ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1989
Seria : AUTOMATYKA z.98 nr kol.1042

Piotr URBAŃSKI
Waldemar ANTONIAK
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, 03-195 Warszawa, ul. Dorodna 16.

IZOTOPOWY MIERNIK GRUBOŚCI POWŁOK STEROWANY MIKROKOMPUTEREM

Streszczenie. Przedstawiono zasadę działania, konstrukcję, opis oprogramowania oraz podstawowe parametry mikrokomputerowego miernika grubości powłok opartego na zasadzie rozpraszania promieniowania beta.

1. BUDOWA PRZYRZĄDU

Grubościomierze powłok oparte na zjawisku rozpraszania promieniowania beta są stosowane od wielu lat [1-2]. Ostatnio pojawiła się nowa generacja tych grubościomierzy, w konstrukcji których wykorzystano z powodzeniem niedrogie systemy mikrokomputerowe [3-4]. Jednym z takich urządzeń jest grubościomierz GIL-84 wykorzystujący prosty system mikrokomputerowy oparty na mikroprocesorze INTEL 8080 [5].

Urządzenie to składa się z trzech części (Rys.1): głowicy pomiarowej bloku elektroniki i drukarki. Punktowe źródło promieniowania beta (Pm-147, Tl-204 lub Sr-90) oraz licznik G-M z elektronicznym układem gaszącym znajduje się w głowicy, skąd sygnał jest podawany do bloku elektroniki. W skład bloku elektroniki wchodzą następujące zespoły: jednostka centralna, pamięć dodatkowa, inerfejsy (drukarki, wyświetlaczy, klawiatury i karty danych), zasilacze niskiego napięcia (+5V, +15V, -15V) i wysokiego napięcia (+800V).

Pojemność 2kB EPRROM-u w jednostce centralnej okazała się za mała do wpisania całego programu miernika grubości powłok i dlatego pamięć tę powiększono o 2kB pamięci dodatkowej. W interfejsach drukarki i wyświetlacza przechowywane są dane, które mają być wydrukowane i wyświetlane. Interfejs klawiatury i karty danych łączy z magistralą danych następujące elementy:

- klawisze operacyjne "START", "IMPULSY", "POMIŃ" i "STATYSTYKA"
- klawisze wybierające czas pomiaru
- zaprogramowaną kartę danych.

2. OPIS PROGRAMU MIERNIKA

Przyjmując wykładniczą zależność między częstością zliczeń odpowiadającą natężeniu rozproszonego promieniowania beta I_d a

grubością powłoki d [1-2] wartość tej ostatniej można wyznaczyć z następującego wzoru:

$$d = \frac{1}{R} \ln \frac{I_\infty - I_0}{I_d - I_0}, \qquad /1/$$

gdzie: R - współczynnik zależny od energii pierwotnego promieniowania beta i liczb atomowych materiałów powłoki i podłoża,

I_∞ - częstość zliczeń dla materiału powłoki o grubości przekraczającej nasycenie,

I_0 - częstość zliczeń dla materiału podłoża.

Zadaniem systemu mikrokomputerowego jest:

- odczytanie z karty danych wartości współczynnika R,
- wyznaczenie wartości I_0 i I_∞,
- wyznaczenie wartości I_d i obliczenie d ze wzoru /1/,
- wyświetlenie i wydrukowanie wartości d,
- wykonanie obliczeń statystycznych.

Program realizujący to zadanie (Rys.2) został zorganizowany w postaci pięciu podprogramów: "IDENTYFIKACJA", "KALIBRACJA", "GRUBOŚĆ", "STATYSTYKA" i "IMPULSY"

Podprogram "IDENTYFIKACJA"

Podprogram ten inicjowany przez włożenie 30-kontaktowej wkładki (karty danych) umożliwia wczytanie do pamięci wartości współczynnika R, szerokości zakresu pomiarowego oraz grubości powłoki próbki wzorcowej dołączanej jako wyposażenie miernika. Dane te są wpisywane do pamięci po naciśnięciu przycisku "START".

