

Bogusław KASPERCZYK

KONSTRUKCJA SONDY Z ELEKTRODAMI RTĘCIOWYMI DO POMIARÓW REZYSTYWNOSCI POWŁOK

Streszczenie. W artykule przedstawiono konstrukcję sondy z elektrodami rtęciowymi, przeznaczoną do pomiarów metodą dwupunktową rezystywności powłok na podłożach przewodzących. Autor eksperymentalnie wykazał, że wpływ zjawisk fizykochemicznych występujących w sondzie na wynik pomiaru małych rezystancji można wyeliminować.

CONSTRUCTION OF A PROBE WITH MERCURY ELECTRODES FOR MEASUREMENTS OF COATING RESISTIVITY

Summary. Construction of a probe with mercury electrodes for measurement of resistivity of coatings on conducting base by means of the two-point method has been presented in the paper. It has been experimentally proved that influence of physical-chemical phenomena on the results of small resistance measurement can be eliminated.

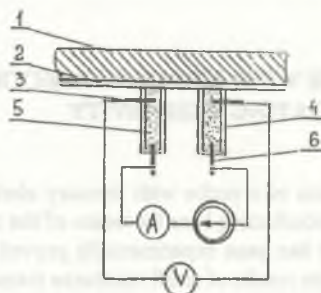
1. WPROWADZENIE

Pomiary rezystywności powłok na podłożach przewodzących i izolacyjnych realizowane są zarówno w trakcie przeprowadzania prac badawczych nad nowymi materiałami, jak i w kontroli przebiegu procesów technologicznych.

Różnicowane właściwości fizykochemiczne wielowarstwowych obiektów pomiarowych narzucają często istotne ograniczenia w wyborze sposobu pomiaru. Wyznaczenie rezystywności powłoki pokrywającej materiał przewodzący można zrealizować między innymi metodą dwupunktową, a omówiona w dalszej części pracy sonda z elektrodami rtęciowymi stanowi element układu realizującego pomiary według tej metody. Konstrukcja ma nowe rozwiązania nie występujące w urządzeniach opisanych w literaturze [1].

2. DWUPUNKTOWA METODA WYZNACZANIA REZYSTYWNOCI MATERIAŁU

Badany obiekt z naniesioną powłoką przykłada się jednostronnie do dwóch pomiarowych elektrod rtęciowych znajdujących się w niewielkiej, znanej i stałej odległości od siebie. Uproszczony schemat wzajemnego położenia elektrod (5) i badanego obiektu (1) przedstawia rys.1. Znajdująca się w każdej z nich rtęć jest doprowadzana do powierzchni powłoki i tworzy z nią zestyki elektryczne. Powierzchnia kołowa takiego zestyku jest znana i równa powierzchni przekroju rurki teflonowej wchodzącej w skład każdej elektrody. Pomiędzy doprowadzeniami prądowymi (6) obu elektrod wymuszany jest przepływ prądu elektrycznego o znanej wartości (A). Równocześnie dokonuje się pomiarów napięcia (V) pomiędzy doprowadzeniami napięciowymi (3) elektrod. Opierając się na uzyskanych wynikach pomiarów można obliczyć rezystancję występującą pomiędzy zestykami elektrycznymi elektrod i powłoki. Dwa zestyki elektrod rtęciowych z badanym obiektem występujące w trakcie pomiarów określają dwupunktowy charakter metody pomiaru.



Rys. 1. Pomiarowe elektrody rtęciowe w układzie z badanym obiektem. 1 — podłoże badanego obiektu, 2 — powłoka, 3 — doprowadzenie napięciowe, 4 — rurka teflonowa, 5 — słupek rtęci, 6 — doprowadzenie prądowe, A — amperomierz, V — woltomierz

Fig. 1. Measuring mercury electrodes and the tested object. 1 — base of the tested object, 2 — coating, 3 — voltage terminal, 4 — teflon pipe, 5 — column of mercury, 6 — current terminal, a — ammeter, V — voltmeter

