RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **231057**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **420584**

(22) Data zgłoszenia: **20.02.2017**

(51) Int.Cl.
G01N 17/02 (2006.01)

(54) **Przyrząd do elektrochemicznych pomiarów stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza żelbetowych oraz sposób prowadzenia elektrochemicznych pomiarów stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza żelbetowych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
27.08.2018 BUP 18/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.01.2019 WUP 01/19

(73) Uprawniony z patentu:
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, Kraków, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
ROBERT FILIPEK, Kraków, PL
PAWEŁ PASIERB, Kraków, PL
AGNIESZKA KRÓLIKOWSKA, Warszawa, PL
LESZEK KOMOROWSKI, Warszawa, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Andrzej Rogowski

PL 231057 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest przyrząd do elektrochemicznych pomiarów stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza dużych obiektów żelbetowych.

Przedmiotem wynalazku jest również sposób prowadzenia elektrochemicznych pomiarów stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza żelbetowych, bez naruszenia ich powierzchni.

Znane jest ze zgłoszenia US5069774A urządzenie przeznaczone do badania korozji konstrukcji żelbetowych przeznaczone do montowania na ich powierzchni. Urządzenie składa się z ramy w postaci szeregu płaskich pierścieni wykonanych kolejno z pianki przewodzącej, pianki elastycznej i sztywnego poliuretanu. Pierścienie są związane razem za pomocą metalowych drutów, przy czym dopuszcza się możliwość zastosowania siatki stalowej. Pośrodku urządzenie zaopatrzone jest w centralnie położony otwór, który służy zarówno do przeprowadzenia metalowych drutów łączących całość konstrukcji jak i do umieszczenia elektrody odniesienia Ag/AgCl na czas pomiaru. Montaż układu elektrod do powierzchni betonu jest realizowany poprzez mechaniczny docisk za pomocą kołnierza umieszczonego na zewnętrznej części elektrody, przy użyciu szeregu metalowych śrub lub wkrętów wwiercanych w powierzchnię badanego betonu. Do układu elektrod podłączone są przyrządy do rejestracji i monitorowania zachodzących procesów.

W opisie patentowym US20030173231A1 ujawniono konstrukcję urządzenia, które zbudowane jest ze zbiornika na elektrolit z umieszczoną w nim elektrodą o zdefiniowanych wymiarach. Mocowanie urządzenia do powierzchni betonu odbywa się poprzez kotwę, której użycie wymaga wykonania otworu w badanym obiekcie. W otworze służącym do umieszczenia kotwy umiejscawia się także elektrodę odniesienia. Płyn umieszczany w zbiorniku jest oddzielony od powierzchni badanej betonu za pomocą prefabrykowanej membrany jonowymiennej. Konstrukcja urządzenia zapewnia możliwość wielokrotnego jego użycia, zabezpiecza przed parowaniem zastosowanego elektrolitu, a zawarta w nim membrana jonowymienna ogranicza wprowadzanie chlorków do powierzchni badanej. Ponadto urządzenie posiada możliwość badania stanu membrany jonowymiennej i stosowanych roztworów poprzez użycie elektrody odniesienia. Urządzenie jest przeznaczone zarówno do kontrolowania stanu powierzchni betonu jak i do aktywnej ochrony anodowej. Mocowanie urządzenia do powierzchni badanego materiału wymaga jednak zniszczenia powierzchni: wykonania otworu i umieszczenia w nim „kotwicy", która zapewnia docisk do powierzchni badanego materiału.

Innym rozwiązaniem stosowanym w praktyce jest sonda pomiarowa przeznaczona do pomiaru krzywej polaryzacji, która jest znana z publikacji pt. „Corrosion Rates of Steel in Concrete", ed. Neal S. Berke, Vtctor Chaker and David Whiting, ASTM STP 1065, American Society for Testing and Materials 1990. Sonda zbudowana jest z elektrody pomocniczej w kształcie pierścienia wykonanego z metalu odpornego na korozję i umieszonej centrycznie pomiędzy dwoma higroskopijnymi krążkami. Przez króciec znajdujący się w obudowie wprowadza się płyn kondukcyjny, który nasącza higroskopijne krążki umożliwiając kontakt pomiędzy elektrodami oraz otuliną betonową. Sonda może pracować w układzie poziomym.

