

Влияние термообработки на параметры контактов металл–полупроводник, сформированных на халькогенизированной поверхности *n*-GaAs

© Е.В. Ерофеев, В.А. Кагадей*[¶]

Научно-производственная фирма «Микран»,
634045 Томск, Россия

* ООО Субмикронные технологии,
634055 Томск, Россия

(Получена 26 января 2011 г. Принята к печати 9 февраля 2011 г.)

Выполнены сравнительные исследования влияния термообработки на параметры омических контактов на основе многослойных систем Ge/Au/Ni, Ge/Au/Ti/Au, Ge/Au/Ni/Ti/Au и барьерных контактов на основе Ti/Au, сформированных на поверхности образцов *n*-GaAs (100), подвергнутой или не подвергнутой обработке в водном растворе (NH₄)₂S. Найдены режимы термообработки омических контактов, в которых для халькогенизированных образцов приведенное контактное сопротивление уменьшается в 2.5–15 раз по сравнению с нехалькогенизированными образцами. Определены оптимальные режимы термообработки халькогенизированных образцов GaAs с барьером Шоттки, которые позволяют уменьшить коэффициент идеальности, а также увеличить высоту барьера Шоттки и пробивное напряжение по отношению к нехалькогенизированным образцам.

1. Введение

К базовым элементам, определяющим параметры дискретных приборов и монолитных интегральных схем на основе GaAs, относятся омические и барьерные контакты [1–3]. Параметры контактов металл–GaAs определяются свойствами межфазной границы раздела [3–6], а состав и строение границы раздела контактирующих материалов во многом задаются последовательностью технологических процессов. Ряд обработок, в частности травление и отмычка поверхности GaAs-пластин, а также ее экспонирование на воздухе способствуют образованию оксидного (гидроксидного) слоя толщиной от 0.5 до нескольких десятков нанометров [1,5,7–10]. Формирование оксидного слоя приводит к росту химической неоднородности и дефектности поверхности, а также к увеличению плотности поверхностных электронных состояний [10]. Все это в свою очередь ухудшает электрические характеристики приборов.

В последние годы широко исследуются возможности применения халькогенидной обработки поверхности полупроводников в технологии изготовления транзисторов на основе GaAs [11–20]. Халькогенидная обработка, т.е. модификация поверхности GaAs атомами серы или селена, позволяет осуществлять электронную и химическую пассивацию поверхности. Электронная пассивация приводит к улучшению характеристик приборов за счет уменьшения плотности поверхностных состояний и снижения скорости поверхностной рекомбинации, а химическая пассивация позволяет замедлить процессы окисления поверхности полупроводника на воздухе.

Закономерности халькогенидной пассивации применительно к процессам изготовления полупроводниковых приборов описаны в целом ряде публикаций [19–25]. Так, в работе [19] пассивация атомами халькогенов впервые была применена для улучшения характеристик GaAg/AlGaAs гетеробиполярного транзистора. В результате обработки образцов в водном растворе сульфида натрия было достигнуто 60-кратное увеличение коэффициента усиления транзистора по току. В ряде работ установлено, что халькогенизация может быть использована для оптимизации характеристик контактов металл–полупроводник. В работе [21] показана возможность улучшения параметров омических контактов к поверхности *n*-GaAs, прошедшей предварительную халькогенизацию в растворе (NH₄)₂S. В работах [22,23] продемонстрировано улучшение параметров GaAs метаморфных HEMT транзисторов за счет обработки барьерного слоя InAlAs в растворе сульфида аммония (NH₄)₂S, выполняемой перед осаждением барьерной металлизации на основе Ti/Pt/Au.

Следует отметить, что до настоящего времени опубликовано чрезвычайно мало работ, посвященных изучению поведения параметров контактов металл–полупроводник, сформированных на халькогенизированной поверхности GaAs, при их термообработке. Актуальность такого рода исследований не вызывает сомнения и обусловлена тем фактом, что в процессе создания полупроводникового прибора или монолитной интегральной схемы контакты металл–полупроводник неоднократно подвергаются термическому воздействию.

