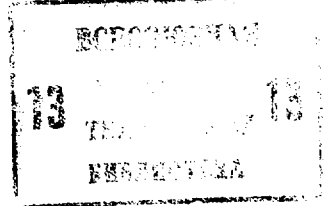




(51)4 G 01 R 31/28

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ



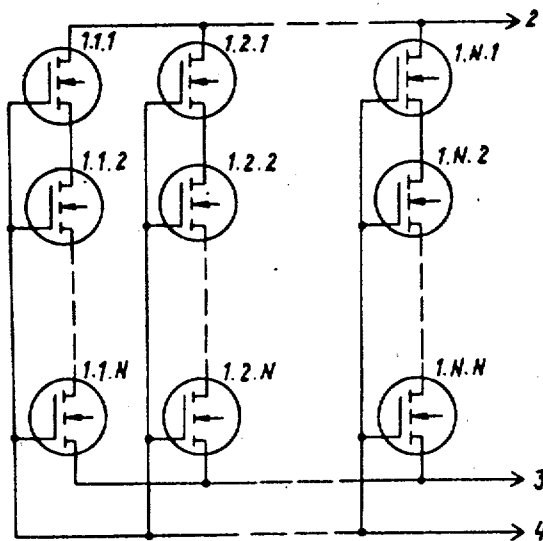
# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3862840/24-21
- (22) 21.01.85
- (46) 30.10.86. Бюл. № 40
- (71) Минский радиотехнический институт
- (72) А.М. Суходольский, П.П. Дробьш, В.Н. Власенко и П.В. Притуляк
- (53) 621.317.79 (088.8)
- (56) Кармазинский А.М. Интегральные схемы на МДП-приборах. М.: Мир, 1975, с. 506-509.

Авторское свидетельство СССР  
№ 1022082, кл. G 01 R 31/26, 1980.

- (54) ТЕСТОВАЯ ЯЧЕЙКА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МДП-БИС
- (57) Изобретение относится к производству больших интегральных схем на МДП-транзисторах (МДП-БИС). Может быть использовано для их контроля и управления технологическими процессами изготовления. Цель изобретения -

повышение достоверности контроля - достигается путем охвата контролем большей площади различных областей кристалла. Другая цель - упрощение готовой МДП-БИС - достигается за счет сокращения числа используемых для контроля выводов. Тестовая ячейка представляет собой матрицу из  $I \cdot I \cdot I - I \cdot N \cdot N$  МДП- транзисторов. Величину  $N$  выбирают равной  $N = \sqrt{n}$ , где  $n$  - необходимое число МДП- транзисторов. Для обеспечения качественного контроля параметров кристалла число  $n$  должно составлять не менее 10% от общего числа основных (не тестовых) элементов, размещаемых на кристалле. На чертеже также показаны контактные площадки 2, 3 и 4. Упрощение по сравнению с прототипом достигается сокращением числа выводов МДП-БИС. 2 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к производству МДП-БИС и может быть использовано для их контроля и управления технологическим процессом изготовления.

Цель изобретения - повышение достоверности контроля за счет охвата контролем большей площади различных областей кристалла и упрощение готовой МДП-БИС за счет сокращения числа используемых для контроля выводов.

На фиг. 1 приведена электрическая схема тестовой ячейки; на фиг. 2 - ее топология.

Тестовая ячейка (фиг.1) содержит МДП-транзисторы 1.1.1 - 1.N.N, первую 2, вторую 3 и третью 4 контактные площадки.

МДП-транзистор с номером  $i=1, j=1$ , соединен стоком со стоком МДП-транзистора с номером  $i=2, j=1$  и с первой контактной площадкой, истоком со стоком МДП-транзистора с номером  $i=1, j=2$ , соединенного истоком со стоком МДП-транзистора с номером  $i=1, j=3$ . Исток МДП-транзистора с номером  $i=2, j=1$  соединен со стоком МДП-транзистора с номером  $i=2, j=2$ , соединенного истоком со стоком МДП-транзистора с номером  $i=2, j=3$ .

Исток дополнительного МДП-транзистора с номерами  $i, j$  ( $i, j \neq 1.1 - 1.3; 2.1-2.3; j \neq 1, j \neq N$ ) соединен со стоком дополнительного МДП-транзистора с номером  $i, j+1$ , а его сток - с истоком МДП-транзистора с номером  $i, j-1$ , стоки дополнительных МДП-транзисторов с номерами  $i, j$  ( $i > 2, j = 1$ ) соединены с первой контактной площадкой, а их истоки - со стоками дополнительных МДП-транзисторов с номерами  $i, j+1$ , истоки дополнительных МДП-транзисторов с номерами  $i, j$  ( $i \geq 1, j = N$ ) соединены с второй контактной площадкой, а их стоки с истоками дополнительных МДП-транзисторов с номерами  $i, j-1$ , стоки двух дополнительных МДП-транзисторов с номерами  $i=1, j=4$  и  $i=2, j=4$  соединены соответственно с истоками МДП-транзисторов с номерами  $i=1, j=3$  и  $i=2, j=3$ , затворы всех МДП-транзисторов с номерами  $i, j$  ( $i = 1-N; j = 1-N$ ) соединены с третьей контактной площадкой.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

