

УДК 62-762.001.5

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ВЫСОКИХ УРОВНЕЙ СВЧ-МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ СТРУКТУР КАРБИД КРЕМНИЯ НА ИЗОЛЯТОРЕ ДЛЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

© 2011 Л.В.Курганская¹, А.В.Щербак²

¹ Учреждение Российской академии наук
Институт проблем управления сложными системами РАН, г. Самара

² Самарский государственный университет

Поступила в редакцию 06.09.2011

Рассмотрены вопросы разработки чувствительного элемента датчика СВЧ-мощности на основе слоев карбида кремния на изолирующих подложках, в основе работы которого лежит радиоэлектрический эффект в полупроводниках.

Ключевые слова: радиоэлектрический эффект, чувствительный элемент датчика СВЧ-мощности.

ВВЕДЕНИЕ

К электронным компонентам, применяемым в узлах и системах аэрокосмического назначения, предъявляются повышенные требования в первую очередь по надежности и массогабаритным характеристикам [1], [2]. Традиционно применяемые в настоящее время для контроля и измерения высоких уровней СВЧ мощности тепловые датчики [3] обычно не отвечают всем требованиям, предъявляемым к аппаратуре аэрокосмического назначения [2]. Основные недостатки таких датчиков связаны с невысокими эксплуатационными характеристиками, а именно: малой предельно допустимой мощностью измеряемого сигнала (при измерении больших мощностей требуется ослабитель), высокой инерционностью процесса измерения, невысокой точностью, а также неудовлетворительными массогабаритными характеристиками. Широко распространенные полупроводниковые диоды СВЧ диапазона работают при малых уровнях СВЧ мощности и имеют нелинейную характеристику [3].

В связи с этим вопросы разработки полупроводниковых преобразователей СВЧ-мощности, непосредственно преобразующих величину уровня СВЧ мощности в сигнал постоянного тока являются актуальными для аэрокосмического приборостроения. Действие таких преобразователей основано на использовании радиоэлектрического эффекта в полупроводниках. В настоящее время использование радиоэлектрического эффекта для измерения СВЧ мощности сдерживается низкой чувствительностью и на-

личием различного рода дополнительных эффектов, возникающих в полупроводниках под действием СВЧ излучения, и приводящих к существенным искажениям полезного сигнала.

В настоящей работе анализируются причины возникновения дополнительных эффектов и разрабатываются меры по минимизации их влияния на выходной сигнал измерительного преобразователя.

РАДИОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Возникновение постоянной ЭДС в проводящей среде при распространении электромагнитной волны называется радиоэлектрическим эффектом [4].

Исходя из общности рассмотрения кинетики процесса взаимодействия электромагнитной волны со свободными носителями заряда в твердом теле, ЭДС, возникающая в проводящей среде, связана с анизотропией функции распределения электронов. Ее возникновение может быть обусловлено силой Лоренца (высокочастотный эффект Холла), т.е. динамическим действием, а также градиентом электромагнитного поля, действие которого, в частности, проявляется в неоднородном разогреве среды вдоль направления вектора Умова-Пойнтинга.

Рассматривая основные теоретические модели радиоэлектрического эффекта, можно определить условия преобладания увлекающего механизма радиоэдс над неоднородно разогревающим (градиентным) механизмом возникновения ЭДС. В наиболее простом случае взаимодействия полупроводника с электромагнитным полем, температура электронов и фононов локально одинакова. Полная система уравнений для нахождения ЭДС в образце состоит из уравнений Максвелла и уравнения теплопроводности, источником в котором служит джоулево тепло, выделяемое в

Курганская Любовь Викторовна, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник.

E-mail: limbo83@mail.ru.

Щербак Андрей Владимирович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник.

E-mail: anshch@yandex.ru.

полупроводнике при прохождении плоской электромагнитной волны и уравнениями, определяющими макроскопическую связь между током, электрическим полем и градиентом температуры. Последнее необходимо для учета термоэлектродвижущих сил (термоэдс). Поток тепла в этом приближении зависит не только от градиента температуры, но и от плотности тока.