Настоящая работа посвящена сравнительному исследованию влияния термической обработки на параметры омических и барьерных контактов, сформированных на халькогенизированной и нехалькогенизированной поверхности *n*-GaAs.

[¶] E-mail: vak@micran.ru

2. Методика эксперимента

В экспериментах с омическими контактами (ОК) использовались ионно-легированные пластины $n-i$ -GaAs (100) с концентрацией электронов в слое толщиной $d = 0.12$ мкм, равной $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Пониженная концентрация носителей заряда была использована для повышения точности измерения приведенного удельного сопротивления омических контактов и, как следствие, точности эксперимента.

На поверхности пластин $n-i$ -GaAs формировалась двухслойная резистивная маска, в которой вскрывались окна в месте будущих контактов. После этого образцы разделялись на две группы. Образцы из первой группы (группа I) подвергались очистке поверхности от органических загрязнений, с последующим травлением в растворе $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}$ (1:10) в течение $t = 3$ мин с последующей промывкой в деионизованной воде. Образцы второй группы (группа II) обрабатывались аналогичным образом, а затем производилась обработка в $(\text{NH}_4)\text{OH}$ и в 20%-ном водном растворе $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ в течение $t = 10$ мин, после чего образцы промывались в деионизованной воде и сушились в потоке азота.

Затем на все образцы методом электронно-лучевого испарения при давлении остаточной атмосферы, равном $p = 2 \cdot 10^{-6}$ Торр, производилось осаждение металлизации омических контактов. Исследовалось три типа многослойной омической металлизации: Ge/Au/Ni с толщинами слоев 50/100/30 нм, Ge/Au/Ti/Au с толщинами слоев 50/100/50/200 нм и Ge/Au/Ni/Ti/Au с толщинами слоев 50/100/40/50/200 нм. Топология контактов формировалась с помощью фотолитографии „на взрыв“. Термическая обработка образцов с омическими контактами проводилась в установке быстрого термического отжига в атмосфере азота в диапазоне температур $T = 300\text{--}420^\circ\text{C}$ в течение $t = 30$ с.

В экспериментах с барьерными контактами (БК) использовались эпитаксиальные структуры $n-n^+$ -GaAs с концентрацией электронов в n - и n^+ -слоях, равной $4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ и 10^{18} см^{-3} соответственно. На тыльной стороне структуры с помощью термического напыления и последующего отжига формировался AuGeNi омический контакт. На лицевой поверхности пластин формировалась двухслойная резистивная маска, в которой вскрывались окна в месте будущих контактов. После этого образцы разделялись на две группы (группа I и II) и подвергались обработке по методике, аналогичной методике, использованной для образцов с ОК. Далее на все образцы методом термического испарения ($p = 2 \cdot 10^{-6}$ Торр) производилось осаждение Ti/Au металлизации барьерного контакта. Толщины слоев Ti и Au составляли 100 и 200 нм. Топология контактов формировалась с помощью фотолитографии „на взрыв“. Термическая обработка образцов производилась в печи в атмосфере очищенного азота в диапазоне температур $T = 300\text{--}380^\circ\text{C}$ в течение $t = 5$ мин.

Исследование образцов с ОК и БК производилось методами оптической и сканирующей электронной микроскопии. Приведенное контактное сопротивление ОК, ρ , определялось с помощью электрических измерений методом линий передач. Погрешность измерения величины ρ составила менее 30%. Электрические параметры исследуемых барьерных контактов, в частности высота барьера Шоттки, ϕ_b , коэффициент идеальности, n , и обратное напряжение при величине тока 100 мкА, U_b , рассчитывались из вольт-амперных характеристик (ВАХ), измеренных при комнатной температуре.

