

ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СИЛИЦИДНЫХ ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ К КРЕМНИЮ P-ТИПА МЕТОДОМ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ

Рассмотрен способ определения удельного контактного сопротивления методом линии передачи. Этот способ использован на изготовленных и измеренных силицидных омических контактах к кремнию *p*-типа (с номинальным удельным сопротивлением $\rho = 10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$) на основе систем PtAg, PdAg и NiAg. Показано, что система PtAg имеет наиболее низкие значения $\rho_k = (5,5 \dots 5,6) \cdot 10^{-2} \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$.

Ключевые слова: измерение удельного контактного сопротивления, TLM-метод, кремний *p*-типа, силицидные омические контакты.

Введение. Неотъемлемой частью любого полупроводникового прибора является омический контакт — неинжектирующий и невыпрямляющий контакт металл — полупроводник. Одним из основных требований, выдвигаемых к качественным омическим контактам, является низкое удельное контактное сопротивление ρ_k [Ом·см²], что особенно важно при создании мощных полупроводниковых приборов. Уменьшение сопротивления контакта связано непосредственно с проблемой его измерения, так как сопротивление омического контакта часто составляет малую часть общего сопротивления структуры. Для ее решения существует ряд известных методов и модификаций измерения удельного контактного сопротивления, описанных, например, в обзорных работах [1, 2]. Обычно для определения величины ρ_k зондовыми методами проводятся измерения полного сопротивления R_T между планарно расположенными контактами, которое зависит как от сопротивления контакта R_k , так и от сопротивления полупроводника, а также от типа подключения токовых и потенциальных зондов к контактам тестового образца.

Один из самых распространенных методов измерения контактного сопротивления, учитывающий токи растекания под контактом по объему полупроводника, — метод линии передачи (Transmission Line Method — TLM) [3–6]. Преимуществом этого метода является возможность измерения удельного контактного сопротивления на тонких слоях полупроводника: тонких полупроводниковых пленках и диффузионных слоях, вследствие чего он имеет широкое распространение.

Первый вариант TLM с линейной геометрией контактов к полупроводнику был предложен в работе [3]. В этом варианте TLM измерение ρ_k выполнялось на контакте алюминия с тонким диффузионным слоем кремния. При этом через контакт Al-Si пропускали ток и с помощью зонда измеряли распределение потенциала (относительно контакта) на поверхности тонкого слоя кремния вне контакта. Построив график зависимости потенциала от коор-

динаты зонда, экстраполировали график до точки его пересечения с осью координат зонда. Расстояние от этой точки пересечения до края контакта определяло величину $L_{TЭ}$, названную в работе [3] *длиной переноса* (transfer length). В этой работе удельное контактное сопротивление вычисляли по формуле: $L_{TЭ}^2 = \rho_k / \rho_{\Pi}$, где ρ_{Π} — поверхностное сопротивление слоя полупроводника, определяемое как отношение удельного сопротивления ρ [Ом·см] полупроводника к толщине h его слоя ($\rho_{\Pi} = \rho / h$) и измеряемое четырехзондовым методом.

Среди различных контактных систем к кремнию тонкопленочные силициды металлов чрезвычайно важны в связи с развитием технологии сверхбольших интегральных схем (VLSI технологии). Силициды металлов образуют низкоомные контакты, имеют низкое поверхностное сопротивление и малое проникновение в кремний, обладают высокой стабильностью электрических характеристик и очень хорошей адгезией к кремнию. Поэтому большое количество работ посвящено исследованиям механизмов образования и электрическим свойствам различных силицидов металлов, их термической устойчивости и твердофазного эпитаксиального роста. При этом на сильно легированном кремнии получены низкоомные омические контакты [7]. Однако фактически отсутствует информация об удельном контактном сопротивлении силицидов металлов на кремнии с удельным сопротивлением выше $1 \text{ Ом}\cdot\text{см}$.

