



Patent dodatkowy  
do patentu nr \_\_\_\_\_

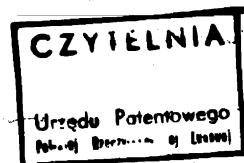
Zgłoszono: 05.01.78 (P. 203827)

Pierwszeństwo: 06.01.77 dla zastrz. 1, 2, 3  
01.11.77 dla zastrz. 4  
11.11.77 dla zastrz. 5  
Związek Socjalistycznych  
Republik Radzieckich

Zgłoszenie ogłoszono: 23.10.78

Opis patentowy opublikowano: 31.10.1983

Int. Cl.<sup>3</sup> H01L 27/08  
H03K 19/08



**Twórcy wynalazku:** Artašes Rubenovič Nazarjan, Vjačeslav Jakovlevič Kremlev, Vil'jam Nikolaevič Kokin, Viktor Ivanovič Sladkov, Boris Valentinovič Yenkov, Vadim Valer'evič Lavrov

**Uprawniony z patentu:** Artašes Rubenovič Nazarjan, Moskwa; Vjačeslav Jakovlevič Kremlev, Moskwa; Vil'jam Nikolaevič Kokin, Moskwa; Viktor Ivanovič Sladkov, Moskwa; Boris Valentinovič Venkov, Moskwa; Vadim Valer'evič Lavrov, Chimki (Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich)

### Scalony układ iniektorowy

1

Przedmiotem wynalazku jest scalony układ iniektorowy o wysokim stopniu scalania, przeznaczony do zastosowania w szczególności w urządzeniach cyfrowych.

Znane są scalone układy iniektorowe, zawierające generator prądu i normalnie odcięty n-kanalowy tranzystor polowy, którego bramka jest połączona z generatorem prądu i elektrodą wejściową układu, źródło-uziemione, a dren połączony z elektrodą wyjściową układu.

Znane scalone układy iniektorowe odznaczają się stosunkowo niedużą szybkością działania, wynikającą z faktu gromadzenia w obszarze źródła nadmiernego ładunku nośników, wstrzykiwanych przez złącze p-n brama-źródło. W tym układzie przy zwiększeniu prądu zasilania, potrzebnego do zmniejszenia czasu ładowania pojemności struktury, zwiększa się ładunek, gromadzony w obszarze źródła i z tego powodu zwiększa się czas, potrzebny do rozprządzenia tego ładunku, to znaczy zwiększa się czas całkowity opóźnienia przełączenia układu. Poza tym układ zajmuje stosunkowo dużą powierzchnię, co wynika z faktu, iż domieszki mają boczny dostęp pod maskującą warstwą tlenku podczas kształtowania bramki tranzystora polowego i że wymagane jest uwzględnienie większych tolerancji wymiarowych, aby zapewnić pokrywanie się otworów w maskach fotolitograficznych do złącz z obszarami bramek i drenów oraz otworów maski fotograficznej stosowanej w operacji dla dyfuzji domieszek do obszaru bramki przy kształtowaniu obszaru drenu.

Głównym zadaniem wynalazku jest zwiększenie szybkości działania scalonego układu iniektorowego.

2

Zadaniem wynalazku jest również zwiększenie liczby elementów układu scalonego na jednostce powierzchni podłoża półprzewodnikowego.

- 5 Zadanie zostało rozwiązane w wyniku zaprojektowania scalonego układu iniektorowego zawierającego generator prądu i normalnie odcięty n-kanalowy tranzystor polowy, którego bramka jest połączona z generatorem prądu i elektrodą wejściową układu, źródło jest uziemione, a dren jest połączony z elektrodą wyjściową układu.
- 10 Zgodnie z wynalazkiem, jako generator prądu jest wykorzystywany tranzystor bipolarny z kolektorem metalowym. Bramka tranzystora polowego jest wykonana w postaci co najmniej jednego niewstrzykującego nośników złącza prostującego połączonego z jedną z elektrod kolektorowych
- 15 tranzystora polowego.

Bramka tranzystora polowego jest wykonana w postaci dwóch niewstrzykujących złącz prostujących, przy czym drugie niewstrzykujące złącze prostujące jest połączone z drugą z elektrod kolektorowych tranzystora biopolarnego

20 i z dodatkową elektrodą wejściową tranzystora. Poza tym bramka tranzystora polowego pokrywa się z kolektorem metalowym tranzystora bipolarnego.