3. Результаты и их обсуждение

3.1. Исследование влияния термообработки на параметры омических контактов, сформированных на халькогенизированной поверхности GaAs

Вольт-амперные характеристики контактов на основе Ge/Au/Ni, измеренные на образцах из I и II группы (без и с халькогенизацией поверхности GaAs соответственно) непосредственно после напыления металлизации ОК, представлены на рис. 1. Видно, что для образцов из обеих групп характерны нелинейные вольт-амперные характеристики, при этом для халькогенизированных образцов величина тока через барьер существенно больше, чем для нехалькогенизированных. Это свидетельствует о том, что на границе раздела Ge–GaAs существует потенциальный барьер, высота которого меньше для образцов из группы II. Расчет показал, что высота барьера ϕ_b в случае нехалькогенизированных образцов составляет 0.62 эВ, а в случае образцов, прошедших обработку в сульфидном растворе, — 0.5 эВ. Высота барьера на халькогенизированной поверхности, равная 0.5 эВ, при-

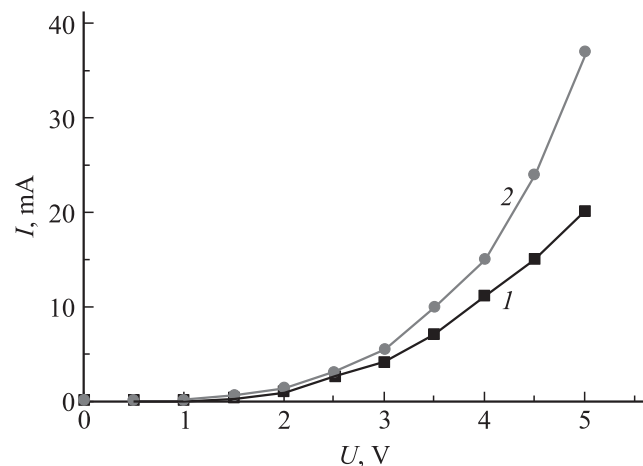


Рис. 1. I — вольт-амперные характеристики контактов Ge/Au/Ni до отжига: без халькогенидной обработки и 2 — с халькогенидной обработкой поверхности $n-i$ -GaAs.

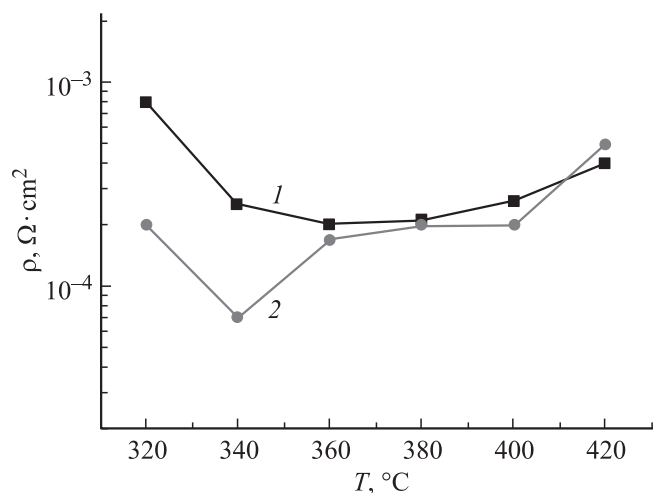


Рис. 2. Зависимость приведенного контактного сопротивления омических контактов Ga/Au/Ni к $n-i$ -GaAs ($n = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$): 1 — без халькогенидной обработки и 2 — с халькогенидной обработкой поверхности — от температуры отжига.

ближена к теоретическому значению величины Ge–GaAs барьера Шоттки при нулевой плотности поверхностных состояний, равному 0.4 эВ [26].

Подобные закономерности поведения ВАХ, а также снижение величины приповерхностного потенциального барьера для халькогенизированных образцов относительно нехалькогенизированных образцов были установлены для омических контактов на основе Ge/Au/Ti/Au и на основе Ge/Au/Ni/Ti/Au.

Наблюдаемое в экспериментах изменение величины ϕ_b , по-видимому, связано с уменьшением плотности поверхностных состояний на границе раздела Ge–GaAs, возникшим вследствие образования связей Ga–S и As–S при халькогенизации, и(или) с более тонким слоем собственного оксида на границе раздела Ge–GaAs, характерным для халькогенизированных образцов.

