

Stanisław KOCHOWSKI

Stanisław ŁOŚ

Karol WITTEK

STANOWISKO DO BADANIA STRUKTUR MOS METODĄ KWASISTATYCZNYCH
CHARAKTERYSTYK C-V

Streszczenie. Opisano stanowisko do zdejmowania kwasistatycznych charakterystyk struktur MOS. Omówiono zasadę metody oraz budowę skonstruowanego zasilacza liniowo narastającego napięcia i komory pomiarowej. Przedstawiono zdjętą w opisanym układzie kwasistatyczną charakterystykę C-V struktury Al-SiO₂-Si.

1. WSTĘP

Struktury metal - tlenek - półprzewodnik (MOS) stanowią przedmiot licznych badań ze względu na ich zastosowania w mikroelektronice jak i możliwość uzyskania informacji o zjawiskach fizycznych zachodzących w dielektryku oraz na powierzchni rozdzielającej półprzewodnik od jego tlenku.

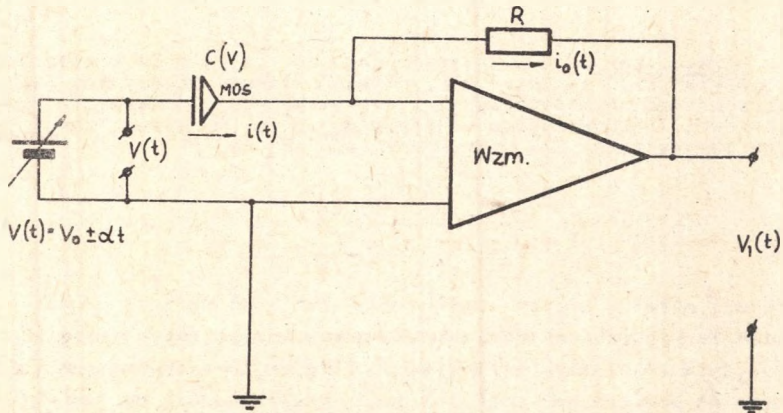
Podstawowymi parametrami, których znajomość jest istotna dla wyjaśnienia zjawisk zachodzących w tego typu strukturach są: potencjał powierzchniowy w półprzewodniku oraz rozkład energetyczny gęstości stanów powierzchniowych i ich przekroju czynnego na wychwyty.

Do najbardziej efektywnych sposobów badania struktur MOS należy pomiar charakterystyki pojemnościowo-napięciowej (C-V) i porównanie jej z charakterystyką struktury idealnej [1]. W zależności od stosowanych przebiegów napięcia, użytego sygnału pomiarowego i temperatury rozróżnia się między innymi takie metody pomiarowe, jak: metoda kwasistatyczna [2] różniczkowa [3] temperaturowa [4], konduktancyjna [5].

W tej pracy opisano budowę stanowiska pozwalającego wyznaczyć charakterystyki C-V struktur MOS metodą kwasistatyczną. Z tak otrzymanych charakterystyk można wyznaczyć potencjał powierzchniowy w półprzewodniku oraz rozkład energetyczny gęstości stanów powierzchniowych. Należy zauważyć, że te informacje wystarczają do oceny struktury MOS, jednakże nie są kompletne dla pełnego opisu zjawisk powierzchniowych.

2. ZASADA POMIARU KWASISTATYCZNYCH CHARAKTERYSTYK C-V

Technika kwasistatyczna opiera się na pomiarze prądu wymuszonego w strukturze MOS pod wpływem przyłożonego do niej napięcia zmieniającego się liniowo w czasie. Szybkość zmian napięcia musi być tak dobrana, aby pojemność stanów powierzchniowych pozostawała w równowadze z sygnałem pomiarowym, czyli aby w strukturze w każdej chwili zachowywany był stan równowagi termicznej. Zaproponowany przez Kuhna [2] układ pomiarowy przedstawił jest na rys. 1. Obwód ten jest zasadniczo układem różniczkującym, zawierającym strukturę MOS jako element pojemnościowy.