Obszary bramki tranzystora polowego są zrealizowane jako odcinki wewnątrzukładowych połączeń, usytuowanych

25 na nieosłoniętych strefach powierzchni podłoża i zabezpieczonych z góry dielektrykiem, nad którym usytuowany jest obszar drenu w taki sposób, iż tworzy złącze rezystancyjne na podłożu na odcinku, pokrywającym się z obszarami ładunku objętościowego złącz prostujących obszarów

30 bramek.

W podłożu w odległości a od powierzchni, nie przewyższającej grubości warstwy ładunku objętościowego niewstrzykującego nośników złącza prostującego bramka-źródło, usytuowany jest dodatkowy obszar, którego typ przewodnictwa jest przeciwny typowi przewodnictwa podłoża, w taki sposób, że całkowicie pokrywa się ze złączem rezystancyjnym między obszarem drenu i podłożem.

Istota rozwiązania technicznego według wynalazku jest wyjaśniona na podstawie przykładów realizacji wynalazku i w oparciu o załączony rysunek, na którym fig. 1 przedstawia ideowy schemat elektryczny scalonego układu iniektorowego, a mianowicie elementu logicznego LUB-NIE, fig. 2 — w postaci schematycznej strukturę półprzewodnikową elementu logicznego LUB-NIE, przedstawionego na fig. 1 w widoku z góry, fig. 3 — w postaci schematycznej strukturę półprzewodnikową elementu logicznego LUB-NIE z fig. 1 w przekroju poprzecznym, fig. 4 — w postaci schematycznej strukturę półprzewodnikową dwuwęjsiowego układu scalonego, stanowiącego zawór logiczny z generatorem prądu, wykonanym w postaci bipolarnego tranzystora z kolektorem metalicznym, pokrywanym się z bramką tranzystora polowego, w widoku z góry, fig. 5 — w postaci schematycznej planarną strukturę półprzewodnikową tranzystora polowego z obszarami bramek, wykonanymi w postaci odcinków połączeń wewnętrzukładowych, w przekroju poprzecznym, a fig. 5 — przedstawia schematycznie strukturę półprzewodnikową tranzystora polowego z dodatkowym obszarem, którego to obszaru typ przewodnictwa jest przeciwny typowi przewodnictwa podłoża półprzewodnikowego, w przekroju poprzecznym.

Na figurze 1 przedstawiony jest ideowy schemat elektryczny układu scalonego typu iniektorowego według jednego z przykładów realizacji wynalazku, a mianowicie — elementu logicznego LUB-NIE, stanowiącego zawór logiczny.

Element logiczny, stanowiący zawór logiczny, zawiera generator prądu, wykonany w postaci tranzystora bipolarnego 1, którego emiter 2 połączony jest z elektrodą 3 obwodu zasilania (nie pokazanego na rysunku), baza 4 połączona jest z elektrodą uziemienia 5, a kolektory 6, 6' są odpowiednio połączone z elektrodami wejściowymi 7, 7' zaworu logicznego. Poza tym zawór logiczny zawiera normalnie odcięty (nie przewodzący) n-kanalowy tranzystor polowy 8, którego obszar bramki 9 połączony jest z elektrodą wyjściową 11 i którego obszary bramek 12, 12' są wykonane w postaci niewstrzykujących nośników złącza prostujących, dołączonych odpowiednio do elektrod wejściowych 7 i 7' zaworu logicznego.

W przykładzie realizacji wynalazku, przedstawionym na fig. 1, bramki 12 i 12' tranzystora polowego 8 wykonane są w postaci dwóch niewstrzykujących nośników złącza prostujących, przy czym drugie złącze połączone jest z dodatkową elektrodą wejściową 7'.

Na figurze 2 przedstawiona jest schematycznie, bez uwzględnienia rzeczywistych stosunków wymiarów poszczególnych elementów, struktura półprzewodników tego samego zaworu logicznego, którego schemat ideowy przedstawiony jest na fig. 1.

Oznaczenia podstawowych elementów są takie same, jak i na fig. 1. Generator prądu, zrealizowany w postaci tranzystora bipolarnego 1 oraz tranzystor polowy 8 ukształtowane są na wspólnym podłożu półprzewodnikowym 13 o przewodnictwie typu n, przy czym obszar bazy 4

tranzystora 1 i obszar źródła 9 n-kanalowego tranzystora polowego 8 pokrywają się ze sobą.

