**, że zasilacz (3) napięcia pomocniczego jest dodatkowo połączony z mikroskopem polowym (1) za pomocą regulatora (4) napięcia bazy, który reguluje wartość tego napięcia tak, że wartość prądu przepływającego przez mikroskop (1) w momencie kiedy wartość napięcia pomocniczego jest równa zero, jest stała z zadaną dokładnością.

6. Urządzenie według zastrz. 4—5, **znamiennie tym**, że obwód mikroskopu polowego (1) poprzez blok (5) zamiany wartości napięcia na analog napięcia i blok (6) zamiany wartości prądu na analog prądu połączony jest z obwodem analogowym wykonującym operacje matematyczne nad tymi analogami w celu uzyskania na wyjściu obwodu analogowego wielkości podanych w zastrz. 1.

7. Urządzenie według zastrz. 4—6, **znamiennie tym**, że obwód analogowy zawiera blok (7) wykonujący operacje logarytmowania analogu napięcia,

blok (8) wykonujący operacje logarytmowania analogu prądu, blok (9) wykonujący operacje zamiany znaku, blok (10) mnożenia przez stały współczynnik równy 2, blok (11) dokonujący sumowania wyników operacji przeprowadzonych przez bloki (7, 8, 9 i 10) oraz blok (12) dokonujący operacji podnoszenia do potęgi (-1) analogu napięcia.

8. Urządzenie według zastrz. 4—7, **znamiennie** tym, że zawiera urządzenie rejestrujące (13) w układzie współrzędnych prostokątnych, którego praca jest sterowana dwustanowo za pomocą bloku sterowania (14), to znaczy, że albo jest w stanie przygotowywania się do rejestracji, lub ją dokonuje.

Dokonano jednej poprawki

