Tranzystory mocy MOS

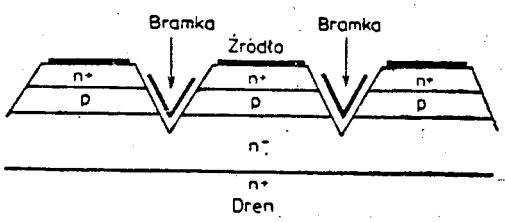
BOGDAN M. WILAMOWSKI

Bardzo duża rezystancja wejściowa i związane z tym bardzo duże wzmocnienie mocy powodują, że tranzystory typu MOS mogą być bardzo atrakcyjnymi przyrządami mocy.

Jako przyrządy unipolarne charakteryzują się ponadto stosunkowo dużą szybkością przełączania. Ich wadą jest mała transkonduktancja $g_m = dI_d/dV_g$ oraz niewielkie dopuszczalne wartości prądów, spowodowane względnie dużą rezystancją szeregową kanału. Zmniejszanie długości kanału prowadzi oczywiście do wzrostu transkonduktancji, ale jednocześnie znacznie maleje napięcie przebicia dren—źródło. Jedynym skutecznym sposobem zwiększenia prądów wyjściowych jest równoległe łączenie setek lub nawet tysięcy tranzystorów MOS w jednej scalonej strukturze.

Kolejnym problemem jest zmniejszenie do minimum rezystancji szeregowych źródła i drenu oraz uzyskanie stosunkowo dużych napięć przebicia bez znacznego zwiększania powierzchni struktury. Z tych względów tranzystory mocy MOS charakteryzują się specyficznymi pionowymi konstrukcjami.

Najnowocześniejszym rozwiązaniem konstrukcyjnym był tranzystor VMOS przedstawiony na *rys. 1*. Wskutek specy-

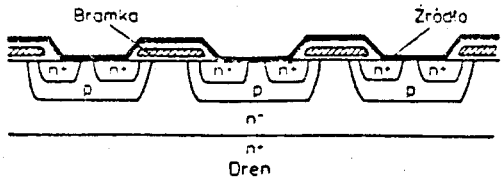


Rys. 1. Przekrój fragmentu tranzystora VMOS

ficznego, izotropowego trawienia krzemu o przekrojach w kształcie litery V możliwe było uzyskanie krótkiego kanału przy jednocześnie dużej odporności na przebicie, sięgającej 1000 V. Ponadto specyficzne usytuowanie źródła i drenu spowodowało znaczne zmniejszenie rezystancji szeregowych doprowadzeń przy niewielkim obszarze zajmowanym przez całą strukturę. Im grubsza jest warstwa typu n-, tym większe jest napięcie przebicia dren—źródło, ale jednocześnie rośnie rezystancja szeregowa i spadek napięcia na załączonym tranzystorze. Istotną wadą tranzystorów VMOS jest ich złożony proces technologiczny.

Dominującym obecnie rozwiązaniem konstrukcyjnym tranzystorów mocy MOS są tranzystory typu TMOS, których przekrój fragmentu struktury przedstawiono na *rys. 2*. Mają one wszelkie zalety tranzystorów VMOS, a charakteryzują się nieco prostszym procesem technologicznym. W celu maksymalnego zwiększenia gęstości upakowania część tranzystorów TMOS ma specyficzną sześcioboczną topologię połączeń na powierzchni struktury, podobną do plastra miodu. Takie tranzystory zwane są często HEXFET.

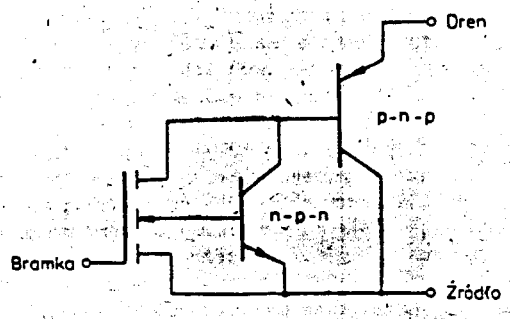
Obecnie tranzystory mocy MOS mogą przełączać moce rzędu 10 kW, to znaczy prądy rzędu 200 A przy napięciach 50 V lub prądy 10 A przy napięciach 1000 V. Czasy przełączania mogą być rzędu kilkudziesięciu nanosekund. Pojemności wejściowe zawierają się w przedziale od kilkuset pF do kilkunastu nF. Cechą charakterystyczną większości tranzystorów mocy MOS jest to, że mogą być sterowane bezpośrednio za pomocą standartowych układów logicznych o napięciu 5 V.



