



system pomiarowy rezystancji elektrod RM2610

mgr inż. Leszek Halicki, Labimed Electronics

Nowy zestaw pomiarowy japońskiej firmy HIOKI wyodrębnia i kwantyfikuje parametry rezystancyjne arkuszy elektrod akumulatorów litowo-jonowych.

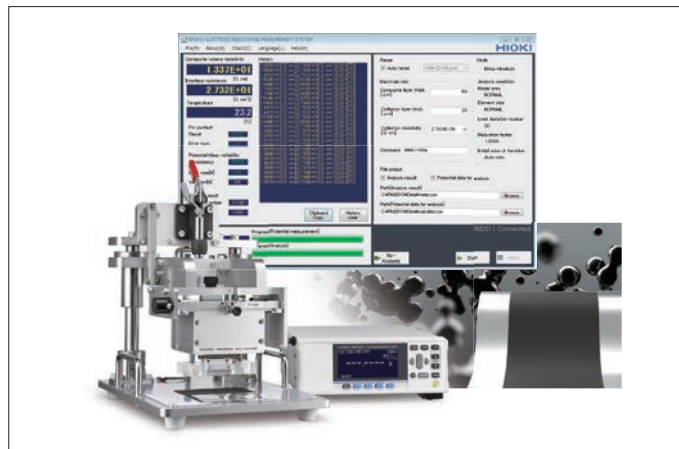
System RM2610 jest przeznaczony przede wszystkim do zastosowań w zakładach produkujących akumulatory litowo-jonowe oraz placówkach naukowo-badawczych prowadzących prace w tej dziedzinie. Jest oferowany w Polsce przez firmę Labimed Electronics.

Arkusze materiału służącego do produkcji elektrod akumulatorów litowo-jonowych, jest zbudowany z warstwy kompozytowej oraz warstwy kolektora prądu. Między tymi warstwami znajduje się jeszcze warstwa pośrednicząca. System RM2610 (fot.) wydziela z rezystancji całkowitej elektrod (dodatnich i ujemnych) rezystancję warstwy kompozytowej i rezystancję warstwy pośredniczącej będącą rezystancją styku między tymi warstwami. Po przeprowadzeniu wymienionej operacji RM2610 kwantyfikuje rezystancje warstw. Znajomość wartości tych parametrów jest niezbędna przy ocenie i udoskonalaniu własności elektrod. System RM2610

umożliwia następnie wizualizację rezystancji warstw kompozytowej i pośredniczącej przez pomiar prowadzony na powierzchni arkusza elektrody za pomocą głowicy testującej zawierającej macierz złożoną z sond pomiarowych, a następnie użycie do skwantyfikowania tych wielkości specjalnych technik analitycznych, opracowanych przez firmę HIOKI.

elementy składowe systemu RM2610

W skład systemu wchodzi głowica testowa RM9004 zawierająca kilkadziesiąt mikroskopijnych sond pomiarowych, moduł ściskający RM9003 przeznaczony do sterowania gęstością warstwy elektrodowej, miernik rezystancji elektrod RM2611 oraz komputer o określonych parametrach (patrz tablica), którego zadaniem jest zadaniem użytkownika systemu. W komplecie jest też przewód RM9005 łączący głowicę testową



Fot. System pomiarowy rezystancji elektrod HIOKI RM2610

umieszczoną w module ściskającym z miernikiem rezystancji elektrod oraz program do obliczania rezystancji RM2612.

Program ma wbudowany algorytm analizy opracowany przez firmę HIOKI a przeznaczony do wizualizacji rezystancji warstw kompozytowej i pośredniczącej. Komputer łączy się z miernikiem rezystancji elektrod przez USB.

procedura pomiarowa

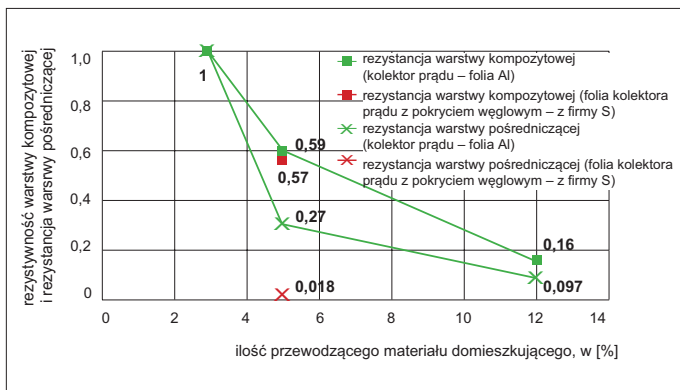
Zadaniem procedury wykonywanej w trzech krokach jest wyizolowanie i obliczenie rezystywności warstwy kompozytowej oraz rezystancji warstwy pośredniczącej przy użyciu do tego analizy rozkładu potencjału (*inverse problem analysis* – odwrócona analiza problemu). Analiza ta używa metody skończonej objętości (*finite volume method*).