Для сравнительно низких частот ($\omega = 5,7 \cdot 10^{10} \div 2,5 \cdot 10^{11}$ Гц) ЭДС увлечения и термоэдс имеют следующий вид [4], [5], [6]:

$$V_{\parallel} = \frac{4\pi}{c^2} \mu_H W_0 \frac{1 - e^{-L\alpha}}{\alpha}; \quad (1)$$

$$V_T = -\frac{\alpha_T W_0}{\chi \alpha} \frac{h_1(1 - e^{-L\alpha}) + h_2(1 - e^{-L\alpha}(1 - L\alpha))}{h_1 + h_2 + L}, \quad (2)$$

где μ_H – холловская подвижность носителей в полупроводниках; W_0 – плотность потока мощности, падающей на проводящую среду; α – коэффициент поглощения электромагнитной волны; α_T – коэффициент термоэдс; χ – коэффициент теплопроводности; h_1 и h_2 – коэффициенты обратной величины теплоотдачи,

$$h_1 = \frac{\chi}{4ST}, \quad S - \text{постоянная Стефана-Больцмана.}$$

При $h_1 = h_2 = 0$ имеем $V_T = 0$. Стало быть в случае хорошего теплоотвода с обеих сторон поверхности полупроводниковой пластины термоэдс не вносит вклада в радиоэлектрический эффект. Термоэдс максимальна, если электромагнитная волна падает на поверхность слоя полупроводника из вакуума, а противоположная сторона поддерживается при постоянной температуре.

При $h_1 \gg L \gg \frac{1}{\alpha}$ ЭДС увлечения не зависит от L , а V_T растет линейно с размерами образца вдоль распространения электромагнитной волны. Если это так и $L \gg h_1, h_2, \frac{1}{\alpha}$, то

и определяется только теплоотводом через ту сторону пластины, на которую падает электромагнитная волна. Оценить рост термоэдс удобно, сравнив V_T и V_{\parallel} :

$$V_T = \frac{\alpha_T}{\chi} W_0 h_1 \quad (3)$$

и определяется только теплоотводом через ту сторону пластины, на которую падает электромагнитная волна. Оценить рост термоэдс удобно, сравнив V_T и V_{\parallel} :

$$\left| \frac{V_T}{V_{\parallel}} \right| = \frac{\alpha_T c^2}{4\pi \mu_H \chi} f(L\alpha), \quad (4)$$

где

$$f(L\alpha) = \begin{cases} \frac{\alpha L}{2}, & \text{при } \alpha L \ll 1 \\ \alpha L, & \text{при } \alpha L \gg 1 \end{cases}.$$

Еще одним возможным источником термоэдс может быть неоднородный разогрев свободных носителей заряда в объеме преобразователя. Рассматривая совместно уравнения Максвелла и уравнение переноса заряда и тепла свободными носителями, получаем [7], что ЭДС увлечения (высокочастотный эффект Холла) дает основной вклад в радиоэдс, если выполняется условие:

$$\omega \tau_e \frac{k''}{k'} \ll 1, \quad (5)$$

где k' – действительная часть волнового вектора плоской электромагнитной волны, k'' – мнимая часть волнового вектора, τ_e – время релаксации электрона по энергии в полупроводнике.

Если неоднородность разогрева электронов вносит основной вклад в постоянный ток (т.е. выполняется условие обратное (5)) то разность потенциалов, возникающая в образце, имеет вид [7]:

$$V = -\frac{e}{3m\varepsilon} \frac{1}{v^2 + \omega^2} (E_1^2 - E_2^2), \quad (6)$$

где E_1 и E_2 – напряженности поля на передней и задней стенках полупроводниковой пластины, $v = 1/\tau_e$.