Na fig. 3 przedstawiona jest ta sama struktura półprzewodnikowa z fig. 2 w przekroju poprzecznym przy tym oznaczenia podstawowych elementów na fig. 3 są przyjęte takie same, jak na fig. 2. Obszar drenu 10 tranzystora polowego 8 jest usytuowany między niewstrzykującymi nośnikami złączami prostującymi obszarów bramek 12 i 12'. Liniami przerywanymi zaznacza się granice warstw ładunku objętościowego złącza prostujących obszarów 12 i 12' w podłożu 13.

Na figurze 4 przedstawiona jest schematycznie struktura półprzewodnikowa dwuwęjsiowego zaworu logicznego z generatorem prądu w postaci tranzystora bipolarnego z kolektorami metalicznymi, pokrywanymi się z bramkami tranzystora polowego. W tej strukturze kolektory metaliczne 6, 6' bipolarnego tranzystora pokrywają się z obszarami bramek 12, 12', zrealizowanymi w postaci złącza metal-półprzewodnik typu diod Schottky'ego.

Zwiększanie gęstości komponowania elementów w danej konstrukcji osiąga się poprzez nałożenie wymienionych obszarów 6, 6' i 12, 12' odpowiednio, a więc poprzez wyeliminowanie elementów łączeniowych między kolektorami 6, 6' a obszarami bramek 12, 12'. Należy zaznaczyć, że takie nałożenie obszarów stało się możliwe dzięki wykonaniu generatora prądu w postaci tranzystora bipolarnego z kolektorem metalicznym.

Na figurze 5 przedstawiona jest schematycznie struktura półprzewodnikowa normalnie odciętego (nie przewodzącego) n-kanalowego tranzystora polowego 8, wchodzącego w skład scalonego układu logicznego, będącego zaworem logicznym, którego schemat ideowy przedstawiony jest na fig. 1. Pozostała część układu może być wykonana tak samo, jak to zostało przedstawione na fig. 4.

Zaproponowana konstrukcja układu scalonego z tranzystorem polowym, wyposażonym w obszary bramek, zrealizowane w postaci niewstrzykujących nośników złącza, umożliwiła realizację obszarów bramek 12, 12' w postaci odcinków metalicznych połączeń wewnętrzukładowych 14, leżących na odcinkach podłoża 13, nie osłoniętych dielektrykiem maskującym 15. Taka konstrukcja zapewnia możliwość kształtowania obszarów bramek 12, 12' jednocześnie z wytwarzaniem pierwszej warstwy połączeń wewnętrzukładowych w układzie scalonym. Rozmieszczenie obszaru drenu 10 nad dielektrykiem 16, osłaniającym połączenie wewnętrzukładowe 14, pozwala na kształtowanie obszaru drenu 10 jednocześnie z wytwarzaniem drugiej warstwy połączeń wewnętrzukładowych (na rysunku nie pokazanych) układu scalonego.

Na figurze 6 przedstawiona jest schematycznie struktura półprzewodnikowa tranzystora polowego, będącego częścią struktury układu scalonego według wynalazku, zrealizowanego według jeszcze jednego przykładu wykonania wynalazku. Struktura ta różni się od opisanej wyżej i przedstawionej na fig. 5 tym, że przewidziany jest w niej dodatkowy obszar 17, ukształtowany w podłożu 13 w odległości a od powierzchni, nie przewyższającej grubości warstwy ładunku objętościowego niewstrzykującego nośników złącza prostującego obszaru bramki 12. Obszar 17 ma przewodnictwo typu, przeciwnego typowi przewodnictwa podłoża 13.

W danym przykładzie wykonania obszar 17 ma przewodnictwo typu p. Obszar 17 jest usytuowany w taki sposób, aby całkowicie pokrywał się ze złączem rezystancyjnym 18 między obszarem drenu a podłożem 13. Wprowadzenie

dodatkowego obszaru 17 pozwala zwiększyć odległość między obszarami bramek 12 i 12' i uprościć technologię wytwarzania układu scalonego dzięki zmniejszeniu wymagań, jakim powinna odpowiadać maska fotolitograficzna, stosowana do kształtowania obszarów bramek.

Scalony układ typu iniektorowego (zawór logiczny) pracuje w sposób następujący: obszar emitera 2 tranzystora bipolarnego 1 wstrzykuje dziury w obszar bazy 4. Te dziury dla obszaru bazy 4 są nośnikami mniejszościowymi ładunku. Te nośniki ładunku odbierane są przez obszary kolektorów 6 i 6'. W zależności od napięcia na elektrodach wejściowych 7 i 7' zawór logiczny może znajdować się w jednym z następujących stanów.