После термообработки образцов ВАХ омических контактов из обеих групп становятся линейными для всех использованных в экспериментах температур отжига ($T = 300\text{--}420^\circ\text{C}$), что позволило использовать метод линии передач для определения величины приведенного контактного сопротивления. Температурные зависимости приведенного контактного сопротивления омических контактов на основе Ge/Au/Ni, Ge/Au/Ti/Au и Ge/Au/Ni/Ti/Au для образцов из I и II групп приведены на рис. 2–4.

Из рис. 2–4 видно, что все кривые отжига имеют характерный вид кривых с минимумом. При этом для халькогенизированных образцов наблюдаются меньшие минимальные значения приведенного контактного сопротивления ρ_{\min} , чем для образцов, полученных традиционным способом. Уменьшение величины ρ_{\min} , достигнутое в результате халькогенидной обработки, составило для ОК на основе Ge/Au/Ni, Ge/Au/Ti/Au и Ge/Au/Ni/Ti/Au 4,

15 и 2.5 раза соответственно. Минимальное контактное сопротивление $\rho_{\min} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$ получено для ОК на основе Ge/Au/Ti/Au, сформированного к халькогенизированной поверхности GaAs.

Из работы [3] известно, что точка плавления эвтектики AuGe состава 88% Au и 12% Ge составляет 360°C . На экспериментальных кривых рис. 2–4 можно выделить 2 участка — участок твердофазных реакций при $T < 360^\circ\text{C}$ и жидкофазных превращений при $T > 360^\circ\text{C}$. На первом участке с увеличением температуры отжига нарастает взаимодиффузия атомов Ge, Au и Ni с подложкой GaAs. На втором участке при $T > 360^\circ\text{C}$ процесс от-

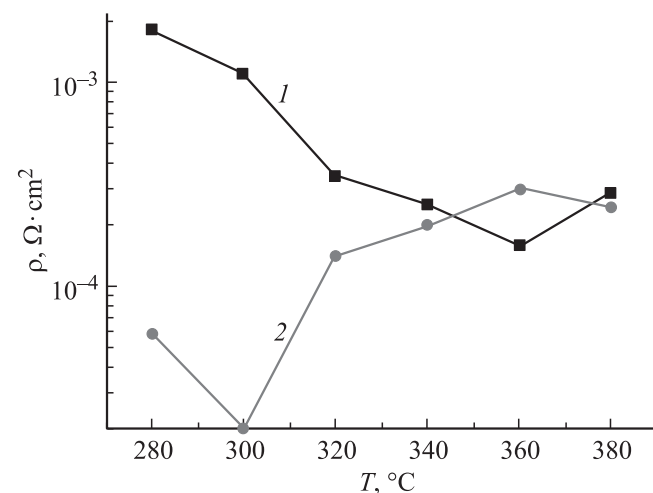


Рис. 3. Зависимость приведенного контактного сопротивления омических контактов Ga/Au/Ti/Au к $n-i$ -GaAs ($n = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$): 1 — без халькогенидной обработки и 2 — с халькогенидной обработкой поверхности — от температуры отжига.

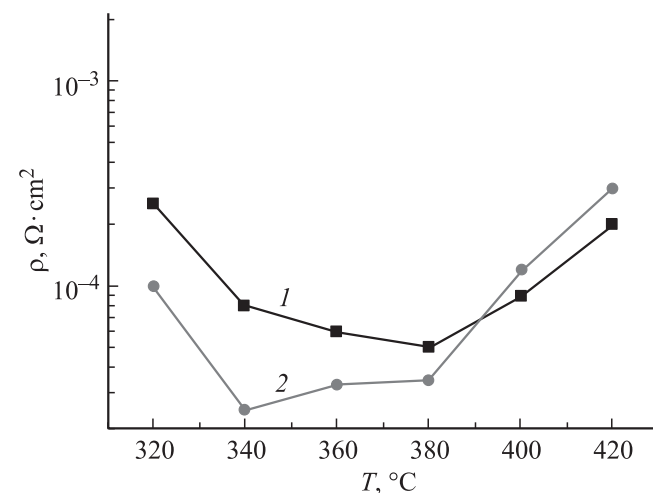


Рис. 4. Зависимость приведенного контактного сопротивления омических контактов Ga/Au/Ni/Ti/Au к $n-i$ -GaAs ($n = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$): 1 — без халькогенидной обработки и 2 — с халькогенидной обработкой поверхности — от температуры отжига.