Таким образом, при взаимодействии электромагнитной волны с полупроводником возникают термоэдс двоякой природы: электронной и решеточной [7]. В том случае, когда теплопроводность решетки много больше теплопроводности электронов, т.е.

$$\chi \gg \chi_e \frac{l}{l_e} \frac{L}{\alpha}, \quad (7)$$

где χ и χ_e – теплопроводность решетки и электронов соответственно, разогревом решетки можно пренебречь при любой длительности электромагнитного импульса [6], [7]. Таким образом, при достаточно хорошем теплообмене электронной системы можно избежать появления заметной термоэдс в образце. Следовательно, для того, чтобы преобладал увлекающий эффект над разогревающим, необходимо уменьшать толщину образцов и увеличивать теплоотвод с поверхности.

Выполнение требований для достижения преобладания увлекающего эффекта над разогревающим наталкивается на принципиальные трудности в рамках рассматриваемых моделей, так как уменьшение толщины образца приводит к возникновению сильной неоднородности полупроводника (влияние неоднородности поверхности) и к уменьшению эффективности теплоотвода через боковые грани, что наиболее важно для уменьшения разности температур между передней и задней стенками пластины.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ СВЧ МОЩНОСТИ

На сверхвысоких частотах требования к параметрам полупроводникового материала, размерам и форме образца, геометрии контакта металл-полупроводник, состоянию поверхности преобразователя становятся более высокими, чем на постоянном токе. Это связано с тем, что размеры образца сравнимы с длиной волны, особенно в миллиметровом диапазоне длин волн, и вносимое образцом возмущение волны может привести к возникновению нежелательных эффектов. Выбор полупроводникового материала для СВЧ преобразователя в основном определяется двумя факторами: максимальной чувствительностью образцов и наилучшим согласованием их сопротивления с волновым сопротивлением передающего тракта.

Как показано в [8], максимальная чувствительность будет у полупроводников с максимальной подвижностью и минимальной концентрацией носителей заряда. Наиболее приемлемыми материалами в этом случае являются InSb *n*-типа и InAs, обладающие максимальными подвижностями носителей заряда из всех известных полупроводников. Антимонид индия обладает очень высокой подвижностью электронов, достигающей $65000...78000 \text{ см}^2\text{В}^{-1}\text{с}^{-1}$ при комнатной температуре и 10^6 при температуре 77К [9]. Подвижность дырок в 40...100 раз меньше. Эффективная масса электронов $0,0015m_0$, дырок – $0,18m_0$. Недостатком этого материала является сильная зависимость его характеристик от температуры.

Арсенид индия по своим свойствам похож на антимонид индия. Его зонная структура подобна зонной структуре антимонида индия. Под-

вижность электронов немного меньше подвижности электронов в InSb. Известно [9], что подвижность в InAs *p*-типа лежит в пределах от $460 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ при концентрации акцепторов $3 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ до $120 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ при концентрации $2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$.

Исследования InAs *n*-типа с концентрацией доноров $1,6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ показали [9], что постоянная Холла R_x почти не изменяется в пределах от 1,5К до комнатной температуры, а подвижность равна $30000 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ в пределах от 1,3 до 10 К.

Основной недостаток преобразователей СВЧ мощности на основе InSb и InAs при более высоких температурах связан с тем, что они пригодны для измерения малых (милливатты) уровней мощности.

Известно [10], что материалы с большой шириной запрещенной зоны (SiC, алмаз) имеют параметры, обеспечивающие возможность их применения в приборах, действующих при высоких температурах (до 700К); эти материалы также обладают высокой теплопроводностью, в них слабо проявляются эффекты радиационных нарушений. Основные параметры карбида кремния в сравнении с широко используемым в настоящее время полупроводниковым материалом кремнием приведены в табл. 1. Карбид кремния представлен политипами 6Н-, 4Н-, 3С-, 15R-модификации.