Podprogram "KALIBRACJA"

Zadaniem podprogramu jest wyznaczenie wartości I_0, I_∞ oraz częstości zliczeń dla podłoża właściwego I_{0w}. Wartość I_0 wyznaczana jest na podstawie pomiaru częstości zliczeń od próbki materiału podłoża, natomiast wartość I_∞ na podstawie pomiaru częstości zliczeń I_w od próbki wzorcowej o grubości powłoki d_w. Wartość I_∞ oblicza się ze wzoru:

$$I_\infty = \frac{I_w - I_0 e^{-Rd_w}}{1 - e^{-Rd_w}} \qquad /2/$$

Wszystkie pomiary kalibracyjne są wykonywane w czasie czterokrotnie dłuższym niż wybrany odpowiednim przyciskiem czas pomiaru T.

Podprogram "GRUBOŚĆ"

W ramach podprogramu realizowane są następujące funkcje:

- zerowanie licznika pomiarów (NM=0) i histogramu

- obliczenie d z zależności /1/,
- wyświetlenie i wydrukowanie wartości d,
- zwiększenie o 1 licznika pomiarów (NM:=NM+1) po każdym pomiarze grubości i zapisanie wartości d w pamięci histogramu.

Podprogram "STATYSTYKA"

Podprogram ten inicjowany może być przyciskiem o tej samej nazwie jeżeli wykonano więcej niż 9 pomiarów, lub jest inicjowany automatycznie po wykonaniu 80 pomiarów. Powoduje on wydrukowanie następujących wartości:

- minimalnej (d_{min}), średniej (d_{mid}) i maksymalnej (d_{max}) grubości z danej serii pomiarów,
- odchylenia standardowego SD,
- histogramu,
- liczby pomiarów NM.

Jeżeli użytkownik uzna, że ostatni wynik pomiaru grubości nie powinien być uwzględniony w statystyce, to może go usunąć przyciskiem "POMIŃ".

Podprogram "IMPULSY"

W programie grubościomierza przewidziano dodatkowy podprogram "IMPULSY" inicjowany przyciskiem o tej samej nazwie, który umożliwia pomiar częstości zliczeń I_d. Wykorzystywany jest on w tych przypadkach, gdy zachodzi konieczność ponownego przeskalowania grubościomierza (np. dla innego materiału podłoża i powłoki) i zaprogramowania nowej karty danych. Każdy pomiar inicjowany jest przyciskiem "START".

3. WŁASNOŚCI METROLOGICZNE

Przygotowane zostały skale pomiarowe dla szeregu rodzajów materiałów powłok i podłoża. Na Rys. 3 przedstawiono krzywe kalibracyjne dla przypadku pomiaru grubości powłok złota na miedzi dla trzech źródeł promieniowania: Pm-147, Tl-204 i Sr-90. Optymalne zakresy pomiarowe dla poszczególnych źródeł określono jako liniową część charakterystyki (Rys.3). Wynoszą one odpowiednio: 0,2-2μm dla Pm-147, 1,5-10μm dla Tl-204 i 4-30μm dla Sr-90. Szerokość zakresu pomiarowego zależy również od liczby atomowej materiałów powłoki i podłoża. Na przykład dla srebra na miedzi zakresy pomiarowe są następujące: 0,25-4μm dla Pm-147 oraz 3,5-25μm dla Tl-204.

Dopasowanie punktów pomiarowych do funkcji logarytmicznej należy uznać za dobre. Odchylenie standardowe oszacowania dla krzywej kalibracyjnej Au/Cu waha się od 0,08μm dla źródła Pm-147, do 0,42μm i 0,57μm dla źródeł Tl-204 i Sr-90. Zbliżone wartości uzyskano dla Ag/Cu (0,09μm dla Pm-147 i 0,49μm dla Tl-204).

Pomiary grubości powłok mogą być przeprowadzane przy użyciu przesłon o różnych kształtach i wymiarach, przy czym najczęściej stosowane są

przesłony okrągłe o średnicach od 0,8 do 2,2mm, oraz szczelinowe od 0,5x2,5mm do 1,4x2,5mm. Kartę danych zaprogramowano na podstawie wyników pomiarów dla przesłony okrągłej o średnicy 1,2mm i nie stwierdzono występowania błędów systematycznych przy wykorzystaniu przesłon o innych kształtach i wymiarach. Dla przesłon o małych wymiarach rośnie błąd przypadkowy, gdyż maleje natężenie promieniowania rozproszonego od mierzonej próbki. Zmiana grubości powłoki Au/Cu od 1 do 10μm przy zastosowaniu źródła Tl-204 daje 14% przyrostu częstości zliczeń dla przesłony o średnicy 0,6mm, podczas gdy dla przesłon o średnicach większych od 1,2mm przyrost ten wynosi 37%.