Jeśli na obydwóch elektrodach 7, 7' obecne jest małe napięcie, bliskie potencjałowi „ziemi”, wówczas odbierane przez złącza kolektorowe obszarów 6 i 6' nośniki ładunku odprowadzane są do „ziemi”. Przy tym elektroda wyjściowa 11 nie ma połączenia galwanicznego z elektrodą 5 „ziemia” i, jeżeli zawór ten obciążony jest przez analogiczny zawór (nie pokazany na fig. 1), to na elektrodzie 11 obecne będzie duże napięcie, równe napięciu otwarcia złącza między obszarami 12, 12' i 9.

Naruszenie wymienionego połączenia galwanicznego następuje wskutek pokrycia się obszaru podłoża 13, usytuowanego między elektrodami 11 i 5, z warstwami ładunków objętościowych, znajdujących się w stanie odcięcia (w stanie nieprzewodzenia prądu elektrycznego) złącz między obszarami 12, 12' i 9 (granice warstw ładunków objętościowych zaznaczone są liniami przerywanymi).

Jeśli na elektrodach wejściowych 7 i 7' obecne jest duże napięcie, przewyższające napięcie, przy którym następuje przejście złącz między obszarami 12, 12' i 9 w stan przewodzenia, wówczas między elektrodami 11 i 5 ma miejsce połączenie galwaniczne i napięcie na wyjściu elementu logicznego jest prawie równe napięciu na elektrodzie uziemienia 5. Wymienione połączenie galwaniczne zapewnia się na skutek zmniejszenia rozmiarów obszaru ładunku objętościowego złącz między obszarami 12, 12' i 9 przy zwiększeniu napięcia na elektrodach wejściowych 7 i 7'.

Jeśli do jednej z elektrod 7, 7' przyłożone jest małe napięcie, to zachodzą dwa przypadki. Pierwszy, gdy rezystywność obszaru 10 i odległość  $L$  między obszarami 12, 12' (fig. 2) są wybrane w taki sposób, że szerokość warstwy ładunku objętościowego między obszarami 12 i 9 jest większa lub równa odległości  $L$ . Drugi — gdy szerokość warstwy ładunku objętościowego tego złącza jest mniejsza od odległości  $L$ . W pierwszym przypadku połączenie galwaniczne między elektrodami 11 i 5 nie istnieje, a w drugim — połączenie galwaniczne między elektrodą 11 i „ziemią” (elektrodą 5) ma miejsce. W ten sposób element logiczny, w zależności od parametrów strukturalno-topologicznych (wartości  $b$  i rezystywności obszaru 10), może realizować funkcje logiczne LUB-NIE i I-NIE.

Zwiększenie szybkości działania danego elementu logicznego jest osiągane dzięki wykorzystaniu jako obszarów bramek 12, 12' i jako obszarów kolektorów 6, 6' niewstrzykujących nośników złącz prostujących, a mianowicie złącz metal-półprzewodnik. Brak wstrzykiwania nośników mniejszościowych ładunku z obszarów bramek jest przyczyną braku nadmiernego ładunku w obszarze 13 i z tego powodu znacznie zmniejsza się czas trwania procesów niustalonych w zaworze logicznym przy zmianie stanu elementu (przy przejściu ze stanu przewodzenia w stan nieprzewodzenia).

Zasada działania układu scalonego, zawierającego tranzystor polowy, przedstawiony na fig. 6, jest następująca. Dodatkowy obszar 17 stanowi przeszkodę dla przepływu prądu od elektrody wyjściowej 11 ku obszarowi źródła 9 w kierunku prostopadłym do powierzchni układu scalonego i zapewnia, że linie przepływu prądu są równoległe do powierzchni. W warunkach, gdy na obszarach bramek 12, 12' obecny jest mały potencjał, warstwa ładunku objętościowego stanowi przegrodę na drodze przepływania prądu, ponieważ obszar dodatkowy 17 całkowicie pokrywa się ze złączem rezystencyjnym między obszarem drenu 10 a podłożem 17. Obszar 17 może być połączony z „ziemią” lub też może być spolaryzowany napięciem, dostarczonym z dodatkowego źródła napięcia.

Układ scalony według wynalazku jest układem technologicznym, może być wytwarzany metodami, właściwymi dla technologii planarnej zarówno z zastosowaniem warstw epitaksjalnych jak i bez warstw epitaksjalnych.