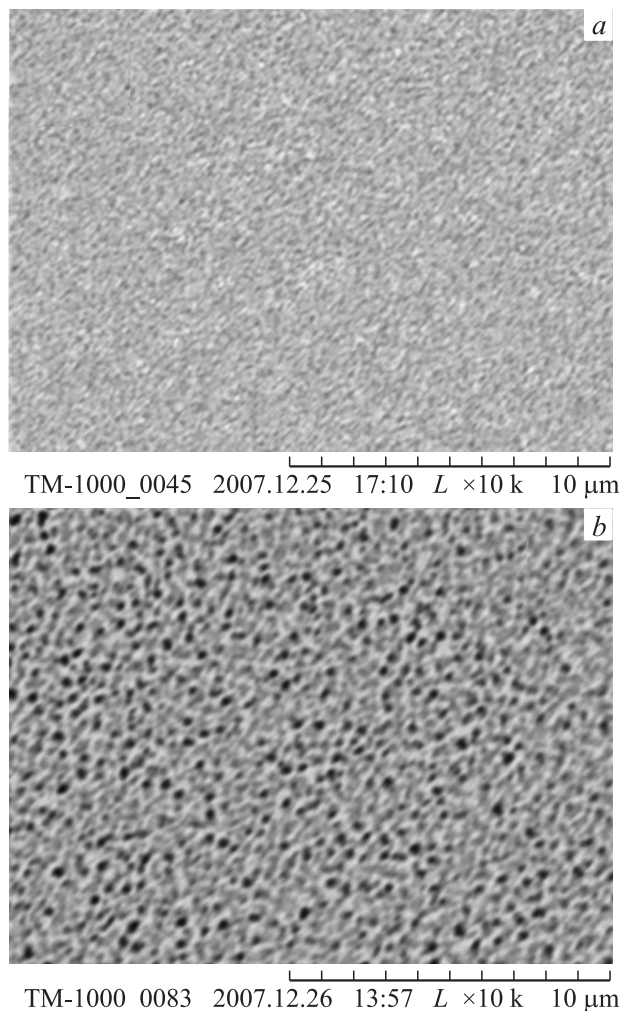


Рис. 5. *a* — электронно-микроскопические изображения поверхности омических контактов Ge/Au/Ni образцов группы I после отжига при температуре $T = 340^\circ\text{C}$ в течение $t = 30$ с; *b* — электронно-микроскопические изображения поверхности омических контактов Ge/Au/Ni образцов группы II после отжига при температуре $T = 380^\circ\text{C}$ в течение $t = 30$ с.

жиги ОК протекает через образование жидкой фазы с ее последующей рекристаллизацией, что сопровождается формированием высокоомных фаз AuGa и низкоомных фаз NiAs [22]. Наличие жидкой фазы косвенным образом подтверждается появлением рельефа на поверхности омических контактов, прошедших термообработку при температуре $T > 360^\circ\text{C}$ (см. рис. 5).

Из данных рис. 2–4 видно, что для образцов группы II на участке твердофазных реакций характерны меньшие значения приведенного контактного сопротивления по сравнению с образцами группы I. Причем оптимальная температура отжига для образцов II группы, соответствующая минимальному значению ρ_{\min} , составляет 340°C для ОК на основе Ge/Au/Ni и Ge/Au/Ni/Ti/Au и 300°C для ОК на основе Ge/Au/Ti/Au. Пониженное значение оптимальной температуры для ОК на основе

Ge/Au/Ti/Au, возможно, связано с отсутствием в составе металлизации слоя никеля.

На участке жидкофазных превращений ($T > 360^\circ\text{C}$) контактные сопротивления образцов из групп I и II становятся сравнимыми и влияние предварительной халькогенизации на величину ρ не наблюдается.