В настоящей работе измерено ρ_k с помощью варианта TLM на изготовленных силицидных омических контактах к кремнию *p*-типа (с номинальным удельным сопротивлением $\rho = 10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$) на основе систем PtAg, PdAg и NiAg.

Соотношения для токового и потенциального контактов. В данной работе использованы структура тестового образца и электрическая схема для измерения удельного контактного сопротивления TLM методом с одинаковой длиной A прямоугольных контактов к полупроводнику, отделенных друг от друга одинаковыми интервалами с длиной B ,

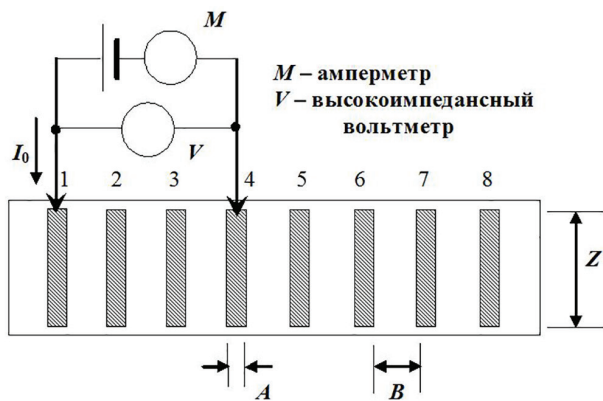


Рис. 1. Структура образца и схема для измерения удельного контактного сопротивления TLM методом с одинаковыми прямоугольными контактами к полупроводнику

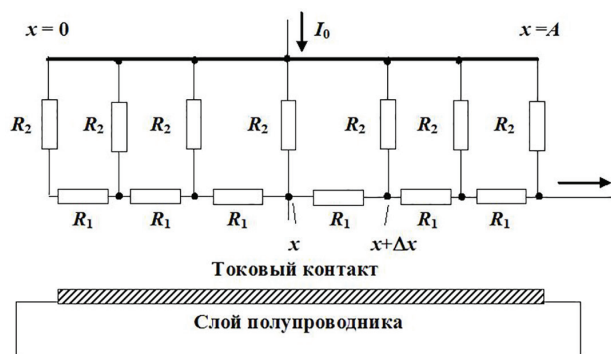


Рис. 2. Эквивалентная цепь крайнего токового омического контакта 1

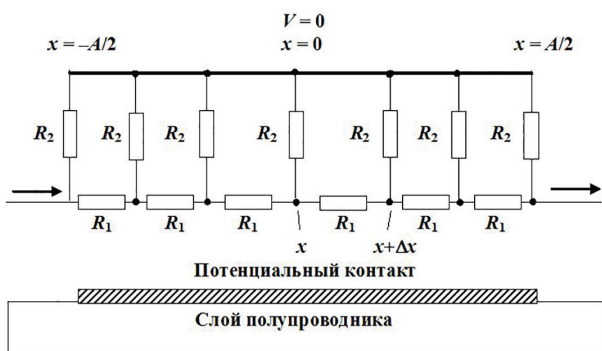


Рис. 3. Эквивалентная цепь потенциального омического контакта, расположенного между токовыми контактами

имеющих ширину Z (рис. 1). Один из двух зондов (соединенных с амперметром и высокоимпедансным вольтметром) подключен к одному из крайних (токовых) контактов (контакт 1 на рис. 1), а другой зонд может быть подключен к каждому из серии остальных контактов, что позволяет измерить график зависимости напряжения этого контакта от его координаты (относительно края крайнего токового контакта 1).