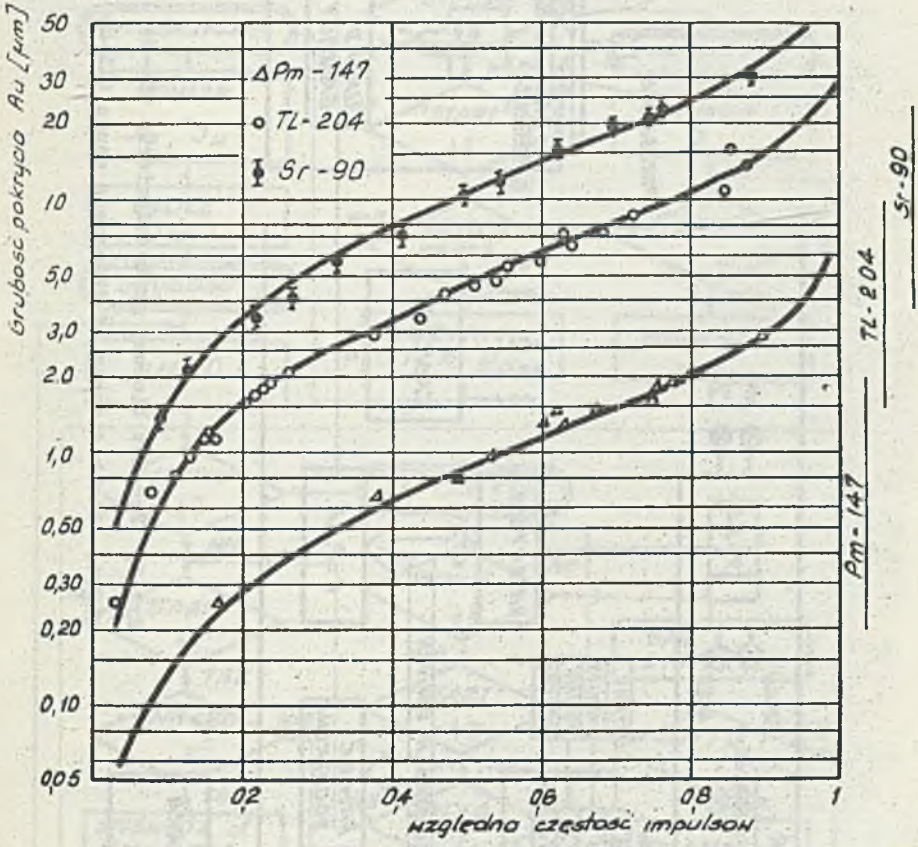
Aby zmniejszyć ilość kart danych stanowiących wyposażenie miernika przewidziano możliwość wykorzystania istniejących już kart do wyznaczania grubości powłok na podłożach o zbliżonych liczbach atomowych do tych, dla których zaprogramowano kartę danych. Na przykład istnieje możliwość pomiaru grubości powłok na mosiądzu wykorzystując kartę danych zaprogramowaną dla podłoża miedzianego.

4. ZAKOŃCZENIE

Prezentowany przyrząd jest nowoczesnym, w pełni zautomatyzowanym urządzeniem umożliwiającym pomiar grubości powłok z błędem mniejszym od 10%, co pozwala na spełnienie międzynarodowych wymagań na przyrządy tego typu [6]. Uwzględniając ponadto jego uniwersalność oraz prostotę obsługi, można spodziewać się, że miernik ten znajdzie szerokie zastosowanie w laboratoriach naukowych i przemysłowych.