Так как снижение величины приведенного контактного сопротивления ОК, вследствие халькогенидной обработки поверхности $n-i$ -GaAs, наблюдается только на участке твердофазных реакций, то механизмы, объясняющие наблюдаемые эффекты, могут заключаться в следующем. Во-первых, в электрической пассивации поверхности GaAs атомами серы, приводящей к снижению плотности поверхностных состояний, уменьшению потенциального барьера и росту тока термоэлектронной эмиссии [22]. Во-вторых, в химической пассивации поверхности GaAs атомами серы, замедляющей ее окисление при межоперационном хранении образцов и уменьшающей толщину пленки собственного оксида GaAs [22]. И в-третьих, в дополнительном подлегировании приповерхностного слоя GaAs атомами серы, приводящем к росту концентрации носителей, уменьшению толщины потенциального барьера и росту туннельного тока через барьер [19].

3.2. Исследование влияния термообработки на параметры барьерных контактов, сформированных на халькогенизированной поверхности GaAs

Параметры Ti/Au барьерных структур, сформированных на халькогенизированной и нехалькогенизированной поверхностях $n-n^+$ -GaAs, для образцов, отожженных при различных температурах в течение $t = 5$ мин, приведены в таблице.

До отжига коэффициенты идеальности n для образцов из группы I существенно больше, чем для образцов из группы II, и составляют 1.10 и 1.04 соответственно. Отжиг приводит к уменьшению величины n для образцов из обеих групп. Термообработка образцов из первой группы в диапазоне $T = 300\text{--}380^\circ\text{C}$ ведет к

Зависимость параметров барьерных контактов, сформированных на поверхности $n-n^+$ -GaAs без халькогенидной обработки (группа I) и с халькогенидной обработкой (группа II), от температуры отжига

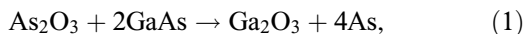
Тип образцов	$T, ^\circ\text{C}$	n	$\phi_b, \text{эВ}$	$U_b, \text{В}$
Группа I	Без отжига	1.10	0.73	5.5
	300	1.05	0.76	4.5
	350	1.07	0.77	4.5
	380	1.04	0.79	4
Группа II	Без отжига	1.04	0.75	4
	300	1.01	0.82	4.5
	350	1.01	0.82	14
	380	1.01	0.82	6.5

монотонному уменьшению величины n вплоть до 1.04 ($T = 380^\circ\text{C}$). При этом для халькогенизированных образцов (группа II) уже при $T = 300^\circ\text{C}$ достигается минимальное значение $n = 1.01$, которое сохраняется при дальнейшем увеличении температуры отжига.

До отжига высоты барьеров Шоттки для образцов из обеих групп имеют близкие значения: 0.73 и 0.75 эВ соответственно. Термообработка образцов из группы I в диапазоне $T = 300\text{--}380^\circ\text{C}$ ведет к монотонному росту величины ϕ_b вплоть до 0.79 эВ ($T = 380^\circ\text{C}$). Отжиг образцов из группы II при $T = 300^\circ\text{C}$ привел к увеличению ϕ_b до величины 0.82 эВ, дальнейший рост температуры отжига ($T = 350$ и 380°C) не изменил эту величину.

До отжига обратные напряжения у образцов из обеих групп имеют близкие значения: 5.5 и 4.5 В соответственно. Термообработка образцов из группы I в температурном диапазоне $T = 300\text{--}380^\circ\text{C}$ приводит к монотонному уменьшению величины обратного напряжения. Другая закономерность характерна для халькогенизированных образцов. По мере нарастания температуры отжига величина U_b сначала растет, достигая максимального значения в 14 В ($T = 350^\circ\text{C}$), а затем уменьшается до 6.5 В ($T = 380^\circ\text{C}$).