Используя эквивалентные цепи токового и потенциального контактов, показанные на рис. 2 и 3, можно записать дифференциальные соотношения для этих контактов, связывающие между собой напряжение и ток с параметрами ρ_k и ρ_{Π} [5]:

$$I(x)R_1 = V(x + \Delta x) - V(x) = \Delta V(x),$$

$$\text{или } \frac{dV(x)}{dx} = I(x) \frac{\rho_{\Pi}}{Z}. \quad (1)$$

$$V(x)/R_2 = I(x + \Delta x) - I(x) = \Delta I(x),$$

$$\text{или } \frac{dI(x)}{dx} = V(x) \frac{Z}{\rho_k}. \quad (2)$$

Из соотношений (2) и (1) получим уравнение для $I(x)$:

$$\frac{d^2 I(x)}{dx^2} - \frac{I(x)}{L_T^2} = 0, \quad (3)$$

где использовано обозначение:

$$L_T = \sqrt{\rho_k / \rho_{\Pi}}. \quad (4)$$

Величину L_T , определяемую формулой (4), будем считать далее *истинной длиной переноса*.

Общее решение уравнения (3) имеет вид:

$$I(x) = C \exp(x/L_T) + D \exp(-x/L_T). \quad (5)$$

Используя граничные условия: $I(x) = 0$ при $x = 0$ и $I(x) = I_0$ при $x = A$, находим константы интегрирования D и C , а затем распределение тока $I(x)$:

$$I(x) = \frac{I_0 \sinh(x/L_T)}{\sinh(A/L_T)}. \quad (6)$$

Соотношения для $V(x)$, падения напряжения на токовом контакте V_A и сопротивления R_k этого контакта получим из уравнений (2) и (6):

$$V(x) = \frac{\rho_k}{Z} \frac{dI(x)}{dx} = \frac{\rho_k}{Z} \frac{I_0 \cosh(x/L_T)}{L_T \sinh(A/L_T)} = \frac{I_0 \rho_{\Pi} L_T \cosh(x/L_T)}{Z \sinh(A/L_T)}. \quad (7)$$

$$V(x)|_{x=A} = V_A = \frac{I_0 \rho_{\Pi} L_T \cosh(A/L_T)}{Z \sinh(A/L_T)} = \frac{I_0 \rho_{\Pi} L_T}{Z} \coth(A/L_T). \quad (8)$$

$$R_k = \frac{V(x)}{I(x)} \Big|_{x=A} = \frac{\rho_{\Pi} L_T}{Z} \coth(A/L_T). \quad (9)$$

Из соотношений (1) и (2) получим уравнение для $V(x)$:

$$\frac{d^2 V(x)}{dx^2} - \frac{V(x)}{L_T^2} = 0, \quad (10)$$

где использовано обозначение: $L_T = \sqrt{\rho_k / \rho_{\Pi}}$.
Общее решение уравнения (10) имеет вид:

$$V(x) = G \exp(x/L_T) + H \exp(-x/L_T). \quad (11)$$

Используя граничные условия: $V(x) = 0$ при $x = 0$ и $I(x) = I_0$ при $x = A/2$, находим константы интегрирования H и G , а затем выражение для $V(x)$:

$$V(x) = \frac{I_0 \rho_{\Pi} L_T}{Z} \frac{\sinh(x/L_T)}{\cosh(A/2L_T)}. \quad (12)$$

Следовательно, падение напряжения V_0 вдоль полной длины потенциального контакта (от $x = -A/2$ до $x=A/2$) определяется формулой:

$$V_0 = \frac{2I_0\rho_{\Pi}L_T}{Z} \tanh(A/2L_T). \quad (13)$$

Метод линии передачи с одинаковой длиной равноудаленных прямоугольных контактов тестового образца. Изложенный выше анализ токового и потенциального контактов можно использовать для получения соотношений между ожидаемыми в эксперименте значениями длины переноса $L_{TЭ}$ и поверхностного сопротивления $\rho_{ПЭкс}$ полупроводника и теоретическими (истинными) значениями L_T и ρ_{Π} этих величин путем расчета графика зависимости напряжения от координаты для рассматриваемой тестовой структуры.