Znane jest także urządzenie do pomiaru prądu korozyjnego metodą oporu polaryzacji oraz impulsu galwanostatycznego stosowane przez firmę James Instruments, w urządzeniu Gecor8™. Rozwiązanie wraz z demonstracją pomiaru przedstawiono na stronie internetowej http://www.ndtjames.com. Urządzenie składa się z elektrody pomocniczej w kształcie pierścienia oraz elektrody ekranującej ograniczającej zasięg polaryzacji, złożonej z trzech współpracujących elektrod odniesienia. Podobne rozwiązania zostały wykorzystane w urządzeniach GalvaPulse firmy Germann Instruments opisanych na stronie internetowej http://www.germann.org. Urządzenie w obu ww. rozwiązaniach zwykle stosowane są w pozycji poziomej, natomiast praca w pozycji pionowej wymagałaby ich zamocowania za pomocą kotw do betonu.

Ze zgłoszenia EP16706A1 znany jest przyrząd przeznaczony do pomiarów gęstości prądów na powierzchni betonu w zanurzonych w wodzie masywnych konstrukcjach żelbetowych. Próbka jest w tym przypadku w całości zanurzona w płynie kondukcyjnym – cieczy przewodzącej, którą jest np. woda morska.

Znane jest także ze zgłoszenia wzoru użytkowego CN204718941U urządzenie do symulacji postępu korozji w wyciętych próbkach żelbetowych. W naczyniu doświadczalnym z elektrodami umieszcza się badaną próbkę i rozpyla płyn kondukcyjny, który znajduje się w zbiorniku z głowicą rozpylającą, zamocowanym wewnątrz naczynia doświadczalnego. Urządzenie zawiera ponadto czujnik wilgotności, zawór elektromagnetyczny i urządzenie sterujące procesem rozpylania.

Podobnie, wynalazek CN103776758A ujawnia urządzenie i metodę do symulacji zjawiska korozji, przy użyciu płynu kondukcyjnego w postaci np. 4–6% roztworu NaCl i układu elektrod oraz elektronicznego rejestratora danych. Elektroda odniesienia wykonana jest z siarczanu miedzi, a elektrodę pomocniczą stanowi siatka ze stopu tytanu. Aby dokonać pomiaru, próbka w całości musi być zanurzona w płynie kondukcyjnym, co oznacza albo konieczność wycięcia próbki lub użycie takiej ilości płynu, która pozwoli na zanurzenie całej konstrukcji.

Znane ze stanu techniki rozwiązania najczęściej wymagają pobrania próbki z badanego obiektu, natomiast w przypadku badania procesu korozji na rzeczywistym obiekcie żelbetowym zwykle powodują naruszenie jego powierzchni podczas mocowania.

Celem wynalazku jest opracowanie przyrządu do elektrochemicznych pomiarów stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza żelbetowych, a także sposobu prowadzenia pomiarów, nie wymagającego pobierania próbek z badanych obiektów i nie naruszającego ich powierzchni podczas mocowania przyrządu.

Istota przyrządu do elektrochemicznych pomiarów stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza żelbetowych, według wynalazku zawierający zbiornik na płyn kondukcyjny umocowany na powierzchni obiektu oraz umieszczone w zbiorniku elektrody pomiarowe, charakteryzuje się tym, że zbiornik ma postać naczynia wyposażonego w szczelną, odłączalną pokrywę, która ma otwór zapewniający kontakt powierzchni badanego obiektu z płynem kondukcyjnym, przy czym naczynie ma co najmniej jeden drugi otwór dla wprowadzenia do jego wnętrza elektrody pomocniczej i elektrody odniesienia oraz płynu kondukcyjnego.

Korzystnie naczynie i pokrywa połączone są połączeniem zatrzaskowym, zapewniającym szczelność zbiornika oraz jego wielokrotną rozbieralność.