Для объяснения наблюдаемых явлений можно привлечь следующий механизм. Хорошо известно [27], что собственный оксид GaAs представляет собой смесь оксидов галлия и мышьяка, причем оксид мышьяка As_2O_3 нестабилен и может участвовать в твердотельной реакции типа:



образуя на поверхности полупроводника элементарный As. Именно с существованием на поверхности элементарного As часто связывают высокую плотность поверхностных состояний и закрепление уровня Ферми [28]. При халькогенизации сложная по составу окисная пленка заменяется халькогенидной пленкой с атомами серы, связанными с атомами Ga и As. Однако сразу после халькогенизации полного открепления уровня Ферми не происходит, так как поверхность GaAs оказывается аморфизированной вследствие присутствия на ней серы в связанном состоянии (As–S и Ga–S) [29]. Если же халькогенизированные образцы подвергнуть термообработке, то по мере повышения температуры отжига количество As–S-связей уменьшается, а количество Ga–S-связей растет. Согласно данным работы [30], после отжига при 350°C остаются лишь связи Ga–S и появляются димеры, которые образуют (2×1) сверхструктуру. Именно этот слой, состоящий из Ga–S-димеров, обеспечивает эффективную пассивацию поверхности GaAs. В результате уровень Ферми может оказаться открепленным, а высота Ti-барьера Шоттки будет стремиться к теоретическому значению. Достигнутое в настоящих экспериментах значение высоты барьера Шоттки для образцов из группы II, равное 0.82 эВ, близко к теоретическому пределу, составляющему 0.83 эВ [26], что

позволяет сделать предположение о том, что приведенный выше механизм может частично отвечать за установленные экспериментальные закономерности.

4. Заключение

Установлено, что приведенное контактное сопротивление омических контактов на основе Ge/Au/Ni, Ge/Au/Ti/Au и Ge/Au/Ni/Ti/Au, сформированных на предварительно халькогенизированной поверхности n -i-GaAs, может быть уменьшено в 2.5–15 раз по сравнению с контактным сопротивлением ОК, созданных на нехалькогенизированной поверхности. Оптимальные температуры термообработки халькогенизированных образцов находятся в диапазоне $300\text{--}340^\circ\text{C}$. Показано, что термообработка структур с барьерами Шоттки, сформированных на халькогенизированной поверхности GaAs, приводит к улучшению комплекса их электрических параметров, а оптимальная температура отжига составляет $T = 350^\circ\text{C}$. Для структур с барьерами Шоттки, сформированными на халькогенизированной поверхности n - n^+ -GaAs, характерна меньшая зависимость электрических параметров барьеров от температуры отжига, чем для образцов с барьерами, сформированными на нехалькогенизированной поверхности.

Авторы благодарны Т.В. Зарецкой, а также коллективу лаборатории № 7 НИИ полупроводниковых приборов за помощь при проведении экспериментальных исследований.

Список литературы

- [1] Ф. Бехштедт, Р. Эндерлайн. *Поверхности и границы раздела полупроводников* (М., Мир, 1990).
- [2] С. Зи. *Физика полупроводников* (М., Мир, 1984).
- [3] М. Шур. *Современные приборы на основе арсенида галлия* (М., Мир, 1991).
- [4] J. Matukas, S. Meskinis, S. Smetona. *Proc. Int. Conf. Noise in Physical Systems and 1/f Fluctuations*, ed. by C. Surya (Hong Kong, The Hong Kong Polytechnic University, 1999) p. 263.
- [5] В.Н. Бессолов, М.В. Лебедев. *ФТП*, **32**, 11 (1998).
- [6] С. Ковалева, В.М. Калужный, В.А. Цендровский, Е.М. Сажина. *Сб. тр. 6 Всес. совещ. по исследованию арсенида галлия* (Томск, 1987) т. 2.
- [7] Г.М. Мокроусов. *Перестройки твердых тел на границах раздела фаз* (Томск, Из-во Том. ун-та, 1987).
- [8] З.Ю. Готра. *Технология микроэлектронных устройств: Справочник* (М., Радио и связь, 1991).
- [9] В.В. Немошкленко, В.Г. Алешин, Е.М. Семашко, А.И. Сенкевич. *Поверхность*, № 2, 42 (1985).
- [10] В.И. Белый, Е.П. Смирнова. *Материалы электрон. техники* (Новосибирск), **2**, 3 (1983).
- [11] Hsien-Chin Chiu, Yuan-Chang Huang, Liann-Be Chang, Feng-Tso Chien. *Semicond. Sci. Technol.*, **23**, 3 (2008).
- [12] Yu-Shyan Lin, Shih-Kai Liang, You-Song Lin. *J. Electrochem. Soc.*, **156**, 6 (2009).

