



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005139663/28, 19.12.2005
(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.12.2005
(43) Дата публикации заявки: 27.06.2007
(45) Опубликовано: 10.12.2007 Бюл. № 34
(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1538703 A1, 10.12.1995. SU 1370607
A1, 30.01.1998. SU 239425 A1, 01.01.1969. JP
6130100 A, 13.05.1994.

Адрес для переписки:
440605, г.Пенза, пр. Байдукова/ул. Гагарина,
1а/11, Пензенская государственная
технологическая академия

(72) Автор(ы):
Власов Геннадий Сергеевич (RU)
(73) Патентообладатель(и):
Пензенская государственная технологическая
академия (RU)

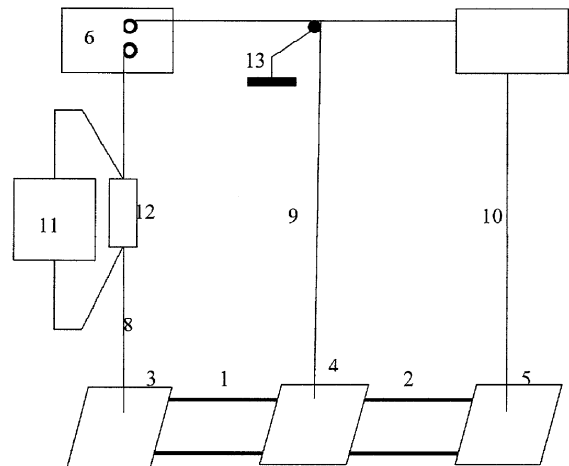
(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНТАКТА К
ТОНКОПЛЕНОЧНЫМ РЕЗИСТОРАМ С ЭЛЕКТРОДАМИ

(57) Реферат:

Способ измерения сопротивления заключается в том, что пропускают ток заданной величины через крайний и средний электроды тонкопленочного резистора с тремя электродами. Измеряют напряжение между средним и вторым крайним электродами. Переходное сопротивление контакта определяют по формуле:

$$R_{\text{эфф}} = \frac{\phi_B}{IK}, \quad \text{где } \phi_B$$

- измеренное напряжение, I - ток заданной величины, K - коэффициент, обратный коэффициенту a_{11} цепочечной матрицы, полученной в результате электрического моделирования контактной области. Технический результат заключается в повышении точности измерения переходного сопротивления контакта тонкопленочного резистора. 3 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2005139663/28, 19.12.2005**(24) Effective date for property rights: **19.12.2005**(43) Application published: **27.06.2007**(45) Date of publication: **10.12.2007 Bull. 34**

Mail address:

**440605, g.Penza, pr. Bajdukova/ul. Gagarina,
1a/11, Penzenskaja gosudarstvennaja
tehnologicheskaja akademija**

(72) Inventor(s):

Vlasov Gennadij Sergeevich (RU)

(73) Proprietor(s):

**Penzenskaja gosudarstvennaja
tehnologicheskaja akademija (RU)**(54) **METHOD FOR MEASURING TRANSITIVE RESISTANCE OF CONTACT TO THIN-FILM RESISTORS WITH ELECTRODES**

(57) Abstract:

FIELD: electric engineering.

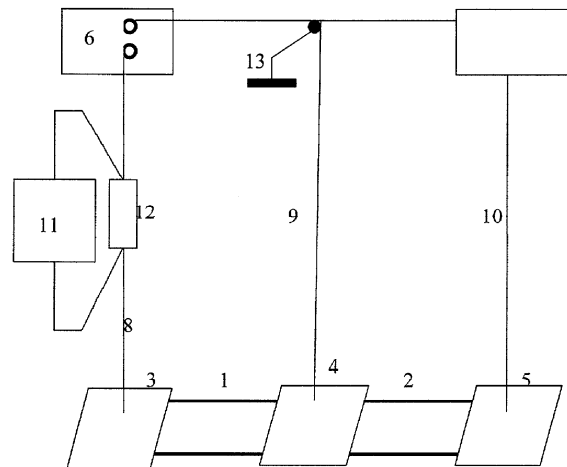
SUBSTANCE: resistance measuring method includes letting a current of given value through edge and middle electrodes of thin-film resistor with three electrodes. Voltage is measured between middle and second edge electrodes. Transitive resistance of contact is determined according to formula

$$R_{\text{eff}} = \frac{\phi_B}{IK}, \quad \text{where } \phi_B -$$

measured voltage, I - current of given value, K - coefficient, reverse of coefficient a_{11} of chain matrix, produced as a result of electric modeling of contact area.