Тестовая ячейка представляет собой матрицу из 1.1.1 - 1.N.N МДП-тран-

зисторов. Величину  $N$  выбирают равной  $N = \sqrt{n}$ , где  $n$  - необходимое число МДП-транзисторов. В свою очередь число  $N$  для обеспечения качественного контроля параметров кристалла должно составлять не менее 10% от общего числа основных (не тестовых) элементов, размещаемых на кристалле. Кроме того, МДП-транзисторы 1.1.1-1.N.N должны занимать на кристалле значительную площадь для выявления всех возможных дефектов. МДП-транзисторы 1.1.1-1.N.N могут быть расположены локально в одной области кристалла (фиг. 2) или, например, могут быть распределены по кристаллу.

Отношение суммарной длины ( $l_i$ ) каналов всех МДП-транзисторов 1.i.j к суммарной ширине каналов ( $W_i$ ) всех МДП-транзисторов выбирается из условия

$$\frac{l_i}{W_i} = \frac{l_j}{W_j} \quad (1)$$

где  $l_j$  и  $W_j$  соответственно длина и ширина канала базового МДП-транзистора, используемого для реализации основной (не тестовой) структуры МДП-БИС.

Выполнение соотношения (1) обеспечивает по двум основным характеристикам: пороговому напряжению и крутизне матрицы  $N \times N$  МДП-транзисторов 1.1.1-1.N.N эквивалентность ее одному базовому транзистору.

Действительно, уравнение вольт-амперной характеристики любого МДП-транзистора в пологой области имеет вид

$$I_{cn} = -K' \frac{W}{l} (V_{3u} - V_T)^2 \quad (2)$$

где  $I_{cn}$  - ток стока;  
 $V_T$  - физическая величина порогового напряжения;  
 $V_{3u}$  - напряжение стока;  
 $W$  - ширина канала;  
 $l$  - длина канала,

$K' \frac{W}{l} = K$  - крутизна МДП-транзистора;  
 $K' = -\frac{M_p \cdot \epsilon_{ox}}{2t_{ox}}$  - коэффициент проводимости.

Как видно из уравнения (2), крутизна определяется отношением ширины канала МДП-транзистора к его длине и коэффициентом проводимости  $K'$ . Коэффициент проводимости  $K'$  имеет одинаковую величину для всех транзисторов, расположенных на кристалле независимо от их размеров, так как  $K'$

зависит от диэлектрической проницаемости подзатворного окисла  $\epsilon_{ox}$ , подвижности носителей в канале  $M_p$  и толщины подзатворного диэлектрика  $t_{ox}$ .

Следовательно, крутизна двух МДП-транзисторов на одном кристалле определяется только отношением длины канала к ширине. В одном случае эти соотношения равны, из чего вытекает равенство крутизны базового транзистора и тестовой ячейки (группового транзистора).

Равенство технологического значения пороговых напряжений базового и группового транзисторов вытекает из равенства удельной крутизны этих транзисторов:

$$I_{cm} = -K (V_{зи} - V_T)^2 \quad (3)$$

Равенство удельной крутизны  $K$ , физической величины порогового напряжения  $V_T$  и задаваемого тока  $I_{cm}$  при измерениях обеспечивает равенство напряжений на затворе  $V_{зи}$ , которое при токе стока  $I$  мкА является технологическим пороговым напряжением.

Следовательно, по двум основным характеристикам: пороговому напряжению и крутизне матрица  $N \times N$  МДП-транзисторов  $1.1.1 - 1.N.N$  эквивалентна одному базовому МДП-транзистору. Однако эта матрица занимает площадь значительно большую чем один базовый МДП-транзистор, что позволяет охватить контролем большую часть кристалла и повысить таким образом достоверность контроля. Охватываемая контролем площадь может быть увеличена или уменьшена для обеспечения заданной достоверности контроля за счет выбора величины  $N$ .

Для измерения параметров матрицы МДП-транзисторов  $1.1.1-1.N.N$ , эквивалентных параметрам базового МДП-транзистора, например порогового напряжения, соединяют контактные площадки 2 и 4, задают на контактную площадку 2 ток и измеряют пороговое напряжение между контактными площадками 2 и 3. При наличии определенного вида дефекта на исследуемой площади кристалла может оказаться, что МДП-транзистор  $1.i.j$ , имеющий данный дефект, выгорает. Это приводит к отклонению всех последовательно включенных МДП-транзисторов  $1.i.1-1.i.N$ , увеличению общего сопротивления между контактными площадками 2 и 3 и соответствующему увеличению напряже-