Rys. 2. Przekrój fragmentu tranzystora TMOS

Napięcia przebicia tranzystorów TMOS są tym większe, im grubsza jest warstwa epitaksjalna n-. Z drugiej strony ze wzrostem grubości tej warstwy rośnie wartość rezystancji tranzystora w stanie przewodzenia R_{on}. Stwierdzono doświadczalnie, że wartość rezystancji szeregowej R_{on} jest proporcjonalna do wartości napięcia przebicia podniesionego do potęgi 2,5. Tak więc na przykład ze zwiększeniem dwukrotnym napięcia przebicia wartość rezystancji szeregowej wzrośnie około 6 razy; w celu utrzymania tej wartości R_{on} na niezmienionym poziomie należałoby powiększyć powierzchnię struktury 6-krotnie. Wartość rezystancji szeregowej R_{on} ma decydujące znaczenie dla określenia maksymalnego prądu tranzystora, który ograniczony jest maksymalną mocą traconą $R_{on} \cdot I_m$.

Drastyczne zmniejszenie rezystancji szeregowych możliwe jest dopiero w nowej klasie tranzystorów mocy MOS, zwanej CMD (ang. Conductivity Modulated Devices). Zaletą ich jest to, że łączą w sobie mały spadek napięcia tranzystora bipolarnego oraz dużą rezystancję wejściową tranzystora MOS. Są to przyrządy pośrednie pomiędzy tranzystorami MOS i bipolarnymi. Mimo że ich konstrukcje są bardzo zbliżone, lansowane są przez trzy firmy pod trzema różnymi nazwami. GENERAL ELECTRIC nazywa je IGT (Isolated Gate Transistor), firma RCA — COMFET (Conductivity Modulated FET), MOTOROLA zaś produkuje je jako GEMFET (Gain Enhanced FET).



Rys. 3. Uproszczony schemat zastępczy tranzystora z modulacją konduktywności (IGFET, COMFET, GEMFET)

Konstrukcja przyrządów CMD jest bardzo zbliżona do tranzystorów TMOS, z tą różnicą, że dren jest wykonany z materiału p+ zamiast n+. W ten sposób powstaje złożony

dokończenie na str. 4

Problemy odbioru telewizji rozsiewczej, kablowej i satelitarnej

JERZY GALOTZY

Już od kilku lat, zarówno w publikacjach fachowych, jak i popularnotechnicznych, a przede wszystkim w folderach i prospektach handlowych z dziedziny telewizji coraz częściej pojawia się hasło „odbiornik telewizyjny jako nowe medium", natomiast w treści podaje się nie tylko inne dziedziny zastosowania odbiornika telewizyjnego, ale również rozszerzający się zakres eksploatacji programowej. Formułę „nowe medium" należy traktować wyłącznie jako inteligentny zwrot reklamowy, bowiem wydaje się celowe rozróżnianie rozszerzonego zakresu eksploatacji programowej odbiornika telewizyjnego od jego nowych dziedzin zastosowania.

Rozszerzaniu zakresu eksploatacji pogramowej odbiornika telewizyjnego służą dziedziny, popularnie określane telewizją kablową, satelitarną, stereofonią, czy też tzw. video. Innymi dziedzinami zastosowań są: telegazeta, videotekst, monitor gier lub komputer domowy.

Przy przykładu można podać, że jeżeli mieszkaniec Wyspy Wielkanocnej odbiera program telewizyjny z odległego o ponad 3 tys. km Santiago de Chile, to nie jest to inne zastosowanie odbiornika telewizyjnego, ale rozszerzenie zakresu eksploatacji programu TV przez wykorzystanie do retransmisji satelity geostacjonarnego Intelsat IV. Pewnego związku z „medium" można by się tu wprawdzie dopatrzyć, gdyż retransmisja jest realizowana na wysokości 36 000 km ponad ziemią.

Natomiast, jeżeli mieszkaniec podparyskiej miejscowości Vélizy, w ramach eksperymentu „annuaire éléctronique" (elektroniczna książka telefoniczna), po odpowiednim zakodowaniu zdalnego sterowania uzyskuje na ekranie odbiornika telewizyjnego poszukiwane numery abonentów telefonicznych, to jest to już inna dziedzina zastosowania odbiornika telewizyjnego. Podobnie inną dziedziną zastosowania OTV jest przykład mieszkańca np. Düsseldorfu, włączonego w system „Bildschirmtext" (videotekst), który po odpowiednim zakodowaniu zdalnego sterowania swojego odbiornika może uzyskać na ekranie telewizora aktualny wyciąg swego konta bankowego, z pełnym zapewnieniem dyskrecji przekazu tej informacji.

Artykuł niniejszy stanowi zbiór informacji, w formie popularnotechnicznej, opartych na publikacjach krajowych i zagranicznych na temat aktualnego stanu i niektórych kierunków rozwoju telewizji na świecie. Podejmuje się w nim również pewną próbę uporządkowania niektórych zagadnień i pojęć, związanych z rozszerzającym się zakresem eksploatacji programowej odbiornika telewizyjnego oraz z innymi dziedzinami jego zastosowań.

Intencją artykułu jest także przedstawienie pewnych problemów techniczno-organizacyjnych eksploatacji telewizji w kraju i najbliższych kierunków rozwojowych, wymagających rozwiązań kompleksowych.