Как видно из табл. 1, карбид кремния 3С-SiC имеет подвижность электронов $1000 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$, что на два порядка меньше, чем подвижность в InSb. Следовательно, чувствительность преобразователей радиоэдс на основе SiC будет меньше, чем у аналогичных приборов на основе антимонида индия. Однако при измерении больших уровней СВЧ мощности снижение чувствительности вполне допустимо. Средние уровни мощности,

Таблица 1. Политипы карбида кремния

Параметры	Полупроводники				
	Si	SiC (политипы)			
		3С	15R	4Н	6Н
Ширина запрещенной зоны (300К) E_g , эВ	1,12	2,4	3,02	3,28	3,09
Постоянные решетки a/c , ?	5,44	4,36	3,07/ 37,3	3,076/ 10,05	3,08/ 15,12
Диэлектрическая проницаемость ϵ/ϵ_0	11,8	6,5			6,5
Теплопроводность (300К), Вт/(см·град)	0,8-1,4	1,3-2,6			3-5
Допустимая температура T_p , К	500	800	1000	1000	1000
Максимальная скорость дрейфа электронов (300К) $v_n \cdot 10^7$, см/с	1				2
Дрейфовая подвижность электронов/дырок, $\text{см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$	1350/ 480	1000/ 60	500/ 60	700/ 60	330/ 60
Поле лавинного пробоя $E_{пр} \cdot 10^4$ В/см	2-4				20-40

измеряемые преобразователем на основе антимонида индия (десятки мВт) на три - четыре порядка ниже уровней мощности, измеряемых преобразователем на основе карбида кремния (десятки – сотни Вт), а чувствительность карбида кремния уменьшается всего на два - три порядка по сравнению с антимонидом индия.

РАЗРАБОТКА ТОПОЛОГИИ ИЗМЕРИТЕЛЯ РАДИОЭДС

Топология преобразователей радиоэдс, используемых для измерения СВЧ мощности, должна определяться с одной стороны диапазоном рабочих частот (длина преобразователя вдоль распространения волны соизмерима с длиной волны), а с другой – условием минимизации сопутствующих эффектов, искажающих выходной сигнал преобразователя. Толщина полупроводникового слоя должна определяться скин-эффектом в рабочем диапазоне частот (слои, толщина которых превышает удвоенную глубину проникновения электромагнитного поля, используются не полностью, в то же время увеличение толщины неоднородности в волноводе резко увеличивает искажения электромагнитного поля, а, следовательно, и КСВН датчика мощности).

Величина ЭДС увлечения (1) зависит как от подвижности носителей заряда, так и от их концентрации (через коэффициент поглощения). Коэффициент поглощения волны α имеет вид:

$$\alpha = -\frac{\omega}{c\sqrt{\varepsilon'(\omega)}} \varepsilon''(\omega), \quad (8)$$

где $\varepsilon'(\omega)$ и $\varepsilon''(\omega)$ – вещественная и мнимая части диэлектрической проницаемости полупроводника:

$$\varepsilon'(\omega) = \varepsilon_0 \left\{ 1 - \left\langle \frac{\omega_L^2 \tau^2}{1 + \omega^2 \tau^2} \right\rangle \right\}, \quad (9)$$

$$\varepsilon''(\omega) = -\varepsilon_0 \frac{\omega_L^2}{\omega^2} \left\langle \frac{\omega \tau}{1 + \omega^2 \tau^2} \right\rangle. \quad (10)$$

Здесь ω – частота волны; $\omega_L = \sqrt{4\pi n q^2 / \varepsilon_0 m}$ – плазменная частота (n – концентрация носителей заряда, ε_0 – статическая диэлектрическая проницаемость среды). Из (1), (8), (9), (10) следует, что чувствительность преобразователя

$\gamma = \frac{V_{||}}{W_0}$ зависит от подвижности носителей заряда μ и от их концентрации n .

На рис. 1 представлены зависимости чувствительности преобразователя от концентрации свободных носителей заряда, рассчитанные по формулам формул (1), (8), (9), (10) при различных значениях под-