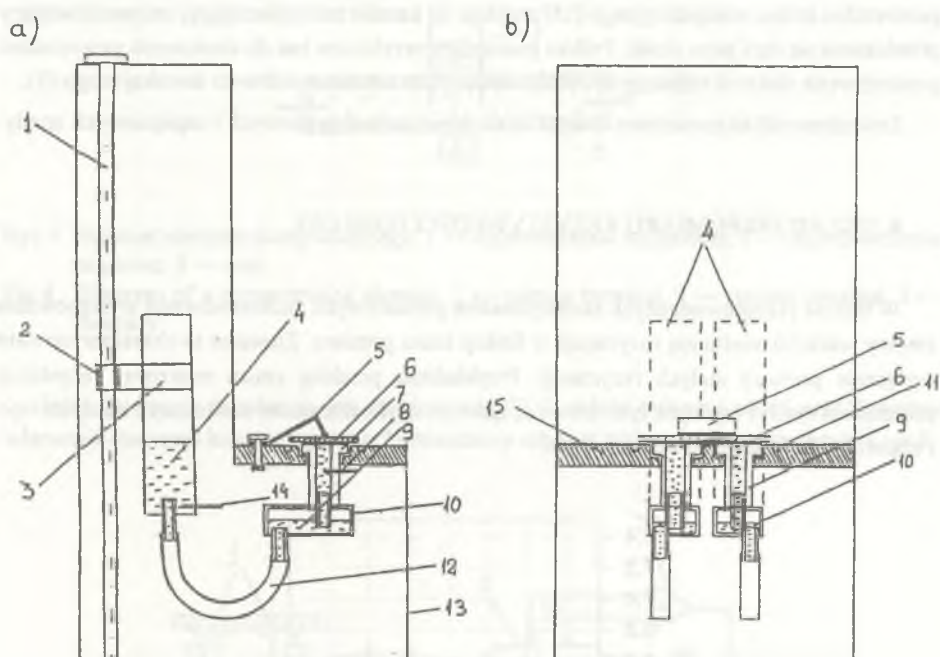
Wyznaczona rezystancja łącznie ze znanymi wartościami:

- powierzchni obu zestyków,
- grubości podłoża i powłoki określonymi dla badanego obiektu,
- odległości pomiędzy sondami,
- przewodności materiału podłoża

umożliwia na drodze analizy rozkładu pól elektrycznych w badanym obiekcie wyznaczenie rezystywności powłoki. Przykłady rozwiązania tego zagadnienia opisane są w literaturze [2, 3].

3. OPIS KONSTRUKCJI SONDY

Schemat konstrukcji sondy z elektrodami rtęciowymi przedstawia rys.2.



Rys.2. Uproszczony schemat funkcjonalny sondy z elektrodami rtęciowymi: a) przekrój boczny, b) przekrój czołowy; 1 — wałek gwintowany, 2 — tulejka, 3 — obejma, 4 — zbiorniczek z rtęcią, 5 — uchwyt dociskający badaną próbkę, 6 — badana próbka, 7 — pomiarowa elektroda rtęciowa, 8 — doprowadzenie napięciowe, 9 — rtęć, 10 — komora czyszcząca, 11 — kanałek zabezpieczający, 12 — wężyk teflonowy, 13 — obudowa metalowa, 14 — doprowadzenie prądowe, 15 — stolik manipulacyjny

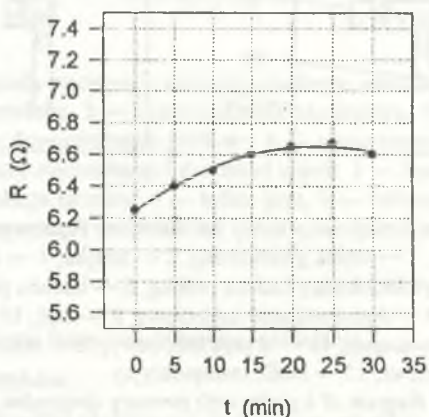
Fig.2. Simplified functional diagram of a probe with mercury electrodes: a) side section, b) front section. 1 — threaded shaft, 2 — sleeve, 3 — damping ring, 4 — container with mercury, 5 — holder tightening the tested object, 6 — tested object, 7 — measuring mercury electrode, 8 — voltage terminal, 9 — mercury, 10 — cleaning chamber, 11 — protective channel, 12 — teflon hose, 13 — metal casing, 14 — current terminal, 15 — manipulation table