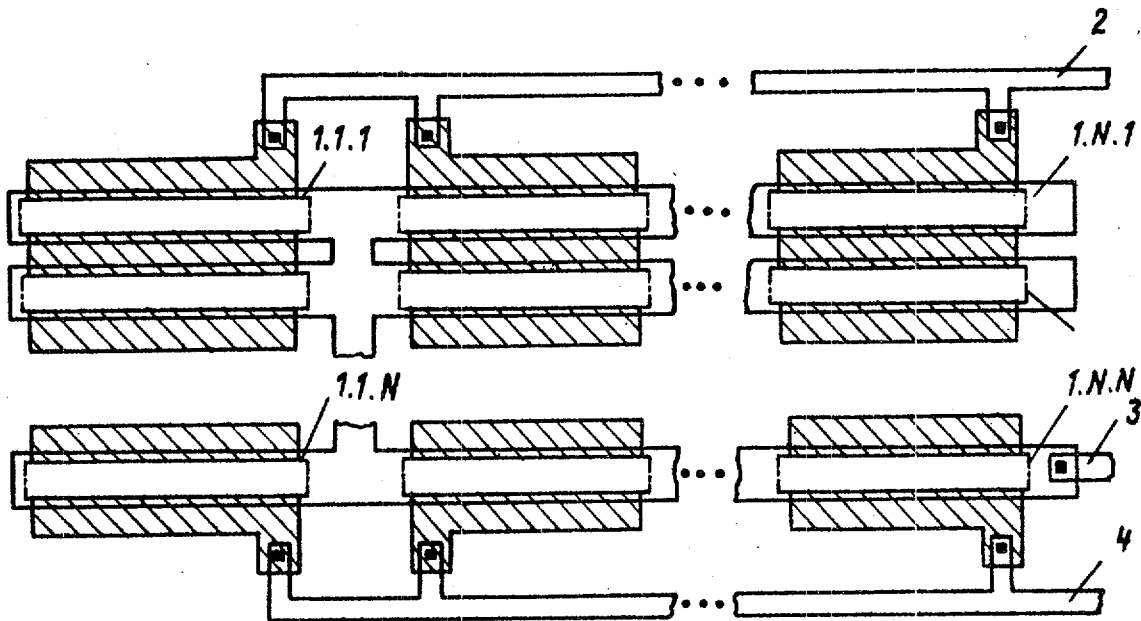
ния между площадками 2 и 3, по которому можно судить о годности МДП-БИС. Кроме катастрофических отказов (типа выгорания МДП-транзисторов) может иметь место и уход параметров, о котором можно судить по отклонению величины напряжения между площадками 2 и 3. Для обеспечения контроля МДП-БИС должна иметь три вывода, соединенных с контактными площадками 2, 3 и 4 (известное устройство требует наличия шести выводов). Следовательно предлагаемая тестовая структура обеспечивает сокращение числа выводов МДП-БИС, т.е. ее упрощение.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Тестовая ячейка для контроля качества МДП-БИС, содержащая контактные площадки, МДП-транзистор с номером  $i=1, j=1$ , соединенный стоком со стоком МДП-транзистора с номером  $i=2, j=1$  и с первой контактной площадкой, истоком - со стоком МДП-транзистора с номером  $i=1, j=2$ , соединенного истоком со стоком МДП-транзистора с номером  $i=1, j=3$ , МДП-транзистора с номером  $i=2, j=1$ , соединенный истоком со стоком МДП-транзистора с номером  $i=2, j=2$ , соединенного истоком со стоком МДП-транзистора с номером  $i=2, j=3$ , отличающаяся тем, что, с целью повышения достоверности контроля за счет охвата контролем большей площади различных областей кристалла и упрощения МДП-БИС за счет сокращения используемых для контроля выводов, в тестовую ячейку введено  $N^2-6$  дополнительных МДП-транзисторов ( $N$  - произвольное число), причем исток дополнительного МДП-транзистора с номером  $i, j$ , ( $i, j \neq 1.1-1.3; 2.1-2.3; j \neq 1, j \neq N$ ) соединен со стоком дополнительного МДП-транзистора с номером  $i, j+1$ , а его сток - с истоком МДП-транзистора с номером  $i, j-1$ , стоки дополнительных МДП-транзисторов с номерами  $i, j$  ( $i > 2, j = 1$ ) соединены с первой контактной площадкой, а их истоки - со стоками дополнительных МДП-транзисторов с номерами  $i, j+1$ , истоки дополнительных МДП-транзисторов с номерами  $i, j$  ( $i \geq 1, j = N$ ) соединены с второй контактной площадкой, а их стоки - с истоками дополнительных МДП-транзисторов с номерами  $i, j-1$ , стоки двух дополнительных МДП-транзисто-

ров с номерами  $i=1$ ,  $j=4$  и  $i=2$ ,  $j=4$  соединены соответственно с истоками дополнительных МДП-транзисторов с номерами  $i=1$ ,  $j=3$  и  $i=2$ ,  $j=3$ ,

затворы всех МДП-транзисторов с номерами  $i, j$  ( $i = 1 - N, j = 1 - N$ ) соединены с третьей контактной площадкой.



Фиг. 2

Редактор Л. Повхан

Составитель В. Дворкин  
Техред И. Попович

Корректор М. Демчик

Заказ 5768/42

Тираж 728

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4