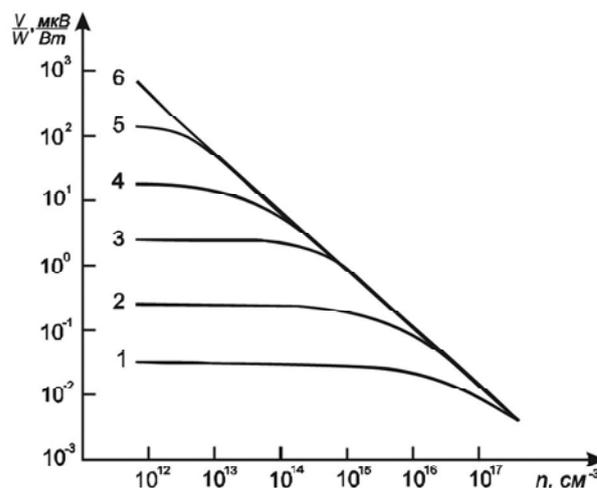


Рис. 1. Зависимость чувствительности преобразователя радиоэдс от концентрации

свободных носителей заряда при $\mu, \left(\frac{см^2}{В \cdot с} \right)$:

1 – 10; 2 – 10²; 3 – 10³; 4 – 10⁴; 5 – 10⁵; 6 – 10⁶.

вижности носителей заряда. Как видно из рисунка, максимальной чувствительностью будут обладать образцы с максимальной подвижностью и минимальной концентрацией.

Неотъемлемым элементом преобразователя радиоэдс является невыпрямляющий контакт типа металл – полупроводник. При работе преобразователей в СВЧ диапазоне вентильные свойства контактов приводят к нелинейным искажениям, к ослаблению величины радиоэдс, к нелинейной зависимости между воздействующим на образец полем и возникающей радиоэдс.

Одним из эффективных способов снижения эффекта выпрямления на контакте металл – полупроводник и контактной термоэдс является вынос контактов из СВЧ тракта. Для этого преобразователь радиоэдс выполняется П-образной формы, а места соединения полупроводник – металл располагаются вне СВЧ тракта. Просачивание СВЧ поля на контакты можно ограничить применением фильтра нижних частот. Фильтр может быть выполнен в виде набора чередующихся участков линии с высоким и низким волновым сопротивлением, что достигается изменением ширины токонесущего проводника. Топология такого преобразователя показана на рис. 2.

Однако такое устройство позволяет работать только на фиксированной частоте. С целью расширения полосы рабочих могут использоваться преобразователи с удлиненными выводами, как показано на рис. 3. Контакты металл-полупроводник расположены вне тракта, передающего СВЧ энергию. Уширенные полоски выводов выполнены с целью снижения величины термоэдс.

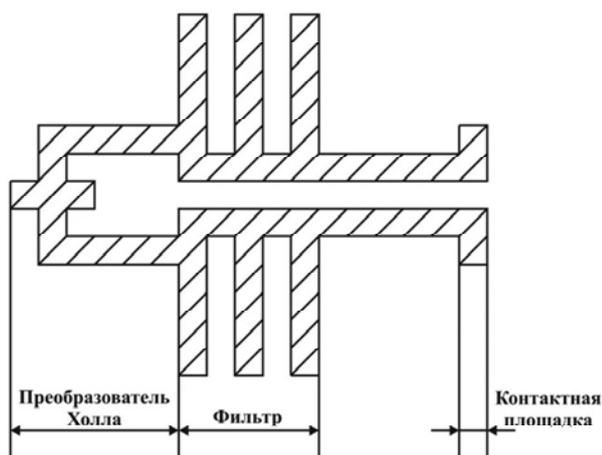


Рис. 2. Преобразователь Холла с фильтром нижних частот

Наибольший вклад среди сопутствующих паразитных эффектов вносит термоэдс, обусловленная градиентом температуры между невыпрямляющими контактами преобразователя в поле СВЧ волны и неравномерным разогревом его объема (рис. 4).

В режиме работы генератора СВЧ на согласованную нагрузку грань *a-c* преобразователя, поглощая падающую на нее электромагнитную волну, нагревается больше, чем противоположная грань *b-d*. Это приводит к возникновению градиента температуры вдоль направления распространения волны, и следовательно, к появлению термоэдс, которая определяется выражением:

$$V_T = -\alpha_T \frac{\partial T}{\partial z}, \quad (12)$$

где α_T – коэффициент термоэдс полупроводника.