W pierwszym kroku procedury jest pobierany tzw. potencjał obserwowany. RM2610 doprowadza do arkusza elektrody prąd stały i mierzy za pomocą sond głowicy testowej rozkład potencjału występującego na jej powierzchni w wielu punktach. Efektem tej operacji jest tzw. potencjał mierzony.

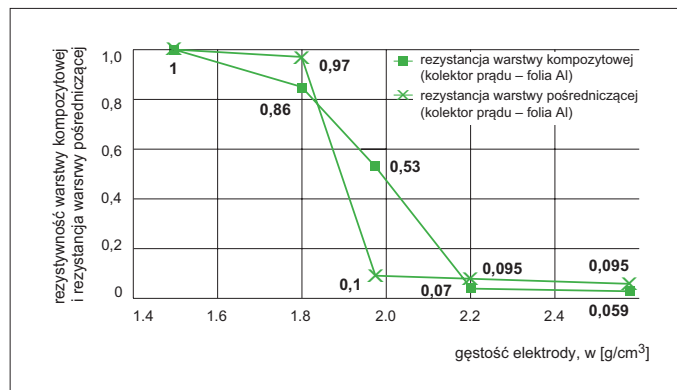
W kroku drugim przyrząd tworzy model arkusza elektrody i oblicza potencjał występujący na jej powierzchni. Do stworzenia modelu arkusza elektrody wykorzystuje nie tylko wartości rezystancji warstw kompozytowej, pośredniczącej i kolektora prądu, lecz również wartości

Obiekt pomiarowy	Arkusze elektrod dodatniej i ujemnej akumulatorów litowo-jonowych
Mierzone parametry (wielkości wyprowadzane przez system)	Rezystywność warstwy kompozytowej [Ωcm] Rezystancja warstwy pośredniczącej (rezystancja styku między warstwą kompozytową a warstwą kolektorową) [Ωcm^2]
Metoda pomiaru	Odwrócona analiza problemu rozkładu potencjału przy użyciu metody skończonej objętości
Informacje niezbędne do przeprowadzenia obliczenia (wielkości wprowadzane do systemu przez użytkownika)	Grubość warstwy kompozytowej [μm] (po jednej stronie) Grubość warstwy kolektora prądu [μm] Rezystywność objętościowa warstwy kolektora prądu [Ωcm]
Czas pomiaru	Warunki standardowe: 75 s (Sprawdzenie styku + pomiar rozkładu potencjału + przeliczanie)
Prąd pomiarowy	Od 10 μA do 10 mA
Liczba sond	46
Dane techniczne zalecanego komputera	Procesor: Intel Core i7, 2,4 GHz, liczba rdzeni ≥ 4 RAM: ≥ 8 GB (potrzebne 4 GB) System operacyjny: Windows 7 (64 bit), 8 (64 bit) lub 10 (64 bit)
Funkcja pomiaru temperatury	Pomiar temperatury w pobliżu głowicy testowej
Akcesoria	Sonda temperaturowa Z2001, przewód USB, klucz z licencją USB, płytka do sprawdzania sondy, przewód zasilający, instrukcja obsługi

Tab. Dane techniczne systemu RM2610



Rys. 1. Zależność rezystywności warstwy kompozytowej i rezystancji warstwy pośredniczącej od ilości przewodzącej substancji domieszkującej



Rys. 2. Zależność rezystywności warstwy kompozytowej i rezystancji warstwy pośredniczącej od gęstości elektrody

grubości warstw kompozytowej i kolektora. Wynikiem jest tzw. potencjał obliczany.

W kroku trzecim RM2610 w sposób wielokrotnie powtarzany przelicza potencjał obliczany aż do momentu, w którym potencjał ten stanie się zgodny z potencjałem obserwowanym (mierzoną). Używa do tego, jako zmiennych, rezystancji warstwy kompozytowej i rezystancji warstwy pośredniczącej. W momencie uzyskania stanu zgodności przyrząd wyprowadza zmienne tj. wartości rezystancji warstw kompozytowej i pośredniczącej. Wartości grubości warstw kompozytowej i kolektora prądu oraz rezystancji warstwy kolektora prądu są wprowadzane przez użytkownika systemu.

przykłady zastosowań systemu

Jednym z przykładów wykorzystania systemu RM2610 jest sprawdzanie jednorodności materiału arkusza elektrody. Warstwę kompozytową elektrody dodatniej (anody) wykonano z materiału aktywnego – tlenku kobaltu litu (LiCoO_2), a warstwę kolektora prądu (podłoże) – z folii aluminiowej o grubości 15 μm , przy całkowitej grubości arkusza – 92,1 μm . Z kolei materiałem aktywnym warstwy kompozytowej elektrody ujemnej (katody) jest grafit sferokrystaliczny, a podłożem – folia miedziana o grubości 10 μm , przy całkowitej grubości arkusza wynoszącej 45,6 μm . Są też znane wartości rezystywności objętościowej podłoża obu elektrod.