Если в рассматриваемом случае число одинаковых интервалов B между контактами равно n , а число последовательных контактов, отделенных друг от друга одинаковыми интервалами B , равно $(n+1)$, то напряжение V_{n+1} на $(n+1)$ -ом контакте (относительно контакта 1) и координату x_{n+1} этого контакта можно записать в виде:

$$V_{n+1} = \frac{I_0\rho_{\Pi}}{Z} \left[\frac{2L_T \coth(A/L_T) + nB + 2(n-1)L_T \tanh\left(\frac{A}{2L_T}\right)}{B + A} \right]. \quad (14)$$

$$x_{n+1} = nB + (n-1)A. \quad (15)$$

Измерив напряжение V_{n+1} на $(n+1)$ -ом контакте относительно контакта 1 ($V_{12}, V_{13}, V_{14}, V_{15}$ и т.д.) при фиксированном значении тока I_0 , строят график зависимости напряжения V_{n+1} на $(n+1)$ -ом контакте от координаты x_{n+1} этого контакта (рис. 4).

Экстраполируя график полученной зависимости к $x=0$, получают $2R_K I_0$, при этом точка пересечения этого графика с осью координат дает величину $2L_{TЭ}$.

Используя соотношения (14) и (15), можно найти разность напряжений ΔV и соответствующих координат Δx для любых двух контактов из числа равноудаленных контактов, а затем тангенс угла наклона графика зависимости напряжения контакта от его координаты (рис. 4):

$$\frac{\Delta V}{\Delta x} = \frac{I_0\rho_{\Pi}}{Z} \left[\frac{B + 2L_T \tanh\left(\frac{A}{2L_T}\right)}{B + A} \right]. \quad (16)$$

Из рис. 4 видно, что для тангенса угла наклона α можно записать ряд равенств:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{V_{12}}{2L_{TЭ} + B} = \frac{\Delta V}{\Delta x}, \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{\frac{I_0\rho_{\Pi}}{Z} [2L_T \coth(A/L_T) + B]}{2L_{TЭ} + B} = \\ &= \frac{\frac{I_0\rho_{\Pi}}{Z} [B + 2L_T \tanh(A/2L_T)]}{B + A}. \end{aligned} \quad (17)$$

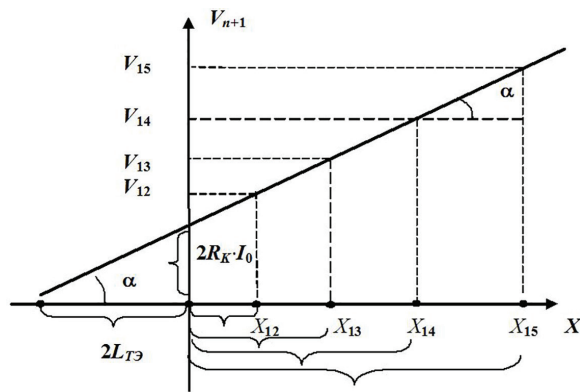


Рис. 4. График зависимости напряжения V_{n+1} контакта от координаты x_{n+1} этого контакта

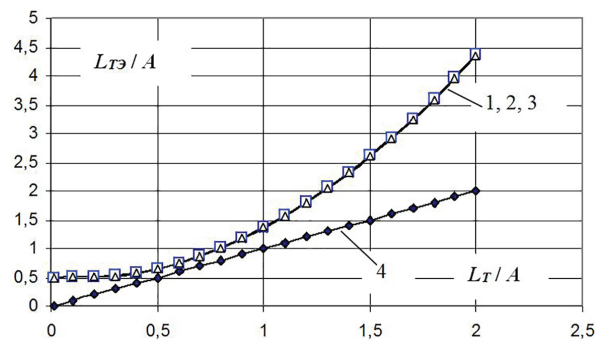


Рис. 5. Зависимости $L_{TЭ}/A$ от L_T/A при значениях параметров: 1 — $V/A=2$; 2 — $V/A=5$; 3 — $V/A=10$, 4 — $L_{TЭ}/A = L_T/A$