Eksploatacja programowa ogólna i indywidualna

Dynamiczny rozwój eksploatacji programowej telewizji kolorowej w Europie i ZSRR, mający swój początek w drugiej połowie lat sześćdziesiątych, był poprzedzony istotnymi uzgodnieniami międzynarodowymi w zakresie standardów i systemów telewizyjnych.

Praktycznie we wszystkich krajach przy wprowadzaniu do eksploatacji emisji programów telewizji kolorowej zachowano zasadę odpowiedniości odbioru programu telewizyjnego, tzn. możliwości odbioru programu telewizyjnego, emitowanego w kolorze na odbiornikach monochromatycznych jako programu czarno-białego oraz odbioru programu czarno-białego na odbiornikach telewizji kolorowej. Jedynie we Francji i Wielkiej Brytanii założono pewien czas na stopniowe wycofanie z eksploatacji starych odbiorników telewizyjnych monochromatycznych i likwidację emisji programów w standardach 819 i 405 linii.

W krajach wysoko uprzemysłowionych, wbrew zakładanym programom i publikowanym prognozom, a jednocześnie pomimo bardzo dynamicznego rozwoju eksploatacji programu telewizji kolorowej utrzymuje się w sprzedaży i eksploatacji koegzystencja odbiorników telewizji kolorowej i monochromatycznych dłużej aniżeli to pierwotnie zakładano. Stan ten tłumaczy się przede wszystkim względami ekonomicznymi, gdyż odbiornik telewizji kolorowej jest w dalszym ciągu 3 do 4 razy droższy od odbiornika telewizyjnego monochromatycznego. Większe są również koszty prawidłowej instalacji antenowej, a zadowalająca eksploatacja może być zapewniona jedynie przy stałym zachowaniu wysokich parametrów technicznych wytwarzania i propagacji programów telewizji kolorowej.

Dostępne obecnie na rynkach krajów wysoko rozwiniętych standardowe odbiorniki telewizji kolorowej charakteryzują się przede wszystkim takimi cechami, jak:

- bezwzględnym spełnianiem wymagań przepisów bezpieczeństwa użytkowania, opartych na normie IEC,
- spełnianiem przepisów przeciwzakłóceniowych wynikających głównie z norm CISPR, z uwzględnieniem specyfiki wymagań administracji krajów,
- wysoką niezawodnością w eksploatacji, uzyskiwaną nie tylko dzięki wysokiemu poziomowi jakości wytwarzania, ale również stosowaniu zminimalizowanej liczby elektronicznych podzespołów dyskretnych biernych i czynnych w układzie (na ogół poniżej 600 elementów) oraz zmniejszeniem energochłonności odbiornika (poniżej 90 W),
- przystosowaniem do regionalnych wymagań eksploatacji w zakresie zaprogamowania kanałów (do 30 kanałów) do eksploatacji programowej oraz przystosowaniem do innych źródeł informacji,
- wyposażeniem w zdalne sterowanie odbiornika w zakresie funkcji podstawowych i innych dziedzin zastosowań.

Odbiorniki monochromatyczne, głównie przenośne, będące w sprzedaży na tych rynkach, poza spełnianiem wymagań przepisów bezpieczeństwa i przeciwzakłóceniowych, charakteryzują się maksymalnym uproszczeniem układów i konstrukcji odbiornika, umożliwiającym stosunkowo niski koszt wytwarzania, z zapewnieniem jednak wysokiego poziomu niezawodności w eksploatacji.

---

dokończenie ze str. 3

przyrząd, którego uproszczony schemat zastępczy przedstawiono na *rys. 3*. Tranzystor pasożytniczy n-p-n powinien być stale w stanie zatkania; zasadniczą rolę odgrywa tranzystor p-n-p, dzięki któremu prąd składowego tranzystora MOS jest zwielokrotniony. Ponadto na skutek wstrzykiwania dziur w obszar n— następuje modulacja konduktywności tego obszaru i w efekcie znacznie maleje rezystancja szeregowa przyrządu. Dopuszczalne gęstości prądów przekraczają 100 A/cm² i są ponad 10 razy większe niż w tranzystorach TMOS. Rezystancje szeregowe też są wielokrotnie mniejsze.

Przyrządy CMD przy zbliżonych parametrach statycznych mają struktury 10-krotnie mniejsze niż tranzystory MOS. Każdy klj ma jednak dwa końce. Szybkość wyłączania tranzystorów z modulacją konduktywności jest wyraźnie mniejsza, bo wynosi kilka mikrosekund. Inną niedogodnością jest możliwość „zatrzaskiwania" się przyrządu (efekt tyrystorowy). Ma to miejsce przy dużych prądach lub w podwyższonych temperaturach. Przyrządy te są jednak stosunkowo nowe i można spodziewać się w najbliższym czasie usunięcia tych niedogodności. Z drugiej jednak strony fakt „zatrzaskiwania" się przyrządów CMD został wykorzystany na przykład przez firmę MOTOROLA do produkcji specjalnych tyrystorów kontrolowanych bramką MOS.