W metalowej obudowie (13) zamontowane są dwa zbiorniczki z rtęcią (4), dwie komory czyszczące (10) oraz dwie pomiarowe elektrody rtęciowe (7). Zbiorniczek z rtęcią połączony jest wężykiem teflonowym (12) z komorą czyszczącą (10). W każdym zbiorniczku z rtęcią znajduje się elektroda prądowa (14), a w sondzie elektroda napięciowa (8). Położenie zbiorniczków z rtęcią można zmieniać przesuwając je w pionie jednocześnie za pomocą wałka gwintowanego (1) i tulejki (2). Doprowadzenie rtęci do powierzchni badanej próbki następuje poprzez przemieszczenie zbiorniczka z rtęcią w dół. Rtęć wypełnia wtedy komorę czyszczącą, a następnie wewnętrzny kanał sondy docierając do powierzchni próbki. Wokół obu sond rtęciowych na powierzchni stolika manipulacyjnego (15) znajduje się kanałek zabezpieczający, uniemożliwiający przedostanie się rtęci poza stolik. Próbka pomiarowa przyłożona jest do czołowych powierzchni pomiarowych elektrod rtęciowych i dociskana za pośrednictwem uchwyty dociskającego (5).

Zewnętrzny układ pomiarowy dołącza się do doprowadzeń prądowych i napięciowych sondy.

4. UKŁAD DO POMIARU REZYSTYWNOCI POWŁOKI

W trakcie przeprowadzanych eksperymentów pomiarowych zaobserwowano występowanie zmiany wartości mierzonej rezystancji w funkcji czasu pomiaru. Zjawisko to charakteryzowało wyłącznie pomiary małych rezystancji. Przykładowy przebieg zmian mierzonej rezystancji przedstawia rys.3. Przyczyną tych zmian są zjawiska fizykochemiczne zachodzące na styku rtęci i materiału doprowadzeń napięciowych.

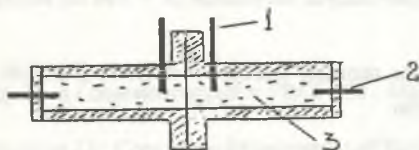


Rys.3. Zmiany mierzonej rezystancji w funkcji czasu pomiaru (wg układu z rys.1)

Fig.3. Changes of the measured resistance vs. time of measurement (according to the diagram shown in Fig.1)

W celu wyeliminowania wpływu tych zjawisk na wynik pomiaru autor zastosował dodatkowy element kompensujący przedstawiony na rys.4, włączany w układ pomiarowy w sposób opisany w dalszej części artykułu.

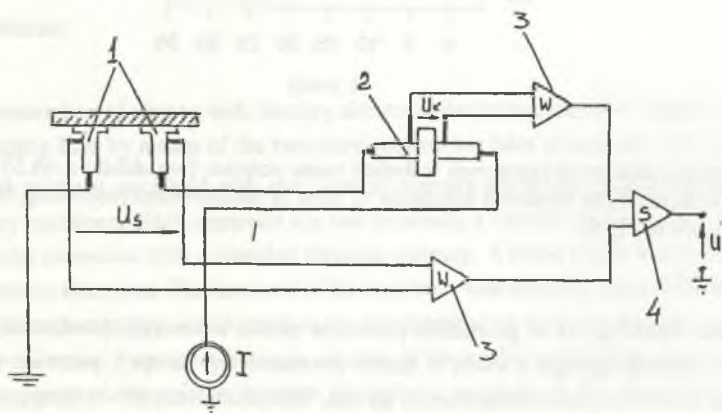
Konstrukcja elementu kompensującego jest ściśle związana z konstrukcją pomiarowych elektrod rtęciowych. Odległość pomiędzy doprowadzeniami napięciowymi (1) w elemencie kompensującym jest równa dwukrotnej odległości doprowadzenia napięciowego w elektrodzie rtęciowej od czoła tej elektrody. Średnica kanału elementu jest równa średnicy kanału elektrody.



Rys.4. Schemat elementu kompensującego; 1 — doprowadzenia napięciowe, 2 — doprowadzenia prądowe, 3 — rtęć

Fig.4. Diagram of a compensating element. 1 — voltage terminal, 2 — current terminal, 3 — mercury

Jeżeli mierzona rezystancja jest mniejsza od 100Ω , należy połączyć układ umożliwiający włączenie elementu kompensującego. Uproszczony schemat takiego układu przedstawia rys.5.