EFFECT: increased precision when measuring transitive resistance of a contact of thin-film resistor.

3 dwg



Фиг. 1

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к области измерительной техники и может быть использовано при измерении переходного сопротивления контакта к тонкопленочным резисторам на технологических этапах промышленного производства микроэлектронных изделий.

Уровень техники

Известны различные способы измерения сопротивлений (см., например, [1] «Измерения в электронике: Справочник», В.А.Кузнецов, В.А.Долгов, В.М.Коневских и др./ Под ред. В.А.Кузнецова. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 512 с., С.194-217).

Недостатком всех описанных в указанном источнике технических решений является то, что они имеют невысокую точность измерения переходных (контактных) сопротивлений или не позволяют его измерить ввиду конструктивных особенностей изделий в микроэлектронном исполнении.

Известен способ измерения малых сопротивлений с помощью двойного моста Кельвина (см., например, [2] Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога. - М.: Издательский дом "Додэка-XXI", 2002. - 384 с., С.230).

Однако данный способ невозможно непосредственно применить для измерения контактного сопротивления тонкопленочного резистора ввиду его конструктивных особенностей.

Известен способ измерения переходного сопротивления контакта металл - полупроводник (см. Приборы и техника эксперимента, 1969, №4, с.191-192), в котором непосредственно измерения выполняют на равных по длине участках между металлическими контактами, нанесенными на полупроводниковую пластину, а значение контактного сопротивления металл - полупроводник определяют расчетным путем, причем в процессе измерения изменяют электрическую цепь протекания эталонного тока.

Недостатком такого технического решения является невысокая точность, связанная с необходимостью точного измерения расстояния между дополнительными контактными площадками, а также высокая сложность.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому изобретению является "Способ определения переходного сопротивления контакта к тонкопленочным резисторам с электродами" (см., А.С. 1538703, G01R 27/00, БИ №34, 1995 г.), заключающийся в том, что пропускают ток заданной величины через два электрода и измеряют напряжение между двумя электродами резистора с тремя электродами, причем ток пропускают через один из крайних и средних электродов, напряжение измеряют между вторым крайним и средним электродами, а сопротивление контакта определяют путем вычисления отношения измеренного напряжения к заданной величине тока.

Недостатком этого способа является невысокая точность из-за неполной адекватности сопротивления полученного результата переходному сопротивлению контакта (см., например, [3] Смирнов В.И., Мата Ф.Ю. Теория конструкций контактов в электронной аппаратуре.- М.: Советское радио, 1974. - 176 с., С.118; [4] Харинский А.Л. Основы конструирования элементов радиоаппаратуры. - Л.: Энергия, Ленинградское отд-е, 1971. - С.367), а именно, вольтметр в известном способе измеряет напряжение на резисторе с одной удаленной по направлению тока стороны контактной площадки, которое не полностью совпадает с напряжением с ее ближней стороны из-за перераспределения потенциалов по длине контакта, что приводит к погрешности измерения переходного сопротивления.

Раскрытие изобретения

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является повышение точности определения переходного сопротивления контакта.

Достижимый технический результат обеспечивается тем, что в способе определения переходного сопротивления контакта к тонкопленочным резисторам с электродами пропускают ток заданной величины через два электрода: крайний и средний, тонкопленочного резистора с тремя электродами и измеряют напряжение между двумя

электродами: средним и вторым крайним, а переходное сопротивление контакта определяют по формуле

$$R_{\text{эфф}} = \frac{\varphi_B}{IK},$$

5 где φ_B - измеренное напряжение, I - ток заданной величины, K - коэффициент, обратный коэффициенту a_{11} цепочечной матрицы, полученной в результате электрического моделирования контактной области.