Istota sposobu prowadzenia elektrochemicznych pomiarów stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza żelbetowych, charakteryzuje się tym, że lokalizuje się pręty zbrojenia w badanym obiekcie za pomocą znanych metod, oczyszcza powierzchnię obiektu i przymocowuje szczelnie do niej za pomocą środka klejącego pokrywę naczynia przyrządu do pomiarów elektrochemicznych, tak aby otwór w pokrywie był umieszczony centralnie naprzeciw pręta zbrojeniowego, a następnie umieszcza się w naczyniu elektrodę pomocniczą i elektrodę odniesienia, wyprowadza się kontakty elektryczne do elektrod poprzez drugi otwór w naczyniu i kolejno dołącza się do pokrywy naczynie wraz z elektrodami, a przez otwór wlewa się płyn kondukcyjny, po czym utrzymuje przez co najmniej 30 minut przed rozpoczęciem pomiaru.

Sposób prowadzenia elektrochemicznych pomiarów stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza żelbetowych, według wynalazku, umożliwia pomiar właściwości elektrochemicznych rzeczywistych obiektów bez konieczności pobierania z nich próbek. Pomiary elektrochemiczne mogą być wykonywane przy użyciu różnych technik elektrochemicznych, takich jak elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna, metoda impulsu galwanostatycznego, metoda krzywej polaryzacji, metoda potencjału stacjonarnego, jak również metoda pomiaru oporności otuliny betonowej. Konstrukcja przyrządu pozwala na wielokrotne szczelne łączenie i rozłączanie jego poszczególnych elementów oraz zapewnia możliwość uzupełniania płynu kondukcyjnego w trakcie prowadzenia badań przez otwory wykonane w naczyniu. Dzięki temu możliwe jest wykonanie wielokrotnych pomiarów pozwalających np. na dokonanie analizy porównawczej wyników przeprowadzonych w tym samym punkcie, w długim okresie czasu. Ponadto można prowadzić pomiary przy użyciu różnego rodzaju elektrod pomocniczych i odniesienia, stosowanych zamiennie. Przyrząd do elektrochemicznych pomiarów stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych jest w łatwy sposób mocowany do ich powierzchni, a po jego usunięciu powierzchnia ta pozostaje w nienaruszonym stanie. Jednocześnie konstrukcja przyrządu zapewnia stałe i równomierne nawilżanie powierzchni betonu przez płyn kondukcyjny, dzięki czemu zachowuje on stabilne właściwości w trakcie badania.

Zaletą przyrządu według wynalazku jest także jego zdolność do wykonywania pomiarów zarówno w pozycji poziomej, jak i pionowej. Może być on stosowany w zakresie temperatur od -5 do 60°C, a najlepiej 15–30°C.

Rozwiązanie według wynalazku przedstawiono poniżej w przykładzie objaśniającym realizację przyrządu do pomiarów elektrochemicznych stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza żelbetowych oraz sposobu prowadzenia pomiarów elektrochemicznych stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza żelbetowych. Przykładów tych nie należy jednak uważać za ograniczające istotę lub zawężające zakres ochrony, gdyż stanowią one jedynie ilustrację wynalazku.

Na rysunku, na fig. 1 pokazano przyrząd w przekroju poprzecznym, w pozycji przytwierdzenia go do pionowej powierzchni badanego obiektu, a na fig. 2 widok w przekroju podłużnym od strony pokrywy wnętrza zbiornika przyrządu z fig. 1. Na fig. 3 pokazano przyrząd w przekroju poprzecznym, w pozycji przytwierdzenia go do poziomej powierzchni badanego obiektu, zaś na fig. 4 widok w przekroju podłużnym od strony pokrywy wnętrza zbiornika przyrządu z fig. 3. Ponadto na fig. 5 przedstawiono widmo impedancyjne w układzie Nyquista uzyskane przy elektrochemicznym pomiarze stanu zagrożenia korozją pionowej ściany żelbetowej na obiekcie rzeczywistym metodą elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej, wiaduktu żelbetowego o konstrukcji ramowej, w ciągu Trasy Łazienkowskiej nad ulicą Paryską w Warszawie, natomiast na fig. 6 pokazano wykres zależności: potencjał V – czas t uzyskany przy pomiarze metodą impulsu galwanostatycznego dla obiektu modelowego, który stanowiła płyta żelbetowa o kształcie prostopadłościanu o wymiarach 81 cm x 48 cm x 10 cm z prętami w formie kratownicy o wielkości oczka 10x10 cm^2.