- [13] Hsien-Chin Chiu. Elecrtion. Dev., IEEE Transactions, **55**, 3 (2008).
- [14] Po-Hsien Lai, Ssu-I Fu, Yan-Ying Tsai, Ching-Wen Hung, Chih-Hung Yen, Hung-Ming Chuang. J. Electrochem. Soc., **153**, 35 (2006).
- [15] Hsien-Chin Chiu, Yuan-Chang Huang, Liann-Be Chang, Feng-Tso Chien. Semicond. Sci. Technol., **23**, 3 (2008).
- [16] Hsien-Chin Chiu, Yuan-Chang Ueang, Chung-Wen Chen. IEEE Trans. Electron. Dev., **55**, 3 (2008).
- [17] Hsien-Chin Chiu, Liann-Be Chang, Yuan-Chang Huang, Chung-Wen Chen, Yu-Jen Li. Electrochem. Solid-State Lett., **9**, 10 (2006).
- [18] P.H. Lai, C.W. Chen, C.I. Kao, S.I. Fu, Y.Y. Tsai, C.W. Hung, C.H. Yen, H.M. Chuang, S.Y. Cheng. IEEE Trans. Electron. Dev., **53**, 1 (2006).
- [19] C.J. Candrof, R.N. Nottenburg, J.-C. Bischo, R. Bhat. Appl. Phys. Lett., **51**, 33 (1987).
- [20] R.N. Nottenburg, C.J. Sandro, D.A. Humphrey, T.H. Hollenbeck, R. Bhat. Appl. Phys. Lett., **51**, 33 (1987).
- [21] V. Fischer, T.J. Kim, P.H. Holloway. J. Vac. Sci. Technol., **12**, 3 (1994).
- [22] Philbert Francis Marsh, Colin S. Whelan. Pat. USA 6924218, 2 Aug. 2005.
- [23] Hsien-Chin Chiu, Liann-Be Chang, Yuan-Chang Huang, Chung-Wen Chen, Wei-Hsien Lee. Pat. USA 7713802, 11 May 2010.
- [24] Hung-Cheng Lin, Sidat Senanayake, Keh-Yung Cheng. IEEE Trans., ED-**50**, 4 (2003).
- [25] Е.Ф. Венгер. ФТП, **39** (2), 244 (1995).
- [26] G. Myburg, F.D. Aurret, W.E. Meyer. Thin Sol. Films, **325**, 86 (1998).
- [27] В.Н. Бессолов, А.Ф. Иванков, М.В. Лебедев. ФТП, **38**, 2 (1996).
- [28] M.S. Carpenter, M.R. Melloch, T.E. Dungan. Appl. Phys. Lett., **53**, 1 (1988).
- [29] Б.И. Бедный, Е.А. Ускова. Поверхность, № 6, 319 (1994).
- [30] X. Wang, W.H. Weinberg. J. Appl. Phys., **75**, 5 (2006).

Редактор Л.В. Беляков

Influence of annealing on the metal-semiconductor contacts deposited on the sulfur-treated *n*-GaAs surface

*E.V. Erofeev, V.A. Kagadei**

Research & Production Company „Micran“,
634045 Tomsk, Russia

* Submicron technologies Ltd.,
634055 Tomsk, Russia

Abstract Influence of thermal annealing on Ge/Au/Ni, Ge/Au/Ti/Au, Ge/Au/Ni/Ti/Au-based Ohmic and Ti/Au-based Shottky contacts deposited on *n*-GaAs (100) sulfur-treated surface was investigated. There has been shown that Ohmic contacts deposited on the sulfur-treated surface have lower contact resistance by 2.5–15 times and Shottky contacts have lower ideality factor, higher barrier height and breakdown voltage. The optimal annealing conditions were found.