Краткое описание чертежей

10 На фиг.1 представлена схема реализации предложенного способа определения переходного сопротивления контакта к тонкопленочным резисторам. На фиг.2 представлена конструкция контактов: участок соединения контактов с элементами 1-2 тонкопленочного резистора.

Элементы схем обозначены следующим образом.

15 1-2 - участки резистивной пленки; 3-5 - контактные площадки; 6 - источник тока; 7 - цифровой милливольтметр; 8-10 - соединительные зонды; 11 - цифровой вольтметр; 12 - образцовый резистор.

20 На фиг.2 представлена опытная конструкторская модель контактного соединения: участок соединения контактной площадки 4 с элементами 1-2 тонкопленочного резистора; длина d контактной площадки, отсчитываемая от начала координат X/Y ; разбиение контактной области на слои 1-2; 1-20 и заштрихованный (переходной) слой контактной зоны.

25 На фиг.3 представлена электрическая модель контактной области: r - сопротивление контактной зоны (переходной слой) на единицу длины; R - сопротивление резистивной пленки на единицу длины; $R_{\text{рез}}$ - сопротивление резистивного участка 1; A и B - узлы электрического соединения.

Осуществление изобретения

Способ измерения состоит в следующем.

30 Объект измерения представляет собой резистивную полосу с участками 1 и 2, на которую нанесены контактные площадки 3-5, к которым подведены зонды 8-10. Зонд 9 соединен с общей шиной 13 и с первыми клеммами источника тока 6 и цифрового милливольтметра 7, вторая клемма которого соединена с зондом 10. Зонд 8 соединен с первым токовым выводом образцового резистора 12, второй токовый вывод которого подключен к второй клемме источника тока, а потенциальные выводы образцового резистора 12 подключены к цифровому вольтметру 11.

35 Если принять соотношения между удельными объемными сопротивлениями:

$$\rho_{\text{рез}} / \rho_{\text{пер}} = 10 \div 100, \quad \rho_{\text{рез}} / \rho_{\text{мет}} = 10000 \quad (1)$$

40 где $\rho_{\text{рез}}$ - удельное сопротивление резистивной пленки, $\rho_{\text{пер}}$ - удельное сопротивление переходного слоя и $\rho_{\text{мет}}$ - удельное сопротивление контакта, в качестве металла которого используется алюминий, то приемлемой электрической моделью контактной области может считаться эквивалентная схема, представленная на фиг.3.

45 При этом, если соединить контактную площадку 4 с корпусом 13 (земляной шиной), как это представлено на фиг.1, а в тонкопленочном резисторе задать ток I с помощью источника тока 6, образцового измерительного резистора 12 и вольтметра 11 с входным сопротивлением, близким к бесконечности, то переходное сопротивление контакта, названное в работе [4] эффективным сопротивлением, можно рассчитать по формуле:

$$R_{\text{эфф}} = \frac{\varphi_A}{I}, \quad (2)$$

где φ_A - потенциал узла A (фиг.3) относительно «земляной» шины 13.

50 При этом отношение потенциалов в узлах B и A схемы фиг.3 можно назвать коэффициентом деления или коэффициентом передачи K :

$$K = \frac{\varphi_B}{\varphi_A}, \quad (3)$$

Если связать контактную область с системой координат XY, как представлено на фиг.2, то элементы r и R являются погонными на единицу длины контакта, а ток через соответствующие элементы r будет зависеть от координаты x . Согласно, например, работам [3, 4] эта зависимость носит экспоненциальный характер:

$$5 \quad I(x) = C e^{Bx}, \quad (4)$$

где x - координата по длине контакта фиг.2, C и B - соответствующие коэффициенты. С другой стороны:

$$I(x) = \frac{\varphi(x)}{r}, \quad (5)$$

10 где $\varphi(x)$ - узловые потенциалы по схеме фиг.3, причем $\varphi_A = \varphi(0) = I(0)r$, $\varphi_B = \varphi(d) = I(d)r$, d - координата, равная длине контакта.

