

Ćwiczenie 5

Tranzystor polowy MOS

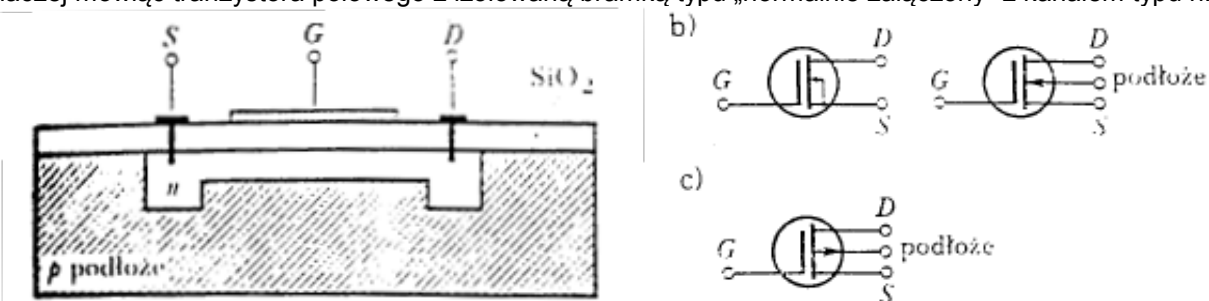
1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie statycznych charakterystyk tranzystora polowego z izolowaną bramką, poznanie metod pomiaru parametrów małosygnalowych tranzystora i poznanie jego właściwości dynamicznych podczas przełączania.

2. Wiadomości podstawowe

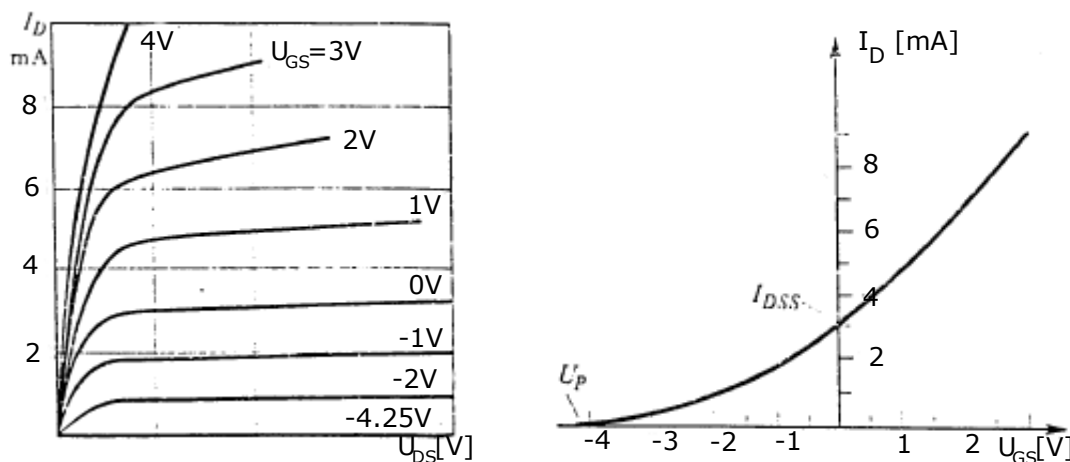
2.1. Budowa i działanie tranzystora polowego z izolowaną bramką.

Tranzystory polowe są grupą elementów półprzewodnikowych, w których wykorzystuje się do sterowania strumieniem nośników pole elektryczne wytwarzane przez napięcie przykładane do elektrody sterującej. Tranzystory MOS z izolowaną bramką są jednym z rodzajów tych tranzystorów, najczęściej wykorzystywane są w układach mikroelektroniki (pamięci półprzewodnikowe, układy mikroprocesorowe). Elektrody prądowe tranzystora MOS nazywamy źródłem S (ang. source) i drenem D (ang. drain). Elektroda sterująca to bramka G (ang. gate) i podłoże B (ang. bulk). Na rys.1 przedstawiono budowę tranzystora polowego z izolowaną bramką, pracującego na zasadzie zubożenia nośników w kanale lub inaczej mówiąc tranzystora polowego z izolowaną bramką typu „normalnie załączony” z kanałem typu n.



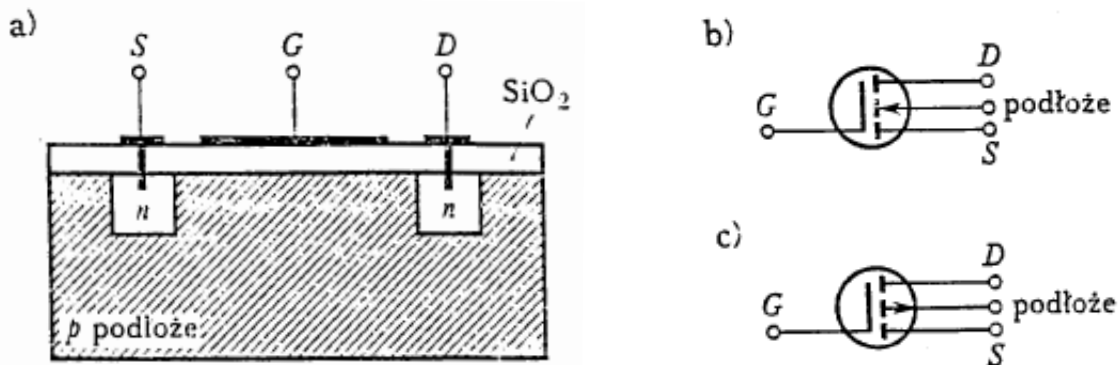
Rys. 1. Tranzystor MOS FET typu „normalnie załączony” a) przekrój b) symbole graficzne tranzystora z kanałem typu n c) symbol graficzny tranzystora z kanałem typu p.