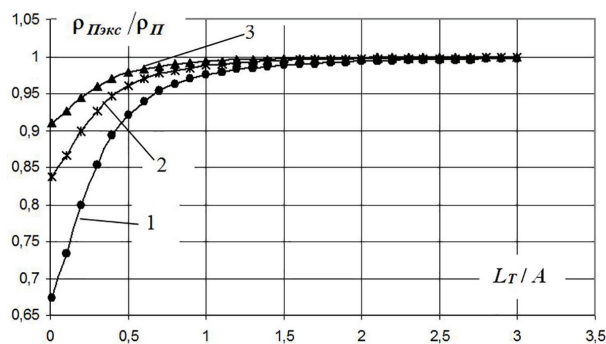


Рис. 6. Зависимости $\rho_{ПЭкс}/\rho_{\Pi}$ от L_T/A при значениях параметров: 1 — $V/A=2$; 2 — $V/A=5$; 3 — $V/A=10$

Из выражений (16) и (17) получим соотношения между ожидаемыми в эксперименте значениями длины переноса $L_{TЭ}$ и поверхностного сопротивления $\rho_{ПЭкс}$ полупроводника и теоретическими (истинными) значениями L_T и ρ_{Π} этих величин:

$$L_{TЭ} = \frac{BA/2 + L_T[(A+B)\coth(A/L_T) - B \tanh(A/2L_T)]}{B + 2L_T \tanh(A/2L_T)}. \quad (18)$$

$$\rho_{ПЭкс} = \frac{Z}{I_0} \frac{\Delta V}{\Delta x} = \rho_{\Pi} \left[\frac{B + 2L_T \tanh\left(\frac{A}{2L_T}\right)}{B + A} \right]. \quad (19)$$

Расчет зависимостей ожидаемого в эксперименте значения длины переноса $L_{TЭ}$ и поверхностного сопротивления $\rho_{ПЭкс}$ полупроводника от теоретических (истинных) значений L_T и ρ_{Π} этих величин можно выполнить с помощью формул, которые получим из формул (18) и (19):

$$\frac{L_{TЭ}}{A} = \frac{\frac{B}{2A} + \frac{L_T}{A} \left[\left(1 + \frac{B}{A}\right) \coth(A/L_T) - \frac{B}{A} \tanh(A/2L_T) \right]}{\frac{B}{A} + 2 \frac{L_T}{A} \tanh(A/2L_T)}. \quad (20)$$

$$\frac{\rho_{Пэкс}}{\rho_{П}} = \left[\frac{B}{A} + 2 \frac{L_T}{A} \tanh\left(\frac{0,5}{L_T/A}\right) \right] / \left(\frac{B}{A} + 1 \right). \quad (21)$$

Задав численные значения отношения B/A (например, $1 - B/A = 2$; $2 - B/A = 5$; $3 - B/A = 10$) в качестве параметра, рассчитываем по формулам (20) и (21) зависимости $L_{TЭ}/A$ от L_T/A (графики которых представлены на рис. 5) и зависимости $\rho_{Пэкс}/\rho_{П}$ от L_T/A (графики которых представлены на рис. 6).

Из графиков, приведенных на рис. 5 и 6, следует, что расхождение между ожидаемыми в эксперименте значениями длины переноса $L_{TЭ}$ и поверхностного сопротивления $\rho_{Пэкс}$ полупроводника и теоретическими (истинными) значениями L_T и $\rho_{П}$ этих величин имеет сложный характер и может быть значительным при изменении отношения L_T/A .

Поэтому определение удельного контактного сопротивления ρ_K целесообразно выполнять следующим образом. После измерения зависимости напряжения V_{n+1} на $(n+1)$ -ом контакте от координаты x_{n+1} этого контакта определяем экспериментально величину $L_{TЭ}$ и путем решения уравнения (20) (относительно L_T/A) при известном параметре B/A тестового образца находим корень L_T/A уравнения (20). Подставляя значение параметра B/A и найденное значение L_T/A в соотношения (21), вычисляем отношение $\rho_{Пэкс}/\rho_{П}$. Величину $\rho_{Пэкс}$ рассчитываем по формуле: $\rho_{Пэкс} = \frac{Z \Delta V}{I_0 \Delta x}$, где $\Delta V/\Delta x$ находим из графика измеренной зависимости $V_{n+1}(x_{n+1})$. Используя найденные значения отношений: L_T/A и $\rho_{Пэкс}/\rho_{П}$, находим значения длины переноса L_T и поверхностного сопротивления $\rho_{П}$ и вычисляем удельное контактное сопротивление ρ_K по формуле:

$$\rho_K = L_T^2 \rho_{П}. \quad (22)$$

Экспериментальные результаты. В данной работе выполнено изготовление силицидных омических контактов к кремнию p -типа на основе тонкопленочных систем PtAg, PdAg, NiAg и измерение их удельного контактного сопротивления ρ_K с помощью модифицированного варианта метода линии передачи, описанного выше (рис. 1). Для изготовления экспериментальных образцов использовалась пластина кремния p -типа (марка: 100-2Вк-2кдб10-(111)4-460, номинальное значение удельного сопротивления — 10 Ом·см, толщина пластины — 460 мкм), разрезанная на образцы с размерами 8×12 мм². Перед вакуумным осаждением контактов образцы кремния промывались в бензине, этиловом спирте и ацетоне, очищались (от SiO₂) в растворе HF + H₂O (1:1) в течение 70–80 секунд с последующей промывкой в дистиллированной воде и ацетоне, а затем образцы кремния помещались в свободную металлическую маску с равноудаленными прямоугольными отверстиями с размерами $0,2 \times 8$ мм² ($A = 0,2$ мм, $Z = 8$ мм) с расстоянием 1,2 мм между их продольными осями ($B = 1$ мм), которую устанавливали в вакуумную камеру. Вакуумную камеру откачивали до давления остаточных газов $(1,5 - 2) \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст., отжигали образцы в вакууме в течение 10–15 ми-

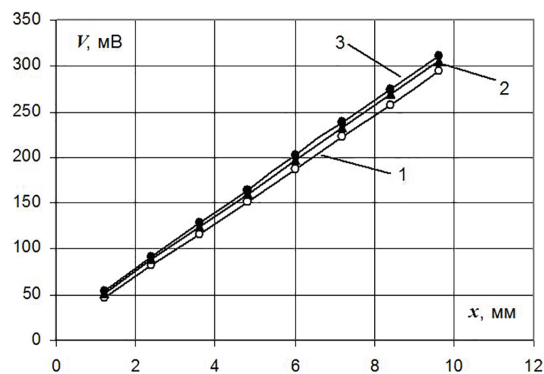


Рис. 7. Зависимости напряжения на контакте (относительно контакта 1) от координаты этого контакта, измеренные при значении тока $I_0 = 1$ мА для трех образцов с контактами на основе: 1 — PtAg, 2 — PdAg и 3 — NiAg

нут при температуре 220 °С и после этого при этой температуре выполняли локальное осаждение тонкой пленки контактного металла (Pt — 8 нм, или Pd — 40 нм, или Ni — 37 нм) путем испарения контактного металла из W испарителя (четыре W проволоки длиной 65 мм и диаметром 0,8 мм, соединенные параллельно) через отверстия в маске на полированные поверхности двух образцов кремния с последующим осаждением (в одном процессе откачки вакуумной камеры) слоя серебра (Ag) толщиной 200 нм путем испарения Ag из танталовой лодочки на пленку контактного металла. Затем полученные каждые два образца кремния с осажденными контактами PtAg, или PdAg, или NiAg дополнительно отжигали в вакуумной камере (давление — $(9 - 10) \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.) при температуре 540 °С в течение 20 минут в кварцевой трубчатой печи сопротивления, что обеспечивало образование силицидных омических контактов к кремнию p -типа [8–11].