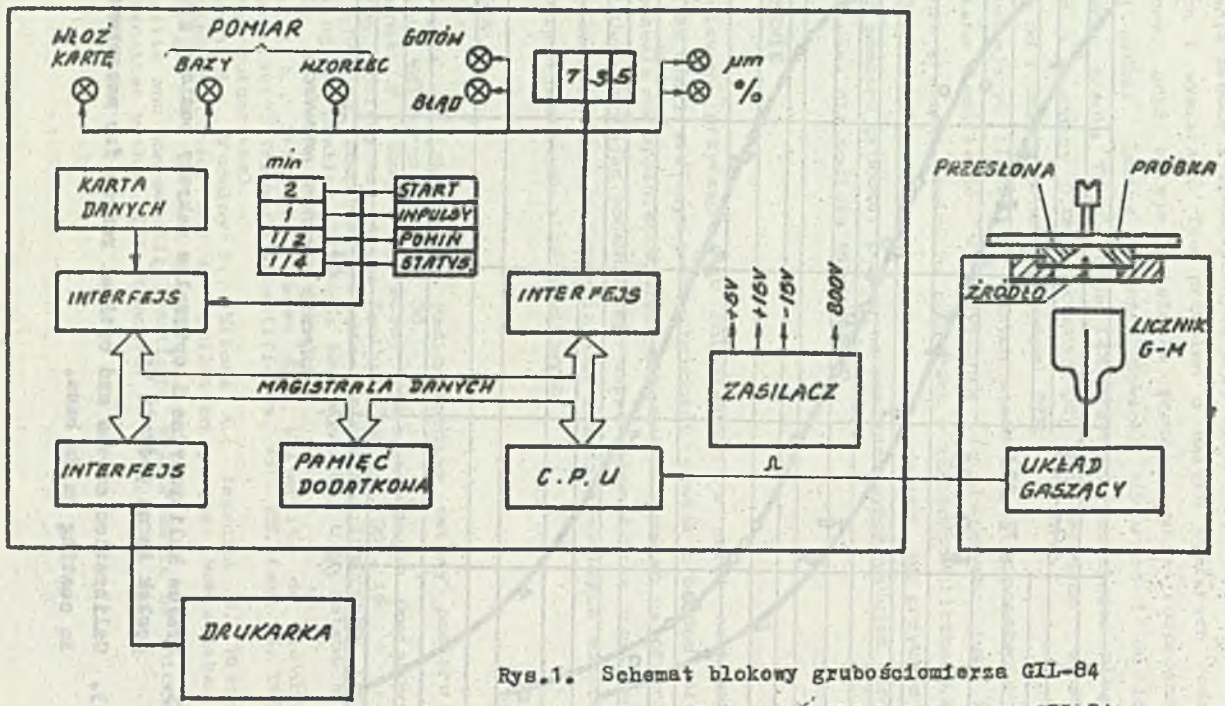
LITERATURA

[1] Sękowski S., Szepke R. Radiometryczne metody pomiaru grubości powłok. WNT, Warszawa 1968, 50.
[2] Urbański P., Szepke R. Błędy radiometrycznych pomiarów grubości powłok. Pomiary Automatyka Kontrola, Nr 1, 1967, 18.
[3] The advanced, computerized beta-backscatter instrument for accurate plating and coating thickness measurements. U.S. Patent Nr 4155009, 1979.
[4] Petrov A., Srenc A., Tanev A. Universite de Plovdiv "Paissi Hilenderski", Traveaux scientifiques, Vol. 26, fasc. 4, 1987, 18. (w języku bułgarskim).
[5] Machaj B., Żrudelny F., Sikora A., Jaszczuk J. Microprocessor coating thickness and air pollution gauges. Nukleonika, Vol. 31, 1986, 27.
[6] Metallic and non-metallic coatings. Measurements of thickness. Beta backscatter method. ISO Standard, Nr 3543, 1980.