Bramka jest odizolowana od kanału warstwą SiO_2 . Dzięki temu rezystancja wejściowa obwodu bramki jest rzędu $10^{12} \Omega$ i dlatego prąd wejściowy ma b. małą wartość, co jest zasadniczą zaletą tych tranzystorów. Tranzystor tego typu pracuje zazwyczaj przy zerowej polaryzacji wstępnej bramki, ponieważ napięcie bramki może się zmieniać wokół zera, przyjmując wartości zarówno dodatnie, jak i ujemne. Przykładowe charakterystyki dla tego typu tranzystora pokazano na rys.2.

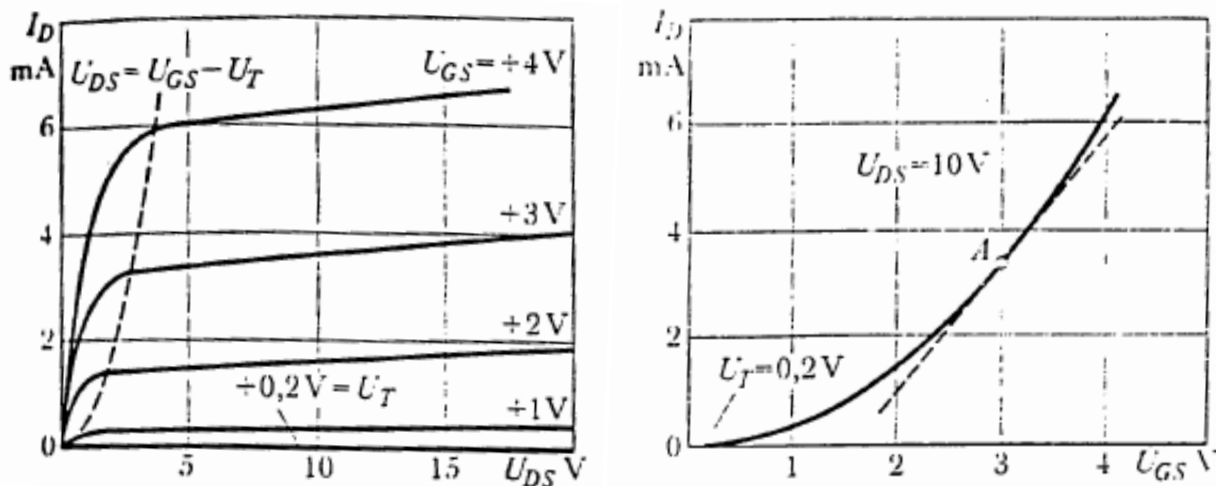


Rys. 2. Charakterystyka przejściowa i wyjściowa tranzystora formalnie załączonego” z kanałem typu n

Innym rodzajem tranzystora MOS jest tranzystor polowy z indukowanym kanałem lub pracującym na zasadzie wzbogacania nośników w kanale, bądź tranzystor typu „normalnie wyłączony”. Jego budowa pokazana jest na rys.3. Gdy bramka ma niewielkie napięcie dodatnie, w podłożu typu p poniżej bramki wytwarza się cienka warstwa pozbawiona nośników elektrycznych. Wzrost dodatniego potencjału bramki powoduje przyciąganie elektronów do dna warstwy SiO₂ poniżej bramki, tak że pomiędzy obszarem n źródła S a obszarem n drenu D rozciąga się warstwa wypełniona elektronami. W rezultacie, źródło i dren zostaje połączone zaindukowanym kanałem. Najmniejsze dodatnie napięcie bramki, powodujące zaindukowanie kanału nazywane jest napięciem progowym U_T . Typowe charakterystyki statyczne tranzystora tego rodzaju pokazano na rys.4.



Rys.3. Tranzystor MOS FET typu „normalnie wyłączony” a) przekrój b) symbol graficzny tranzystora z kanałem typu n c) symbol graficzny tranzystora z kanałem typu p.



Rys. 4 Charakterystyka przejściowa i wyjściowa tranzystora formalnie „wyłączonego” z kanałem typu n

2.2. Parametry małosygnalowe.

Własności dynamiczne tranzystora polowego z izolowaną bramką (MOS) określa się najczęściej w oparciu o model małosygnalowy.