Образование омических контактов на всех образцах подтверждалось измерением вольт-амперных характеристик (ВАХ) участка образца между двумя соседними контактами в диапазоне приложенных напряжений от 0 до $\pm 0,85$ В. ВАХ контактов на основе PtAg и PdAg были линейными во всем использованном диапазоне приложенных напряжений ($-0,85...+0,85$) В, а ВАХ контактов на основе NiAg были линейными в диапазоне ($-0,4...+0,4$) В, за пределами которого имело место слабое отклонение от линейности в сторону повышения сопротивления участка образца при увеличении приложенного напряжения.

Для определения удельного контактного сопротивления ρ_K , длины переноса $L_{TЭ}$ и поверхностного сопротивления $\rho_{Пэкс}$ полупроводника были измерены на всех образцах зависимости напряжения V_{n+1} на $(n+1)$ -ом контакте (относительно контакта 1) от координаты x_{n+1} этого контакта при значении тока $I_0 = 1$ мА, при этом была использована схема, показанная на рис. 1. Измеренные зависимости напряжения V_{n+1} на $(n+1)$ -ом контакте от координаты x_{n+1} этого контакта для трех образцов с контактами на основе PtAg, PdAg, NiAg представлены на рис. 7. На основе таких зависимостей были определены значения длины переноса $L_{TЭ}$ и поверхностного сопротивления $\rho_{Пэкс}$ полупроводника, а затем на основе вышеописанной методики рассчитаны по формулам (20), (21) и (22) истинные значения L_T и $\rho_{П}$ и удельного контактного сопротивления ρ_K исследованных омических контактов к кремнию p -типа,

Измеренные $L_{TЭ}/A$ и поверхностное сопротивление $\rho_{Пэкс}$ полупроводника и рассчитанные по формулам (20), (21) и (22) значения L_T/A , L_T , $\rho_{П}$ и удельного контактного сопротивления ρ_K исследованных омических контактов к кремнию p -типа с номинальным $\rho=10$ Ом·см

№ образца	Тип контакта	$L_{TЭ}/A$	L_T/A (20)	L_T , см	$\rho_{Пэкс}$, Ом	$\rho_{П}(21)$, Ом	$\rho_K(22)$, Ом·см ²
1-1	pSi-PtAg	0,935983	0,751354	0,015027	243,9157	249,1241	$5,6 \cdot 10^{-2}$
1-2	pSi-PtAg	0,943726	0,756684	0,015134	235,2	240,161	$5,5 \cdot 10^{-2}$
2-1	pSi-PdAg	1,139183	0,87953	0,017591	245,2998	249,2636	$7,7 \cdot 10^{-2}$
2-2	pSi-PdAg	1,211701	0,92062	0,018412	242,4588	246,0661	$8,3 \cdot 10^{-2}$
3-1	pSi-NiAg	1,421169	1,029625	0,020593	245,3855	248,3591	$10,5 \cdot 10^{-2}$
3-2	pSi-NiAg	1,472407	1,054496	0,02109	244,7848	247,6228	$11,0 \cdot 10^{-2}$

представленные в табл. 1. Из данных табл. 1 видно, что на кремнии p -типа с номинальным $\rho=10$ Ом·см наиболее низкие значения удельного контактного сопротивления имеют контакты на основе тонкопленочной системы PtAg.

Заключение. Таким образом, в настоящей работе получены соотношения между ожидаемыми в эксперименте значениями длины переноса $L_{TЭ}$ и поверхностного сопротивления $\rho_{Пэкс}$ полупроводника и теоретическими (истинными) значениями L_T и $\rho_{П}$ этих величин, которые могут быть использованы при определении удельного контактного сопротивления ρ_K в варианте TLM с прямоугольными контактами к полупроводникам. Показано, что в варианте TLM с одинаковыми интервалами между прямоугольными контактами, имеющими одинаковую длину токового и потенциального контактов, имеет место значительное расхождение между значениями $L_{TЭ}$ и $\rho_{Пэкс}$, ожидаемыми в эксперименте, и истинными значениями L_T и $\rho_{П}$ при изменении отношения L_T/A тестового образца. В связи с этим определение удельного контактного сопротивления ρ_K целесообразно выполнять путем измерения величин $L_{TЭ}$ и $\rho_{Пэкс}$ и последующего расчета истинных значений L_T и $\rho_{П}$ на основе решения соответствующих уравнений, представленных в данной работе. Предложенная в работе методика определения ρ_K использована на изготовленных и измеренных силицидных омических контактах к кремнию p -типа (с номинальным $\rho=10$ Ом·см) на основе тонкопленочных систем PtAg, PdAg и NiAg. Показано, что система PtAg имеет наиболее низкие значения $\rho_K=(5,5...5,6) \cdot 10^{-2}$ Ом·см².