Szerokie możliwości funkcjonalne, duża szybkość działania czyni możliwym szerokie zastosowanie układu scalonego według wynalazku przy konstruowaniu dużych układów scalonych o wysokiej gęstości komponowania elementów na podłożu krystalicznym.

#### Zastrzeżenia patentowe

1. Scalony układ typu iniektorowego zawierający generator prądu i normalnie odcięty n-kanalowy tranzystor polowy, którego bramka jest połączona z generatorem prądu i elektrodą wejściową układu, źródło jest uziemione, a dren jest połączony z elektrodą wyjściową układu, **znamienny tym**, że jako generator prądu jest wykorzystywany tranzystor bipolarny (1) z kolektorem metalowym (6, 6'), a bramka tranzystora polowego (8) jest wykonana w postaci co najmniej jednego niewstrzykującego nośników złącza prostującego (12) połączonego z jedną (6) z elektrod kolektorowych tranzystora polowego (1).

2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że bramka tranzystora polowego (8) jest wykonana w postaci dwóch niewstrzykujących złącz prostujących (12, 12'), przy czym drugie niewstrzykujące złącze prostujące (12') jest połączone z drugą (6') z elektrod kolektorowych tranzystora bipolarnego (1) i z dodatkową elektrodą wejściową (7) tranzystora (8).

3. Układ według zastrz. 2, **znamienny tym**, że bramka (12, 12') tranzystora polowego (8) pokrywa się z kolektorem metalowym (6, 6') tranzystora bipolarnego (1).

4. Układ według zastrz. 3, **znamienny tym**, że obszary bramki (12, 12') tranzystora polowego (8) są zrealizowane jako odcinki wewnątrzukładowych połączeń (14), usytuowanych na nieosłoniętych strefach powierzchni podłoża (13) i zabezpieczonych z góry dielektrykiem (16), nad którym usytuowany jest obszar drenu (10) w taki sposób, iż tworzy złącze rezystancyjne (18) na podłożu (13) na odcinku, pokrywającym się z obszarami ładunku objętościowego złącz prostujących obszarów bramek (12, 12').

5. Układ według zastrz. 4, **znamienny tym**, że w podłożu (13) w odległości ( $a$ ) od powierzchni, nie przewyższającej grubości warstwy ładunku objętościowego niewstrzykującego nośników złącza prostującego bramka-źródło, usytuowany jest dodatkowy obszar (12), którego typ przewodnictwa jest przeciwny typowi przewodnictwa podłoża (13), w taki sposób, że całkowicie pokrywa się ze złączem rezystancyjnym (18) między obszarem drenu (10) i podłożem (13).

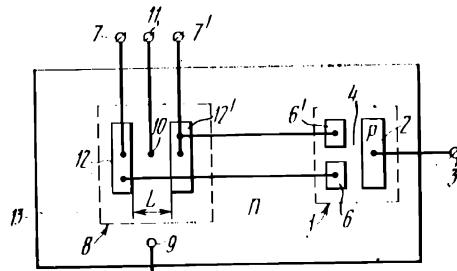


FIG. 2

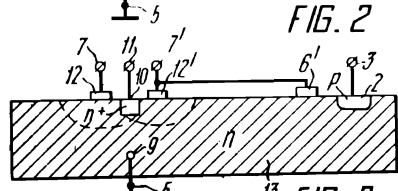


FIG. 3

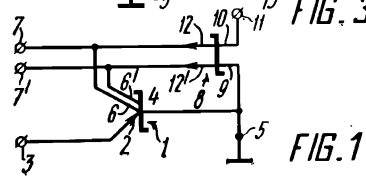


FIG. 1

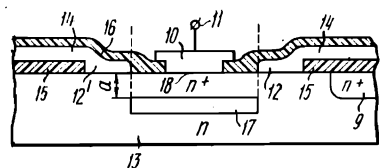


FIG. 6

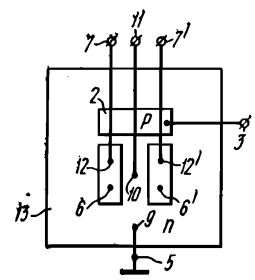


FIG. 4

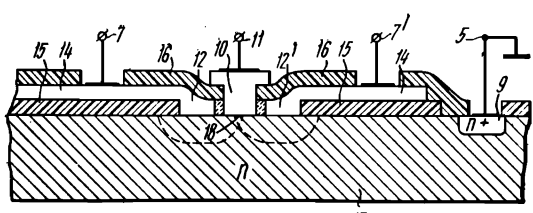


FIG. 5