P r z y k ł a d 1

Przyrząd do pomiarów elektrochemicznych stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza żelbetowych ma postać prostopadłościennego naczynia 1, którego podstawę stanowi prostokąt o bokach 15 cm i 20 cm zaś wysokość płaszcza naczynia 1 wynosi 3 cm. Naczynie 1 jest wykonane z polietylenu ze szczelną odłączalną pokrywą 2, która wyposażona jest w prostokątny otwór o bokach 12 cm i 17 cm, zapewniający kontakt powierzchni badanego obiektu 3 z płynem kondukcyjnym 4. Pokrywa 2 umożliwia szczelne i rozłączalne połączenie z płaszczem naczynia 1 na zatrzask.

Naczynie 1 ma dwa otwory 5 w swoim płaszczu (fig. 1, 2). Jeden z tych otworów 5 jest przeznaczony dla wyprowadzenia z wnętrza naczynia 1 kontaktu elektrycznego do elektrody pomocniczej 6 wykonanej z grafitu o postaci kwadratowego arkusza o boku 10 cm i grubości 1 mm, a drugi do wprowadzenia elektrycznego do manganowo-tlenkowej elektrody odniesienia 7 oraz płynu kondukcyjnego 4, który stanowi roztwór zawierający jony kationów jedno, dwu lub trójwartościowych o przewodnictwie właściwym $0,01 \div 1\ \Omega^{-1}m^{-1}$ w temperaturze 298K. Elektrody podłączone są z układem pomiarowym.

P r z y k ł a d 2

Przyrząd do pomiarów elektrochemicznych stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza żelbetowych ma postać prostopadłościennego naczynia 1, którego podstawę stanowi prostokąt o bokach 15 cm i 20 cm, zaś wysokość płaszcza naczynia 1 wynosi 3 cm. Naczynie 1 jest wykonane z polietylenu i zawiera szczelną odłączalną pokrywę 2, która wyposażona jest w prostokątny otwór o bokach 12 cm i 17 cm zapewniający kontakt powierzchni badanego obiektu 3 z płynem kondukcyjnym 4. Pokrywa 2 umożliwia szczelne i rozłączalne połączenie z płaszczem naczynia 1 na zatrzask.

Naczynie 1 ma dwa otwory 5 w swoim dnie (fig. 3, 4). Jeden z otworów 5 jest przeznaczony dla wyprowadzenia z wnętrza naczynia 1 kontaktu elektrycznego do elektrody pomocniczej 6 wykonanej z siatki w postaci kwadratowego arkusza ze stali nierdzewnej o oczku 0,2 mm i średnicy drutu 0,125 mm oraz boku 10 cm, a drugi do wyprowadzenia elektrycznego do siarczanowo-miedziowej elektrody odniesienia 7 oraz płynu kondukcyjnego 4, który stanowi roztwór zawierający jony kationów jedno, dwu lub trójwartościowych o przewodnictwie właściwym $0,01 \div 1\Omega^{-1}m^{-1}$ w temperaturze 298K. Elektrody połączone są z układem pomiarowym.

P r z y k ł a d 3

Wykonano pomiar elektrochemiczny stanu zagrożenia korozją pionowej ściany żelbetowej na obiekcie rzeczywistym, który stanowił wiadukt żelbetowy o konstrukcji ramowej, w ciągu Trasy Łazienkowskiej nad ulicą Paryską w Warszawie, przy wykorzystaniu przyrządu opisanego w przykładzie 1. W pierwszej kolejności zlokalizowano w pionowej ścianie 3 położenie pręta zbrojeniowego 9 za pomocą urządzenia Profomet 5 firmy Proceq. Następnie za pomocą sprężonego powietrza oczyszczono powierzchnię otuliny betonowej z luźnych zanieczyszczeń, po czym przymocowano szczelnie za pomocą kleju typu „hotmelt" 8 pokrywę 2 naczynia 1 przyrządu do pomiarów elektrochemicznych, tak aby otwór w pokrywie 2 był umieszczony centralnie naprzeciw pręta zbrojeniowego 9. Kolejno umieszczono w płaszczu naczynia 2 elektrody: pomocniczą 6 i odniesienia 7, a następnie wyprowadzono kontakty elektryczne od obu elektrod przez otwór 5 w płaszczu naczynia 2. Naczynie 1 połączono szczelnie z pokrywą 2, tak aby otwory 5 były umieszczone w górnej części płaszcza naczynia 1 i przez otwór 5 wlano płyn kondukcyjny 4, tak aby jego poziom znajdował się powyżej części aktywnych obu elektrod. Po 30 minutach rozpoczęto pomiar metodą spektroskopii impedancyjnej, a uzyskane widmo impedancyjne w układzie Nyquista przedstawiono na fig. 5. Widmo wskazuje na znaczne zagrożenie korozją badanego pręta zbrojeniowego.