Как видно из этого выражения, расчет термоэдс сводится к определению градиента температуры по длине преобразователя. При существовании в волноводе стоячей волны величина термоэдс может существенно возрасти, а в случае соизмеримости длины волны с линейными размерами преобразователя достигает максимального значения. Это объясняется тем, что градиент температуры по ширине преобразователя зависит от электрической компоненты поля, а так как размеры преобразователя соизмеримы с длиной волны, то его положение относительно стоячей волны может оказаться таким, что градиент напряженности электрического поля будет максимальным.

Таким образом для измерителей СВЧ мощности оптимальной является П-образная топология с удлиненными выводами, если разрабатывается датчик для работы в широком диапазоне частот. Для работы на фиксированной частоте целесообразно использовать фильтр нижних частот.

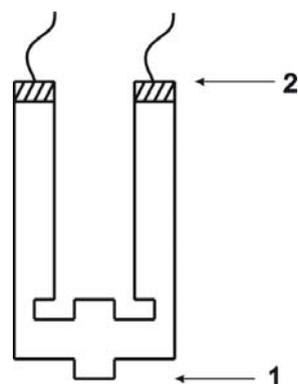


Рис. 3. Чувствительный элемент радиоэдс с удлиненными выводами: 1 – холловский преобразователь, 2 – контакты металл – полупроводник

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР N-SiC/ ИЗОЛЯТОР

Для исследования радиоэлектрического эффекта в карбиде кремния были изготовлены преобразователи радиоэдс на основе структур n-SiC/ изолятор. Структура n-SiC/изолятор представляет собой тонкий слой полупроводникового карбида кремния, нанесенный на поликоровую или ситалловую подложку.

В качестве исходной подложки для изготовления преобразователей использовался поликор (Al_2O_3) размером 20×20 мм, толщиной 330 мкм. Для напыления пленок использовался вакуумный универсальный пост с приставкой магнетронного напыления и высокочастотным генератором (ВУП-5М). Процесс роста пленок карбида кремния определялся давлением рабочего газа (аргон), температурой подложки, током магнетронного разряда. Полученные пленки имели зеркальную поверхность. Толщина пленок SiC, измеренная методом шарового шлифа и с помощью интерферометра МИИ-4 варьировалась от 0,5 до 3 мкм в зависимости от условий напыления.

Затем на полученных структурах формировалась топология преобразователей СВЧ мощности.

Следующим этапом технологического процесса являлось получение омических контактов к карбиду кремния. Выбор основного металла, используемого для изготовления омических контактов, определяется значением величины работы выхода, механическими и температурными свойствами [11]. В [12] показано, что контакты к n-SiC на основе никеля являются омическими в широком диапазоне температур.

В результате были получены гетероструктуры n-SiC/ поликор с никелевыми контактами (рис. 5). В качестве выводов использовалась тонкая золотая проволочка. Контакт между вывода-