Коэффициент C из формулы (4) можно определить при $x=0$. При этом $C = I(0) = \varphi_A / r = \varphi(0) / r$.

Подставляя (5) в (4), получим:

$$15 \quad \varphi(x) = \varphi_A e^{Bx}, \quad (6)$$

где $\varphi(x)$ - меняющийся по длине контакта потенциал узлов схемы фиг.3.

Для $x=d$ и с учетом (3) получим:

$$\varphi(d) = \varphi_A K = \varphi_A e^{Bd}, \quad (7)$$

откуда определим коэффициент B :

$$20 \quad K = e^{Bd}, \quad B = \ln K / d. \quad (8)$$

Так как K электрической схемы фиг.3 всегда меньше 1, то B всегда имеет отрицательное значение. При этом схема фиг.3 представляет собой цепочечную структуру и легко может быть свернута с учетом заданных соотношений (1) в трехэлементный канонический четырехполюсник по известным из теории электрических цепей правилам.

25 Цепочечная матрица полученного таким образом трехэлементного четырехполюсника:

$$a = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}, \quad (9)$$

имеет параметр a_{11} , равный обратной величине K , т.е. $a_{11} = 1/K$.

30 Полный ток I из соотношения (2) также равен:

$$I = \int_0^{x=d} \frac{\varphi_0}{r} e^{Bx} dx, \quad (10)$$

где верхний предел равен длине d контакта. В результате интегрирования (10) получим:

$$35 \quad I = \frac{\varphi(0)}{rB} (e^{Bd} - 1), \quad (11)$$

где $\varphi(0) = \varphi_A$, т.е. потенциал на левой стороне контакта фиг.2 равен потенциалу узла A фиг.3. Выполнив преобразования с учетом (3), получим формулу погонного сопротивления переходной зоны:

$$40 \quad r = \frac{d(K-1)\varphi_B}{IK \ln K}, \quad (12)$$

на основании которой можно проверить правильность выбора условия (1), а переходное сопротивление контакта определить по формуле (2) с учетом соотношений (7) и (8).

Схема реализации способа представлена на фиг.1, где напряжение, равное

45 величине φ_B , измеряется цифровым милливольтметром 7 с входным сопротивлением, близким к бесконечности, а ток I задается с помощью образцового резистора 12 и цифрового вольтметра 11. При этом предполагается, что источник тока 6 является управляемым или регулируемым источником.

Лабораторные испытания выполнялись с тонкопленочным резистором, резистивная пленка которого толщиной 0,2 мкм и шириной 2 мкм в области его элементов 1-2, фиг.1-2, получена вакуумным напылением на подложке. Алюминиевый контакт размером 2.2-2 мкм наносился на резистивное покрытие вакуумным напылением. В качестве источника тока использовался калибратор П 320, а в качестве вольтметра использовался прибор Щ

31 в режиме измерения постоянного тока, в качестве цифрового милливольтметра - прибор В1-18.

Формула изобретения

5 Способ определения переходного сопротивления контакта к тонкопленочным резисторам с электродами, заключающийся в том, что пропускают ток заданной величины через два электрода: крайний и средний, тонкопленочного резистора с тремя электродами и измеряют напряжение между двумя электродами: средним и вторым крайним, отличающийся тем, что переходное сопротивление контакта определяют по формуле

10
$$R_{\text{эфф}} = \frac{\varphi_{\text{в}}}{IK},$$

 где $\varphi_{\text{в}}$ - измеренное напряжение; I - ток заданной величины; K - коэффициент, обратный коэффициенту a_{11} цепочечной матрицы, полученной в результате электрического моделирования контактной области.