Transkonduktancja bramki g_m określa przyrost prądu drenu wywołany małym przyrostem napięcia bramki w ustalonym punkcie pracy.

$$g_m = \left. \frac{dI_D}{dU_{GS}} \right|_{\substack{U_{DS} = const \\ U_{BS} = const}}$$

Konduktancja kanału g_d jest zdefiniowana wzorem:

$$g_d = \left. \frac{dI_D}{dU_{DS}} \right|_{\substack{U_{GS} = const \\ U_{BS} = const}}$$

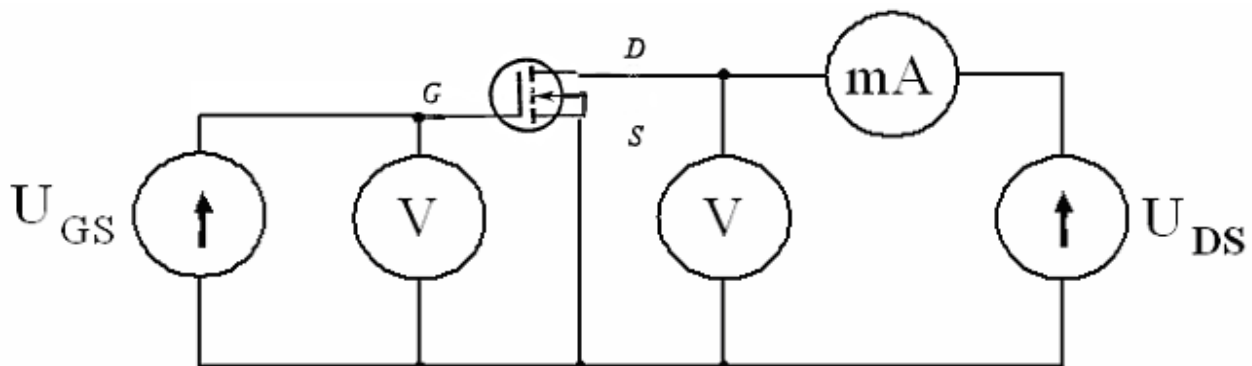
3. Zakres pomiaru.

W ćwiczeniu badany jest tranzystor polowy z kanałem typu n jak i z kanałem typu p. Należy pomierzyć charakterystyki statyczne tranzystorów wskazanych przez prowadzącego

Uproszczony schemat układu pomiarowego pokazany jest na rys.3.1 Należy wyznaczyć następujące charakterystyki:

A] przejściową $I_D = f(U_{GS})$ dla kilku wartości napięcia drenu U_{DS} . Jedną wartość napięcia U_{DS} należy przyjąć z zakresu pentodowego, pozostałe z pogranicza i z zakresu triodowego. Zadbaj, aby wykreślone charakterystyki były równomiernie rozłożone.

B] wyjściową $I_D = f(U_{DS})$ dla kilku wartości napięcia bramki U_{GS} . Jako pierwszą wartość przyjąć $U_{GS} = U_p \pm 0.5V$ (w zależności od typu tranzystora) a następne dla takich, aby otrzymane charakterystyki były na wykresie równomiernie rozłożone.



Rys. 3.1 Schemat układu do pomiaru charakterystyk statycznych tranzystora MOS

Uwaga 1 Przed wyznaczeniem charakterystyk nastawić wstępnie napięcie U_{DS} na poziomie kilku woltów (3V - 8V) a następnie zmniejszyć prąd drenu do zera przez zmianę napięcia U_{GS} . Pozwoli to na określenie rodzaju kanału badanego tranzystora i wartości napięcia odcięcia. W tabelach wyników pomiarów notować znaki napięć i prądu.

Uwaga 2 Przed przystąpieniem do pomiarów dokonać wszystkich możliwych regulacji i zaobserwować, w jakim zakresie zmieniają się poszczególne wielkości, jak się zmieniają (gwałtownie, wolno). W oparciu o te obserwacje ustalić zakres pomiarów, krok pomiarowy (niekoniecznie stały w całym zakresie pomiarowym) oraz wartości parametrów przy jakich będą mierzone poszczególne charakterystyki. Dopiero wtedy przystąpić do właściwych pomiarów.

4. Opracowanie wyników

- wykreślić wszystkie pomierzone charakterystyki, na wykresie charakterystyk wyjściowych zaznaczyć granicę między obszarem triodowym i pentodowym,
- określić typ przewodnictwa kanału, wyznaczyć wartość napięcia odcięcia U_p i wartość prądu nasycenia drenu I_{DSS} . Zaznaczyć te wartości na wykresach,
- na podstawie pomierzonych charakterystyk wyznaczyć parametry małosygnałowe g_m i g_d dla trzech różnych punktów pracy (tych samych dla obydwu parametrów).

5. Literatura

- Z. Lisik – Podstawy fizyki półprzewodników, skrypt PŁ,
A. Świt, J. Pułtorak – Przyrządy półprzewodnikowe,
W. Marciniak – Przyrządy półprzewodnikowe i układy scalone.