P r z y k ł a d 4

Wykonano pomiar elektrochemiczny stanu zagrożenia korozją płyty żelbetowej spoczywającej poziomo przy wykorzystaniu przyrządu opisanego w przykładzie 2. W pierwszej kolejności zlokalizowano w poziomej ścianie 3 położenie pręta zbrojeniowego 9 za pomocą urządzenia Profomet 5 firmy Proceq. Następnie za pomocą sprężonego powietrza oczyszczono powierzchnię otuliny betonowej z luźnych zanieczyszczeń, po czym przymocowano szczelnie za pomocą kleju typu „hotmelt" 8 pokrywę 2 naczynia 1 przyrządu do pomiarów elektrochemicznych, tak aby otwór w pokrywie 2 był umieszczony centralnie naprzeciw pręta zbrojeniowego 9. Kolejno umieszczono w płaszczu naczynia 2 elektrody: pomocniczą 6 i odniesienia 7, a następnie wyprowadzono kontakty elektryczne od obu elektrod przez otwór 5 w dnie naczynia 1. Naczynie 1 połączono szczelnie z pokrywą 2, tak aby otwory 5 były umieszczone w górnej części płaszcza naczynia 1. przez otwór 5 wlano płyn kondukcyjny 4, tak aby jego poziom znajdował się powyżej części aktywnych obu elektrod. Po 30 minutach rozpoczęto pomiar metodą impulsu galwanostatycznego, a uzyskany przebieg Potencjał V – czas t, przedstawiono na fig. 6. Charakter krzywej wskazuje, że pręt jest w stanie nieskorodowanym.

Zastrzeżenia patentowe

1. Przyrząd do elektrochemicznych pomiarów stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza żelbetowych, zawierający zbiornik na płyn kondukcyjny umocowany na powierzchni obiektu oraz umieszczone w zbiorniku elektrody pomiarowe, **znamienny tym**, że zbiornik ma postać naczynia (1) wyposażonego w szczelną, odłączalną pokrywę (2), która ma otwór zapewniający kontakt powierzchni badanego obiektu (3) z płynem kondukcyjnym (4), przy czym naczynie (1) ma co najmniej jeden drugi otwór (5) dla wprowadzenia do jego wnętrza elektrody pomocniczej (6) i elektrody odniesienia (7) oraz płynu kondukcyjnego (4).
2. Przyrząd według zastrz. 1, **znamienny tym**, że naczynie (1) i pokrywa (2) połączone są połączeniem zatrzaskowym, zapewniającym szczelność zbiornika oraz jego wielokrotną rozbieralność.
3. Sposób prowadzenia elektrochemicznych pomiarów stanu zagrożenia korozją obiektów inżynieryjnych, zwłaszcza żelbetowych, **znamienny tym**, że lokalizuje się pręty zbrojenia (9) w badanym obiekcie (3) za pomocą znanych metod, oczyszcza powierzchnię obiektu (3) i przymocowuje szczelnie do niej za pomocą środka klejącego (8) pokrywę (2) naczynia (1) przyrządu do pomiarów elektrochemicznych, tak aby otwór w pokrywie (2) był umieszczony centralnie naprzeciw pręta zbrojeniowego (9), a następnie umieszcza się w naczyniu (1) elektrodę pomocniczą (6) i elektrodę odniesienia (7), wyprowadza się kontakty elektryczne do elektrod poprzez drugi otwór (5) w naczyniu i kolejno dołącza się do pokrywy (2) naczynie (1) wraz z elektrodami, a przez otwór (5) wlewa się płyn kondukcyjny (4), po czym utrzymuje przez co najmniej 30 minut przed rozpoczęciem pomiaru.