15

20

25

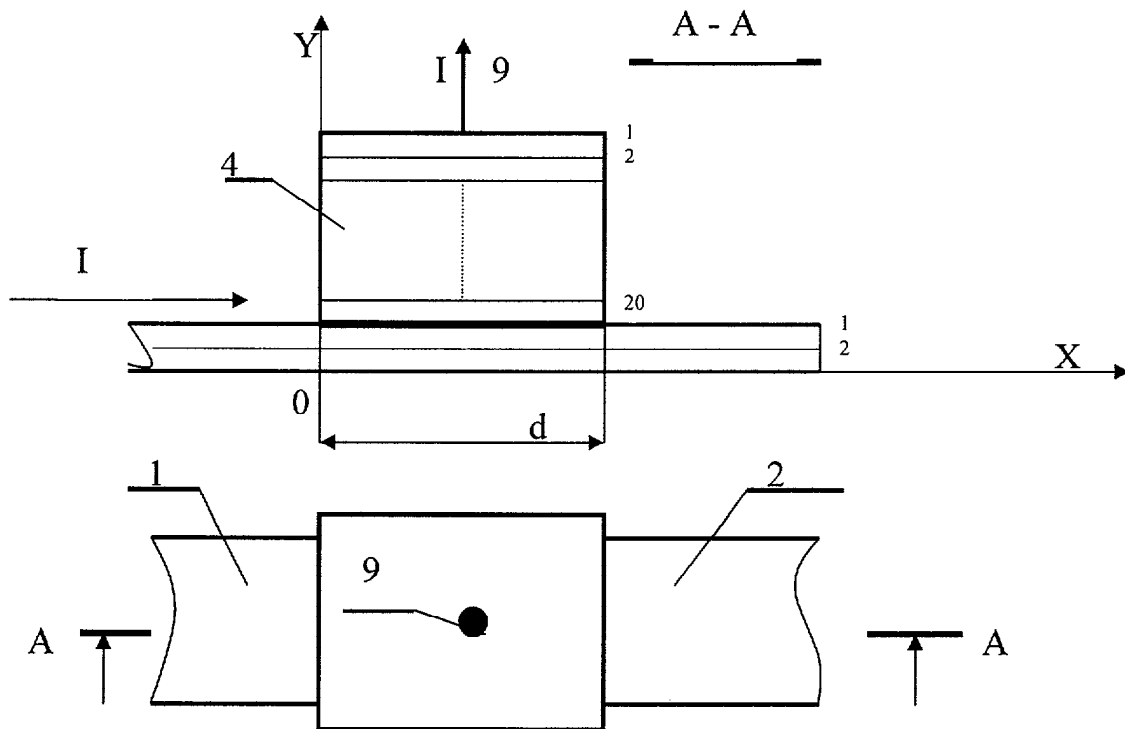
30

35

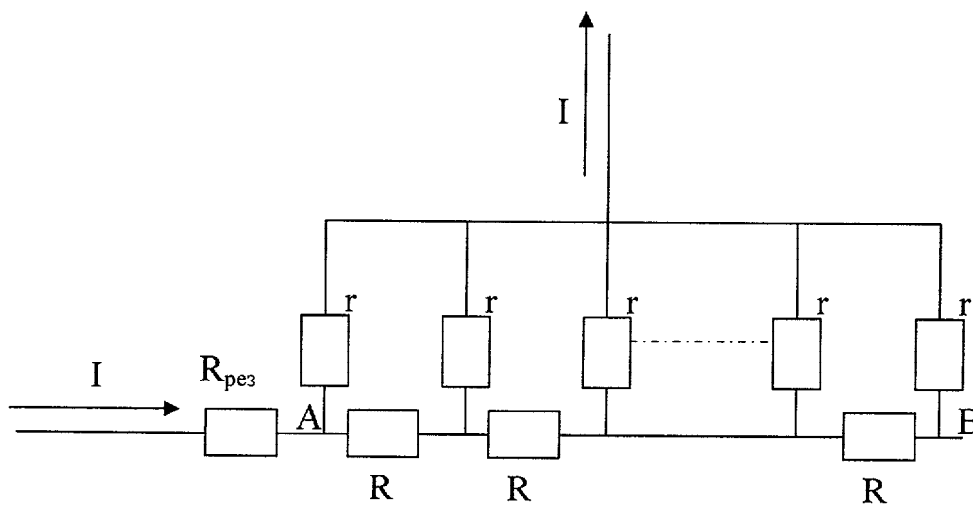
40

45

50



Фиг. 2



Фиг. 3