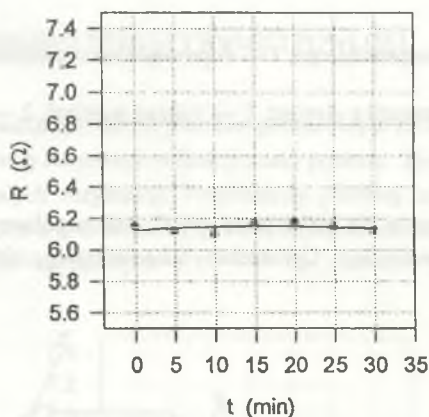
Rys.5. Uproszczony schemat układu do pomiaru małych rezystancji; 1 — sonda, 2 — element kompensujący, 3 — wzmacniacz, 4 — sumator

Fig.5. Simplified diagram of a circuit for small resistance measurement. 1 — probe, 2 — compensating element, 3 — amplifier, 4 — adder

Układ ten realizuje elektronicznie odejmowanie napięć: U_s występującego pomiędzy doprowadzeniami napięciowymi elektrod sondy i U_k pomiędzy doprowadzeniami napięciowymi elementu kompensującego. Mierzone na wyjściu układu napięcie U nie jest obciążone wpływem pasywnych zjawisk fizykochemicznych występujących w elektrodach pomiarowych i może bezpośrednio posłużyć do obliczenia rezystancji próbki. Dodatkowo wyeliminowano również wpływ na wynik pomiaru rezystancji słupków rtęci znajdujących się pomiędzy doprowadzeniami napięciowymi elektrod rtęciowych a powierzchnią powłoki.

W przypadku pomiarów dużych rezystancji ($R > 100 \Omega$) sondę należy włączyć w sposób przedstawiony na rys. 1.

Rysunek 6 przedstawia rezultaty pomiarów rezystancji próbki w układzie z włączonym elementem kompensującym.



Rys. 6. Zmiany mierzonej rezystancji w funkcji czasu pomiaru (wg układu z rys.5)

Fig.6. Changes of the measured resistance vs. time of measurement (according to the diagram shown in Fig.5)

Wyniki wskazują, że w przypadku pomiarów próbki o niewielkiej rezystancji, połączenie elementu kompensującego z sondą w sposób przedstawiony na rys.5, pozwala wyeliminować wpływ na wynik pomiaru niepożądanych zjawisk fizykochemicznych występujących w sondzie.

5. WNIOSKI

Opisana sonda z pomiarowymi elektrodami rtęciowymi umożliwia przeprowadzenie pomiarów rezystancji dla próbek. Dobór układu pomiarowego jest uzależniony od przewidywanej wartości rezystancji, ale w każdym przypadku następuje minimalizacja wpływu konstrukcji sondy na wynik pomiaru.

LITERATURA

1. Prober z sondą rtęciową i charakterografem PRCI - 83. Materiały informacyjne PIE Unitra Cemi.
2. Mivamoto N., Nishizawa J.I.: Contactless Measurement of Resistivity of Slices Semiconductor Materials. The Review of Scientific Instrument vo.38, 1967.
3. Starobogatow R.O.: Razcziet szutirujuszczewo soprotiwlenia gibridhowo. SKWID. Metrologia vo.6, 1985.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Jaskulski

Wpłynęło do Redakcji dnia 15 lutego 1996 r.

Abstract

Construction of a probe with mercury electrodes for measurement of resistivity of coatings on conducting base by means of the two-point method has been presented in the paper.

The probe is equipped with two vertical mercury electrodes connected separately to two mercury containers. Each electrode has two terminals; a current terminal and a voltage one. The electrodes cooperate with a chamber cleaning mercury. A tested object is horizontally applied to the mercury electrodes. Displacement of the containers with mercury causes filling of the electrode channels with mercury, which leads to the contact between mercury and the coating. The tested object resistance (resistance between contacts of electrodes) is determined in an indirect way by measurement of the voltage between the voltage terminals of the electrodes and the current flowing through the electrodes. Conductivity of the coatings can be determined x by analysis of the distribution of electric fields basing on the following data: dimensions of the tested object and the probes, resistivity of the base and the measured resistance.

It has been experimentally proved that influence of physical-chemical phenomena on the results of small resistance measurement can be eliminated.

In order to do it the probe should be connected to the additional compensating element in the way shown in the paper.



Fig. 1. Linear relationship between variables.

continued