Rysunki

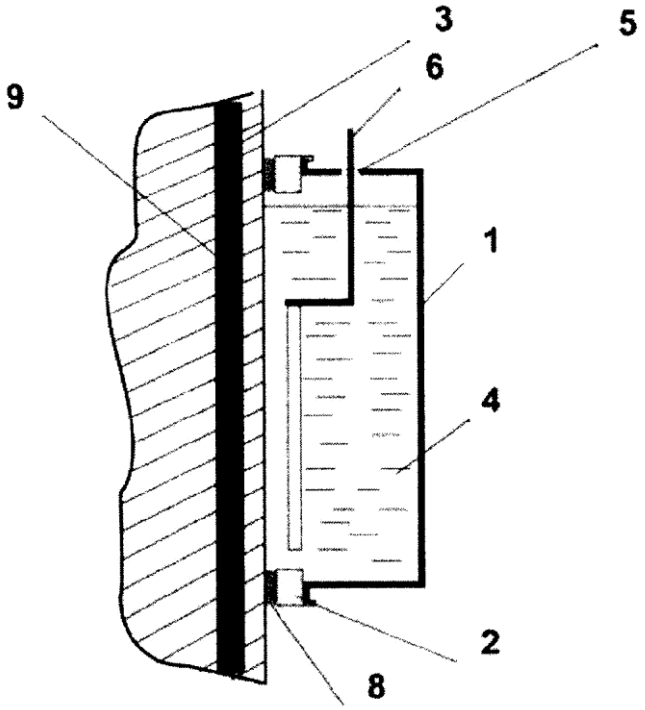

Fig. 1

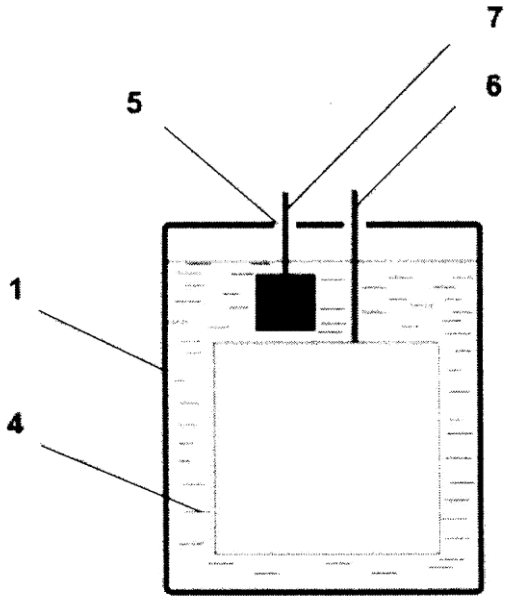

Fig. 2

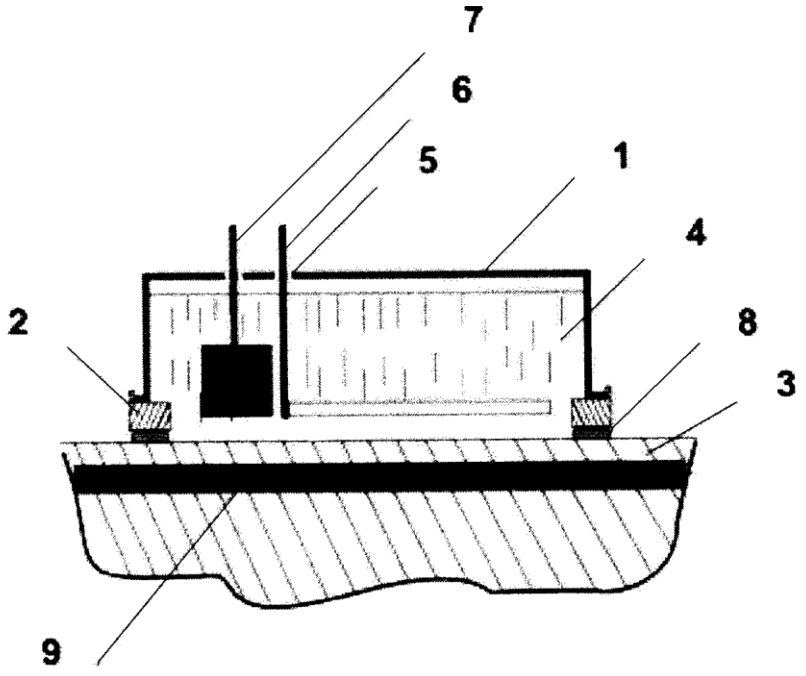

Fig. 3

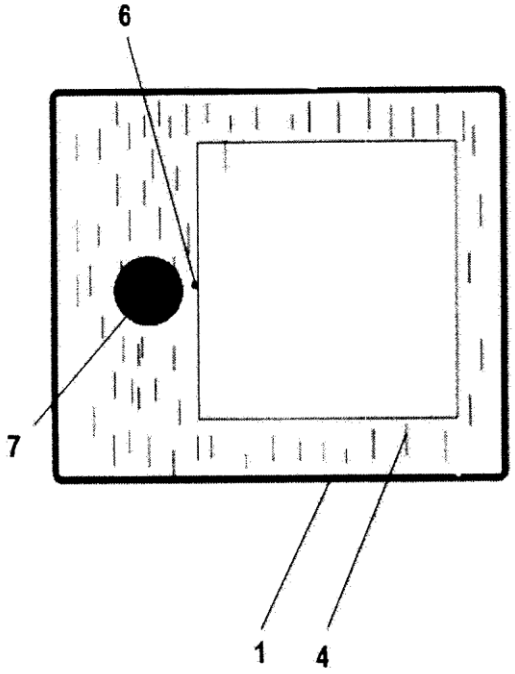