Rys. 1. Zasada pomiaru kwasistatycznych charakterystyk C-V struktur MOS

Po przyłożeniu do układu napięcia $V(t)$ na jego wyjściu otrzymamy napięcie $V_1(t)$ określone zależnością:

$$V_1(t) = -RC(t) \frac{dV(t)}{dt}.$$

Jeżeli napięcie wejściowe zmienia się liniowo w czasie wg prawa:

$$V(t) = V_0 \pm \alpha t,$$

to napięcie wyjściowe $V_1(t)$ jest proporcjonalne do pojemności różniczkowej C struktury MOS.

$$V_1(t) = \pm \alpha RC(t).$$

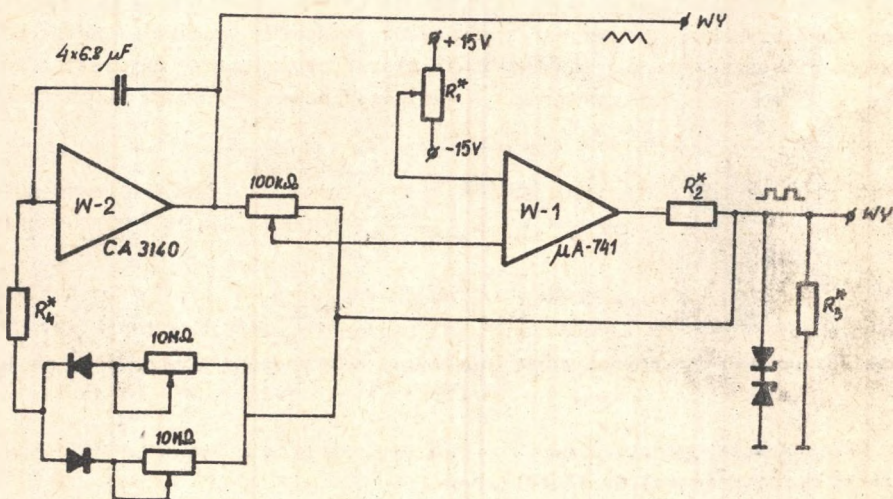
Jednocześnie podanie $V(t)$ i $V_1(t)$ na rejestrator X-Y umożliwi uzyskanie krzywej C-V.

Z danych literaturowych [2] wynika, że liniowość zmian napięcia wejściowego powinna być nie gorsza niż 0,5%.

Szybkość narastania napięcia α warunkująca utrzymanie stanu równowagi termicznej w strukturze uzależniona jest od pojemności tlenku i czasu życia nośników mniejszościowych. Dla typowych struktur MOS α zawarte jest w granicach od 5 mV/s do 500 mV/s. Gęstość prądu wymuszonego w strukturze jest zazwyczaj mniejsza niż 10^{-8} A/cm². Zestawianie układu do zdejmowania kwasistatycznych charakterystyk C-V wymagało więc zaprojektowania i skonstruowania zasilacza liniowo narastającego napięcia oraz odpowiedniej ekranowanej komory do umieszczenia badanej struktury.

3. BUDOWA ZASILACZA LINIOWO NARASTAJĄCEGO NAPIĘCIA

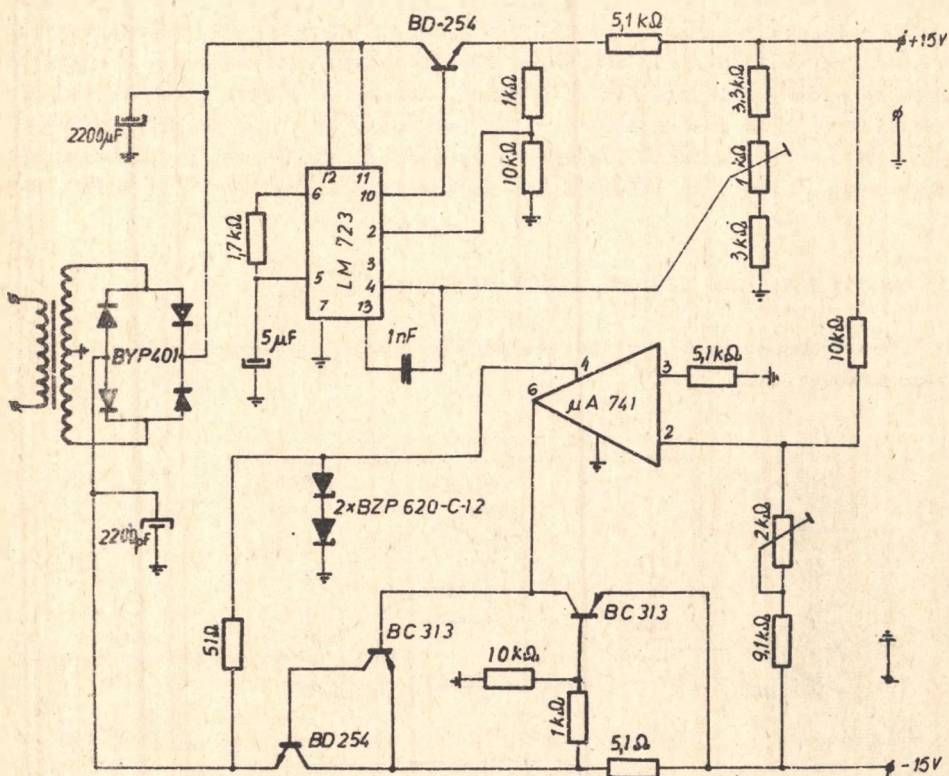
Skonstruowany zasilacz liniowo narastającego napięcia zawiera następujące elementy:



Rys. 2. Schemat generatora przebiegów trójkątnych

a) generator przebiegów trójkątnych (rys. 2). Zbudowano go w oparciu o układ scalony drugiej generacji $\mu A 741$ (w-1) firmy Fairchild Semiconductor oraz wzmacniacz operacyjny serii CA 3140 firmy RCA. Duża wartość oporności wejściowej układu scalonego (około $1,5 \text{ G}\Omega$) pozwoliła uzyskać liniowość napięcia generatora lepszą niż 0,5%. Układ daje napięcia zmieniające się od $-7,6 \text{ V}$ do $+7,6 \text{ V}$ z regulowaną szybkością narastania α od $5,5 \text{ mV/s}$ do 200 mV/s .

b) zasilacz stabilizowany ± 15 V do generatora przebiegów trójkątnych (rys. 3).

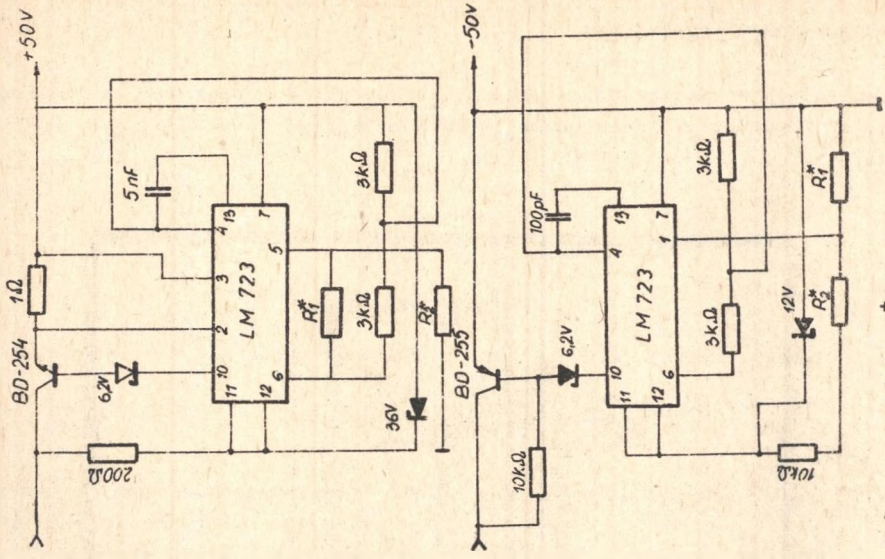


Rys. 3. Schemat zasilacza stabilizowanego ± 15 V do generatora przebiegów trójkątnych