Библиографический список

1. Cohen S. S. Contact resistance and methods for its determination // *Thin Solid Films*. 1983. Vol. 104. P. 361–379. DOI: 10.1016/0040-6090(83)90577-1.
2. Кудрик Я. Я. Удельное сопротивление омических контактов в структурах металл–полупроводник // *Петербургский журнал электроники*. 2010. № 1. С. 25–40.
3. Shockley W. Research and Investigation of Inverse Epitaxial UHF Power Transistor // Final Technical Report No. AL-TDR-64-207, September. 1964. Air Force Atomic Laboratory / Air Force Systems Command, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio.

4. Reeves G. K. Specific contact resistance using a circular transmission line model // *Solid-State Electronics*. 1980. Vol. 23, no. 5. P. 487–490. DOI: 10.1016/0038-1101(80)90086-6.

5. Mak L. K., Rogers C. M., Northrop D. C. Specific contact resistance measurements on semiconductors // *Journal of Physics E: Scientific Instruments*. 1989. Vol. 22. P. 317–321. DOI: 10.1088/0022-3735/22/5/010.

6. Holland A. S., Pan Y., Alnassar M. S. N. [et al.]. Circular test structure for determining the specific contact resistance of ohmic contacts // *Facta Universitatis. Series: Electronics and Energetics*. 2017. Vol. 30, no. 3. P. 313–326. DOI: 10.2298/FUEE1703313H.

7. Stavitski N., van Dal M. J. H., Lauwers A. [et al.]. Systematic TLM Measurements of NiSi and PtSi Specific Contact Resistance to n- and p-Type Si in a Broad Doping Range // *IEEE Electron Device Letters*. 2008. Vol. 29, no. 4. P. 378–381. DOI: 10.1109/LED.2008.917934.

8. Guo X., Y. Hao, J. Yu-Long [et al.]. Study of nickel silicide formation on Si (110) substrate // *Applied Surface Science*. 2011. Vol. 257, Issue 24. P. 10571–10575. DOI:10.1016/j.apsusc.2011.07.052.

9. Kim B., Yoo D.-J., Baik H. K. [et al.]. Improved thermal stability of Ni silicide on Si (100) through reactive deposition of Ni // *Journal of Vacuum Science & Technology B*. 2003. Vol. 21, Issue 1. P. 319–322. DOI: 10.1116/1.1539064.

10. Tsui B. Y., Chen M. C. Low temperature reaction of thin film platinum (300 E) with (100) silicon // *Journal of Applied Physics*. 1990. Vol. 68. P. 6246. DOI: 10.1063/1.346890.

11. Suryana R., Nakatsuka O., Zaima S. Formation of Palladium Silicide Thin Layers on Si (110) Substrates // *Journal of Applied Physics*. 2011. Vol. 50. 05EA09. DOI: 10.1143/JJAP.50.05EA09.

БУРЛАКОВ Рудирий Борисович, кандидат физико-математических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Прикладная и медицинская физика».

AuthorID (РИНЦ): 37654

Адрес для переписки: burlakovrb@e-mail.omsu.ru

Для цитирования

Бурлаков Р. Б. Измерение удельного сопротивления силицидных омических контактов к кремнию p -типа методом линии передачи // *Омский научный вестник*. 2018. № 6 (162). С. 169–173. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-162-169-173.

Статья поступила в редакцию 07.09.2018 г.

© Р. Б. Бурлаков