Fig. 4

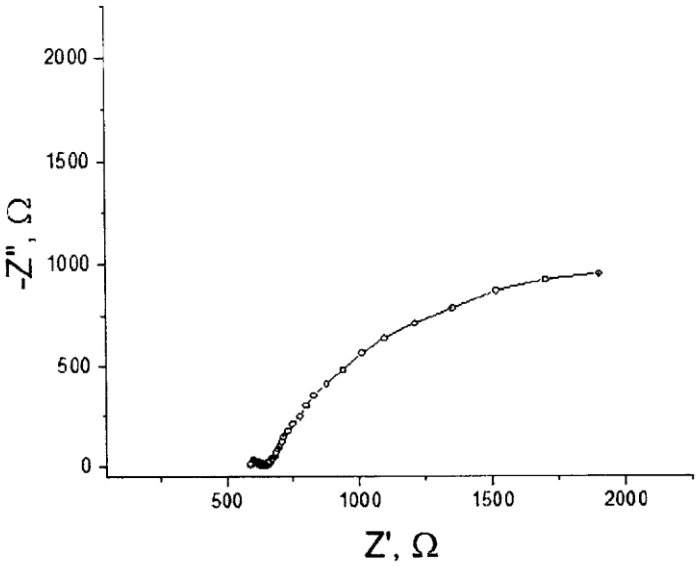

Fig. 5

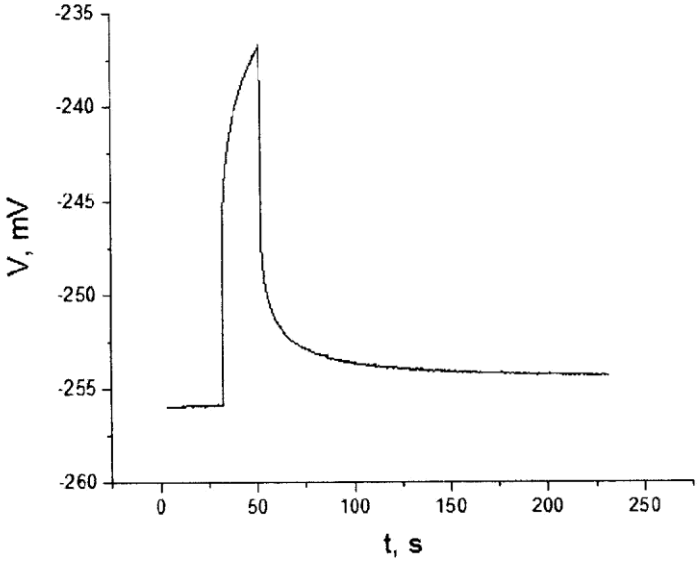

Fig. 6

Departament Wydawnictw UPRP
Cena 2,46 zł (w tym 23% VAT)