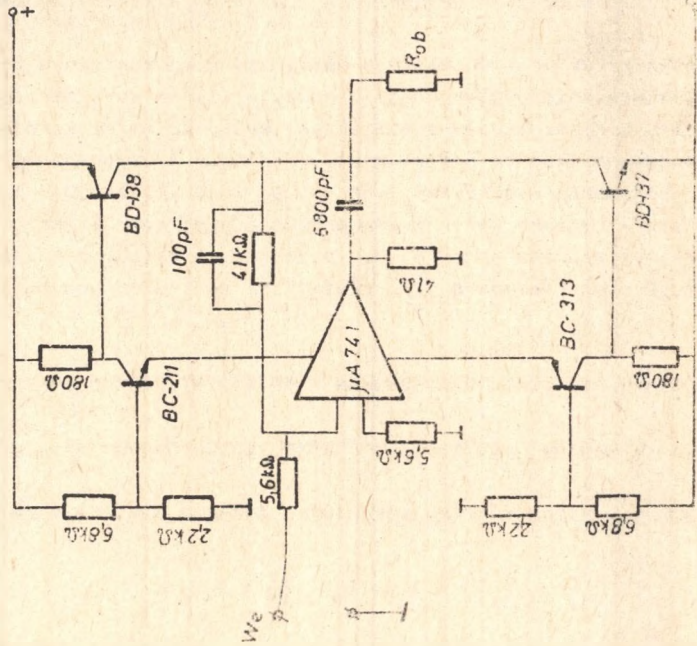
Układ zrealizowano w oparciu o układy scalone μA 741 i LM 723 ten ostatni firmy National Semiconductor.

c) wzmacniacz napięciowy (rys. 4). Pozwala on na zwiększenie zakresu zmian napięcia generatora do wartości od -50 V do $+50$ V. Błąd liniowości wzmacniacza nie przekracza $0,4\%$ przy wzmocnieniu $7 \frac{V}{V}$.

d) zasilacz stabilizowany ± 50 V do wzmacniacza, zrealizowany na dwóch układach scalonych LM 723 (rys. 5).



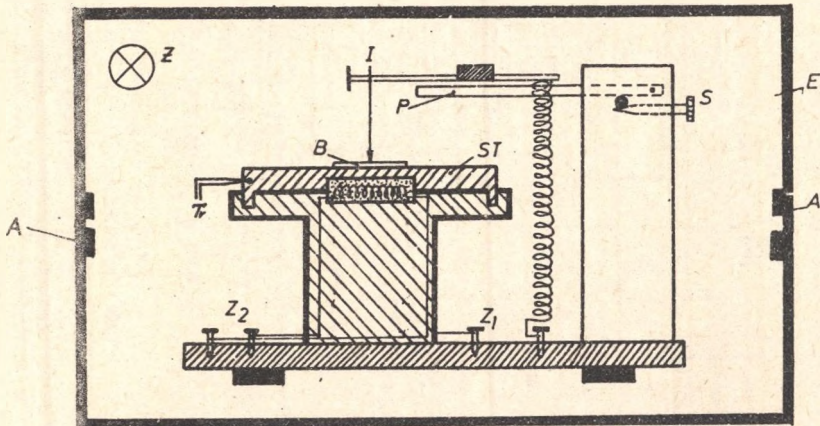
Rys. 5. Schemat zasilaacza ± 50 V do wzmacniacza napięciowego



Rys. 4. Schemat wzmacniacza napięciowego zastobowanego w zasilaacz liniowego narostu napięcia

4. BUDOWA KOMORY POMIAROWEJ

Ze względu na pomiar bardzo małych prądów układ wymaga starannego ekranowania. Konstrukcję zastosowanej komory pomiarowej przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Budowa komory pomiarowej:

ST - stolik pomiarowy, B - badana struktura, S - śruba regulacyjna, Tr - termopara, E - ekran, I - elektroda igłowa, Z_1 - zaciski do podawania napięcia na strukturę, Z_2 - zaciski do grzania stolika, Z - oświetlenie wnętrza, P - dźwignia, A - przejścia koncentryczne

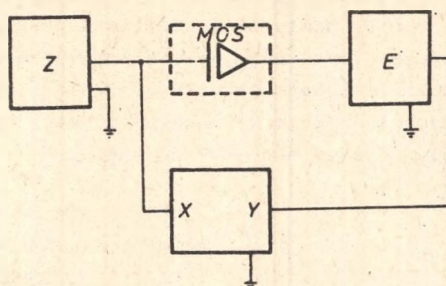
Badana struktura B zostaje umieszczona na miedzianym stoliku ST, którego powierzchnię wypolerowano i pokryto cienką warstwą złota, co zapewnia dobry kontakt z półprzewodnikiem. Napięcie na elektrodę bramki struktury podawane jest za pomocą niklowanej igły I zamocowanej na dźwigni P, której położenie regulowane jest śrubą S. W ten sposób istnieje możliwość zmiany nacisku igły na powierzchnię elektrody bramki. W stoliku wmontowana jest spirala grzejna Sp pozwalająca zmieniać temperaturę badanej struktury oraz termopara Tr, służąca do kontroli tych zmian.