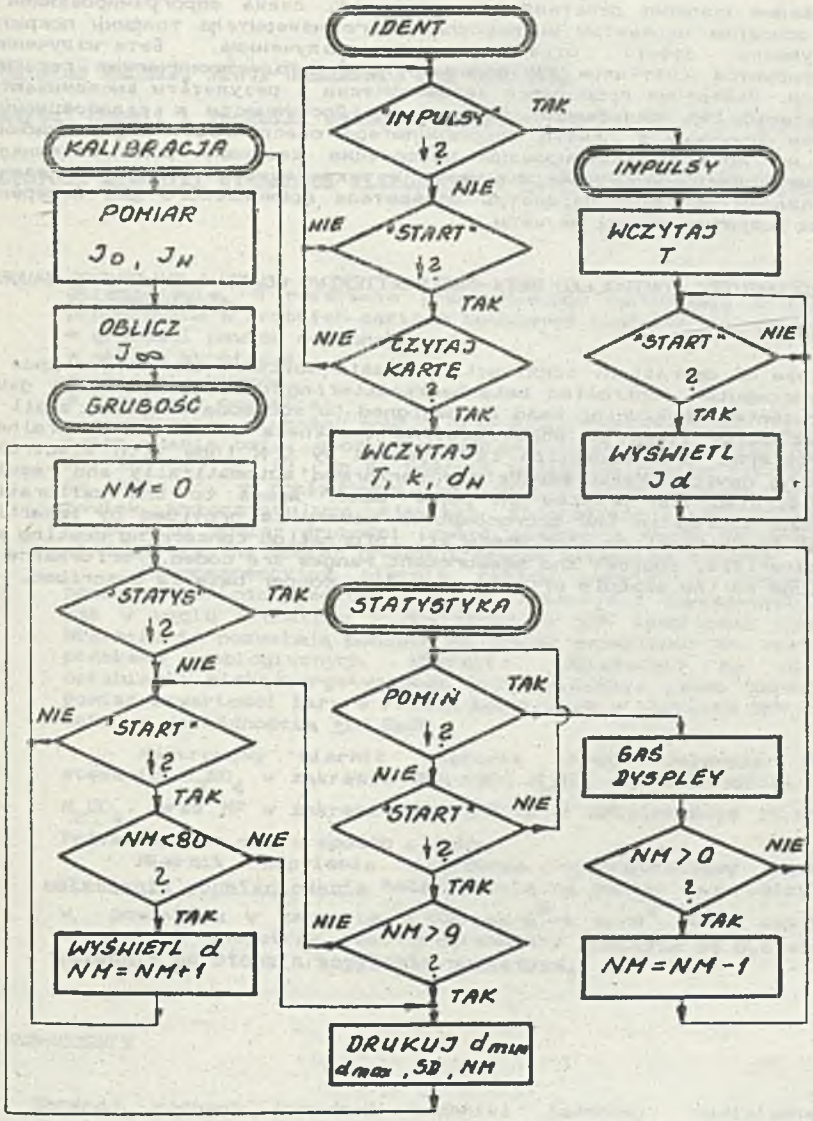
Rys.3. Krzywe kalibracyjne i optymalne zakresy pomiaru grubości powłok Au na podłożu Cu.

Fig.3. Calibration curves and optimal ranges for measurement of Au coating on Cu base.



Rys.1. Schemat blokowy grubościomierza GIL-84

Fig.1. Block diagram of thickness gauge GIL-84



Rys.2. Sieć przepływu programu miernika GIL-84

Fig.2. Flow-chart diagram of GIL-84 software

МИКРОКОМПЮТЕРНЫЙ, БЕТА-ОТРАЖАЮЩИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТОЛЩИНЫ ПОКРИТИЙ

Резюме.

Представлен принцип действия, конструкция, схема опрограмирования а также основные параметры микрокомпютерного измерителя толщины покрытии использующего эффект отражения бета-излучения. Бета-излучение регистрируется счетчиком ГМ содействующим с электронической гасающей системой. Измерения проводятся автоматически а результаты высвечиваются и печатаются на печатающим устройстве. Доступность к калибрационным функциям хранимым в памяти микрокомпютера обеспечивает информационный лист, на котором закодированы информации касающие рода материалов покрытия и базы, источника излучения а также измерительного диапазона. Представлены основные параметры измерителя применяемого для измерения толщины покрытии золота на меди.

MICROCOMPUTER CONTROLLED BETA-BACKSCATTERING COATING THICKNESS GAUGE

Abstract.

Principle of operation, construction, basic software and performance of a microcomputer controlled beta-backscattering coating thickness gauge are presented. Measuring head is designed to accomodate either small as well as large items on which coating thickness is to be determined. Backscattered beta radiation is detected by G-M tube with electronic quenching device. Measurements are performed automatically and results are displayed and printed on paper band. Acess to the calibration functions stored in the microcomputer memory is provided by inserting special identification card where all information concerning coating and base materials, sources and measurement ranges are coded. Performance of the gauge on the example of gold plated on copper base is described.