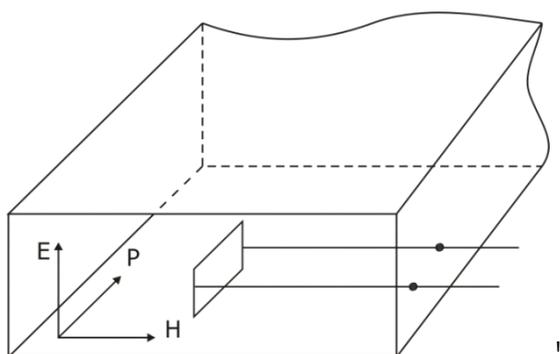


Рис. 4. Расположение чувствительного элемента радиоэдс в волноводе

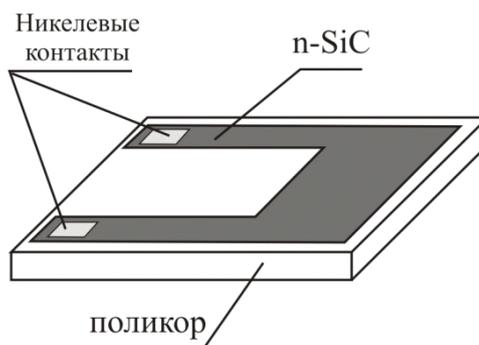


Рис. 5. Чувствительный элемент n-SiC/поликор с Ni-контактами

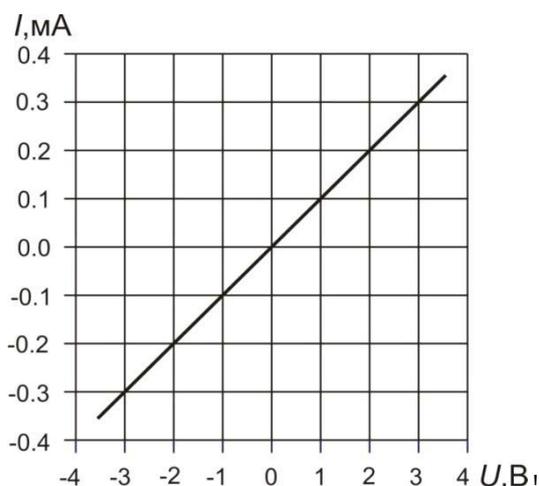


Рис. 6. Вольт-амперная характеристика контактов к чувствительному элементу на n-SiC/поликор

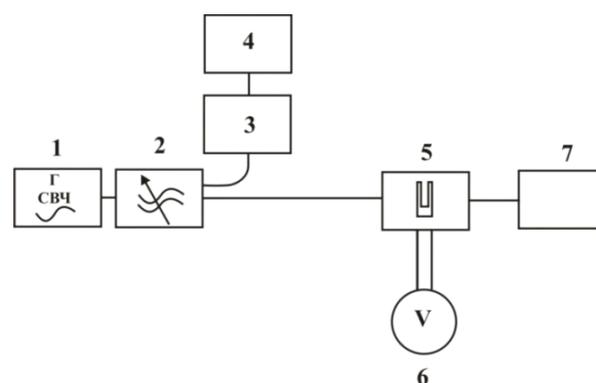


Рис. 7. Принципиальная схема установки для исследования радиоэдс в 8 мм диапазоне длины волны:

1 – генератор СВЧ, 2 – аттенюатор, 3 – ослабитель, 4 – измерительная головка МЗ, 5 – измеряемый образец, 6 – ваттметр МЗ-25А, 7 – согласованная нагрузка

ми и напыленным никелем осуществлялся при помощи двухэлектродной сварки короткими импульсами тока, длительностью 3ч5 с.

Свойства контактов исследовались на постоянном токе на характериографе типа TR – 4805. Все исследуемые образцы имели линейную вольт-амперную характеристику (рис. 6).

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГЕТЕРОСТРУКТУР N-SiC/AL2O3 В СВЧ-ДИАПАЗОНЕ

Исследование радиоэдс проводилось в СВЧ-диапазоне на частоте 40 ГГц на установке, блок схема которой представлена на рис. 7.

Измерения проводились при двух направлениях падающей СВЧ-волны относительно положения полупроводникового преобразователя (прямое и обратное). Расположение чувствительного элемента менялось для выявления прямой и обратной зависимости выходного напряжения от уровня СВЧ-сигнала. Полученные вольт-ваттные характеристики для прямого и обратного направления СВЧ-волны показаны на рис. 8.

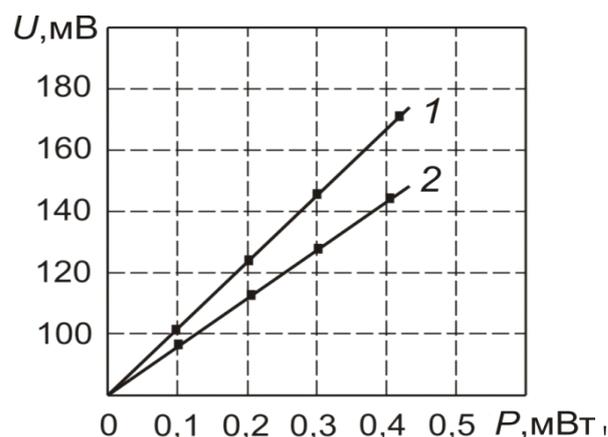


Рис. 8. Вольт-ваттная характеристика гетероструктур n-SiC/поликор: 1 – прямое направление СВЧ-волны, 2 – обратное направление СВЧ-волны