5. BUDOWA STANOWISKA DO ZDEJMOWANIA KWASISTATYCZNYCH CHARAKTERYSTYK C-V

Blokowy schemat zestawionego układu pomiarowego przedstawiony jest na rys. 7.

Prąd I_x , płynący przez strukturę, pozwala wyznaczyć jej pojemność C_x .

$$I_x = C_x \cdot \frac{dV}{dt} = \pm C_x \alpha$$



Rys. 7. Schemat blokowy stanowiska do zdejmowania charakterystyk kwasistatycznych struktur MOS:

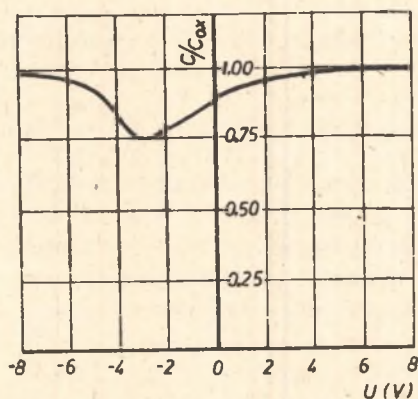
Z - zasilacz liniowo narastającego napięcia, E - elektrometr, X-Y - rejestrator

Wykreślona na rejestratorze krzywa jest po uwzględnieniu C_0 szukaną charakterystyką C-V struktury MOS.

W układzie zastosowano elektrometr typu 219, produkcji ZRK UNITRA oraz rejestrator X-Y typu RXY-101, produkcji ZDEMP Gliwice.

6. UWAGI KOŃCOWE

Dla sprawdzenia poprawności działania zestawu pomiarowego zdjęto kilka kwasistatycznych charakterystyk C-V struktur $\text{Al-SiO}_2\text{-Si}^{\text{x}}$. Przykładową charakterystykę przedstawiono na rys. 8.



Rys. 8. Przykładowa charakterystyka kwasistatyczna struktury $\text{Al-SiO}_2\text{-Si}$

^{x)} Struktury otrzymano z ITE Politechniki Wrocławskiej.

Pomiary wykazały przydatność wykonanego stanowiska do celu, jaki ma ono spełniać. Konstrukcja komory pomiarowej umożliwia poza tym prowadzenie badań w temperaturach wyższych niż pokojowe, a rozszerzenie zakresu napięć uzyskiwanych z zasilacza liniowego narostu napięcia (możliwe po zastąpieniu obecnie wmontowanych tranzystorów tranzystorami wysokonapięciowymi) zwiększy krąg materiałów, jakie mogą być badane.

LITERATURA

- [1] Marciniak W.: Przyrządy półprzewodnikowe typu MIS, Warszawa (1976).
- [2] Kuhn M.: Solid St. El. 15, 873 (1970).
- [3] Terman L.M.: Solid St. El. 5, 285 (1962).
- [4] Gray P.V., Brown D.M.: Appl. Phys. Lett. 8, 31 (1968).
- [5] Nicollian E.H., Goetzberger A.: Bell. Syst. Techn. J. 46, 1055 (1967).

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУР MOS МЕТОДОМ КВАЗИСТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК C-V

Резюме

В работе представлен стенд для получения квазистатических характеристик структур MOS, описаны метод и конструкция питателя линейно возрастающего напряжения а также измерительной камеры. Представлена полученная в описанной системе квазистатическая характеристика C-V структуры Al-SiO₂-Si.

A STAND FOR TESTING MOS-STRUCTURES APPLYING QUASISTATIC PARAMETERS OF C-V

Summary

A stand for obtaining quasistatic parameters of MOS-structures has been described. The paper discusses the principle of the method as well as the structure of designed power supply of linearly increasing voltage and a measurement chamber. A quasistatic parameters of C-V obtained in the described system for Al-SiO₂-Si - structure has been presented.