Pomiar jest wykonywany w sześciu punktach na powierzchni arkusza elektrody. W każdym z tych punktów system RM2610 mierzy rezystywność warstwy kompozytowej (w Ωcm) oraz rezystancję warstwy pośredniczącej (w Ωcm^2).

Innym z przykładów użycia systemu RM2610 jest wizualizacja zmian rezystancji warstw kompozytowej i pośredniczącej spowodowanych różnicami materiałów, składem warstw oraz warunkami produkcji.

Jako przykładowe zadanie jest oszacowanie odpowiedniej ilości domieszki przewodzących w celu zmniejszenia wartości rezystancji warstwy pośredniczącej, w tym określenie wielkości wpływu folii pokrytej węglem na rezystancję warstwy pośredniczącej. Na wykresie sporządzonym przez system RM2610 (rys. 1.) można prześledzić, jak zmienia się wartość rezystancji warstwy pośredniczącej w funkcji ilości przewodzącego materiału domieszkującego (w procentach). Można też zauważyć jaki wpływ na rezystancję warstwy pośredniczącej ma obecność folii pokrytej węglem. Na koniec można zaobserwować, że rezystywność warstwy kompozytowej i rezystancja warstwy pośredniczącej są rozdzielane i obliczane osobno, bazując na fakcie, że rezystywność warstwy kompozytowej pozostaje taka sama niezależnie od tego, czy folia pokryta węglem jest obecna, czy też nie.

Jeszcze innym przykładem użycia systemu RM2610 jest analizowanie wpływu gęstości materiału elektro-

dy na rezystancję warstwy pośredniczącej. Wykres sporządzony przez system RM2610 (rys. 2.) przedstawia wyniki pomiaru rezystywności warstwy kompozytowej i rezystancji warstwy pośredniczącej elektrody w funkcji gęstości materiału elektrody (w g/cm^3) zmienianej przez zmianę napięcia nacisku. Rezystywność objętościowa warstwy kompozytowej i rezystancja warstwy pośredniczącej zmniejszają się ze wzrostem gęstości materiału elektrody i napięcia nacisku, przy czym rezystancja warstwy pośredniczącej spada gwałtownie po przekroczeniu pewnego punktu. Wartość ta, w przybliżeniu stała po tym „załamaniu” przydaje się do określenia wartości optymalnej.

Wykresy z rysunków 1. i 2. przedstawiają wartości względne rezystywności warstwy kompozytowej i rezystancji warstwy pośredniczącej, na których wartość liczbowa 1 oznacza rezystywność warstwy kompozytowej i rezystancji warstwy pośredniczącej przy ilości przewodzącego materiału domieszkującego równego 3% i odpowiednio gęstości elektrody równej 1,5 g/cm^3 .

własności poprawiające jakość pomiaru i komfort obsługi

System pomiarowy RM2610 wyposażono w szereg udogodnień. Oto niektóre z nich.

Przed pomiarem można sprawdzić stan sond przy użyciu specjalnej płytki dostarczanej przez produ-

centa jako wyposażenie standardowe systemu. Mechanizm blokowania zwiększa bezpieczeństwo pomiaru. Użytkownik pociągając dźwignię blokującą w kierunku do siebie, umożliwia obniżenie sond. Rozwiązanie takie chroni przed niezamierzonym obniżeniem sond. Mechanizm przechylający ułatwia konserwację głowicy i sond pomiarowych. Przekroczenie modułu zaciskającego tak, że zostaje skierowany w stronę części przedniej ułatwia czyszczenie zakończeń sond za pomocą sprężonego powietrza.

Program do obliczania rezystancji RM2612 wyposażono w interfejs użytkownika. Wystarczy przesunąć kursor ekranowy na wybrany parametr, aby program wyświetlił wskazówki zawierające opis i dostępny (ważny) zakres ustawiania.

kalibrowanie

Miernik rezystancji elektrod RM2611 wymaga regularnego przeprowadzania kalibracji.

LABIMED ELECTRONICS Sp. z o.o.

LABIMED ELECTRONICS Sp. z o.o.
02-796 Warszawa
ul. Migdałowa 10
tel./faks 22 649 94 52, 648 96 84
labimed@labimed.com.pl
www.labimed.com.pl
www.hioki.pl