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование радиоэлектрического эффекта в тонких слоях полупроводникового карбида кремния на изолирующих подложках показало, что в

полученных структурах возникает ЭДС радиоэлектрического эффекта на частотах до 40 ГГц. Разработка образцов измерительных преобразователей в соответствии с предложенными техническими решениями позволило снизить влияние паразитных эффектов до уровня не более 5% полезного сигнала. При этом полученные образцы измерителей СВЧ мощности имели линейную вольт-ваттную характеристику в динамическом диапазоне от 0 до 5 Вт непрерывной СВЧ мощности.

Таким образом, структуры n-SiC/поликор могут быть использованы для создания измерителей мощности 8-мм СВЧ диапазона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модель космоса: Научно-информационное издание: В 2 т. / Под ред. М.И. Панасюка, Л.С. Новикова. Т2: Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. М.: КДУ, 2007. 1144 с.
2. Интегрированные инерциально-спутниковые системы навигации / Составитель О. А. Степанов; Под общ. ред. В. Г. Пешехонова. СПб.: ГНИЦ РФ ЦНИИ "Электроприбор", 2004.
3. Билько М.И., Томашевский А.К., Шаров П.П. Измерение мощности на СВЧ. М.: Советское радио. 1976. С. 165.
4. Гуляев Ю.В. О возникновении постоянной ЭДС при распространении электромагнитной волны в проводящей среде // Радиотехника и электроника. 1968. Т.13. Вып.4. С. 688-695.
5. Перель В.И., Пинский Я.М. Постоянный ток в проводящей среде, обусловленный высокочастотным электромагнитным полем // ФТТ. 1973. Т.15. № 4. 1973. С.996-1003.
6. Казаков М.И., Шапиро А.А. О влиянии термоэлектрических сил на радиоэлектрический эффект в полупроводниках // ФТТ. 1991. Т.12. №10-1991. С.3019-3021.
7. Гуревич Л.Э., Мезрин О.А. Свето- и термоэлектрические эффекты, создаваемые электромагнитной волной в проводящей среде // ФТТ. 1974. Т.16. №3. С.773-384.
8. Щербак А.В. Радиоэлектрического эффект в гетероструктурах карбид кремния на кремнии: Дис. канд. физ.-мат. наук: 01.04.10. Самара, 2005. 110 с.
9. Хилсум К., Роуз-Инс А. Полупроводники типа АПВН. М.: Иностран. Лит-ра, 1989. С. 323.
10. Иванов А.Н., Челюков И.Р. Полупроводниковый SiC – технология и приборы. // ФТП. 1995. Т.29. №11. С.1921-1943
11. Стриха В.И. Контактные явления в полупроводниках. Киев, ВШ 1982. С. 223.
12. Растегаева М. Г. Омические контакты металл-карбид кремния : Дис. ... канд. техн. наук: 01.04.10. Спб., 1999. 157 с.

HALL EFFECT MICROWAVE POWER METER FOR HIGH POWER MESUREMENT BASED ON SILICON CARBIDE LAYER ON INSULATING SUBSTRATE FOR AEROSPACE SYSTEM

© 2011 L.V. Kurganskaya¹, A.V. Shcherbak²

¹ Institute for the Control of Complex Systems of RAS, Samara

² Samara State University

A Hall Effect microwave power meter based on silicon carbide thin layer on insulating substrate design problems were discussed. Silicon carbide growth method and device design were suggested. Prototype device characteristics were demonstrated.

Key words: microwave Hall effect, microwave power meter.

Lubov Kurganskaya, Candidate of Physics and Mathematics,
Research Fellow. E-mail: limbo83@mail.ru.

Andrey Shcherbak, Candidate of Physics and Mathematics,
Chief Research Fellow. E-mail: anshch@yandex.ru.