

ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ К ГЕТЕРОСТРУКТУРАМ GaAs/AlGaAs

М. В. Степушкин¹

¹ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН

E-mail: СОКРОВАЕНЕУ@yandex.ru

Изготовление омических контактов к селективно легированным гетероструктурам на основе GaAs/AlGaAs обладает рядом особенностей по сравнению с контактами к объемным полупроводникам [1]. Эти особенности необходимо учитывать на всех этапах изготовления прибора: разработка шаблонов для литографии, предварительная обработка пластины, выбор состава металлизации контактов, их нанесение, режимы вжигания. В первую очередь это обусловлено тем, что проводящей областью является не весь кристалл, а лишь тонкий слой, отделенный от поверхности толстым, зачастую нелегированным, слоем полупроводника, и обладающий значительным сопротивлением. Проводящий же слой характеризуется низкой концентрацией примесей, что обеспечивает высокую подвижность носителей заряда, однако внесение дефектов (ионы примесей или дефекты кристаллической решетки) существенно ее снижают. Второй причиной является то, что подобные структуры часто используются в исследовательских целях, что предполагает применение не до конца отработанных методов изготовления.

В настоящей работе применялись гетероструктуры GaAs/AlGaAs с двумерным электронным газом, расположенным на расстоянии 40 или 135 нм от поверхности. Слой полупроводника между поверхностью и проводящим слоем не был легирован за исключением двух δ -слоев, необходимых для обеспечения достаточного количества свободных электронов в канале. Такие структуры предназначены для лабораторных исследований квантовых эффектов, то есть обладают высокой подвижностью электронов при относительно низкой концентрации.

Традиционно омические контакты как к гетероструктурам, так и к объемному GaAs изготавливают сплавлением индия, либо напылением металлизации Ni/Ge/Au или Pd/Ge/Au с последующим вжиганием. Из этих вариантов в наших экспериментах была применена металлизация Ni/Ge/Au. В отличие от объемного GaAs, в случае гетероструктур необходимо тщательно выбирать режим температурной обработки [2], чтобы фронт диффузии легирующей примеси проник на достаточную глубину, но не внес существенного количества дефектов непосредственно в проводящий слой. При напылении необходимо точное совмещение слоев металлизации; латеральное смещение даже в 100 нм (при толщинах слоев от 25 до 100 нм) приводит к появлению нелинейности вольт-амперной характеристики. Причиной возникновения такого смещения может являться использование фоторезиста с обратным клином при отсутствии системы позиционирования образца или испарительных ячеек.

При экспериментах с изменением толщины фоторезиста существует вероятность недостаточной очистки остатков фоторезиста в окнах. Для оперативного

исправления такого дефекта может быть применена обработка водородом, попадающим на нить накала, разогретую до белого свечения.

Перед помещением в напылительную установку с образца удаляется оксидная пленка, для чего его промывают в растворе соляной кислоты. Несмотря на нерастворимость самого GaAs, время травления не должно быть слишком большим (достаточно нескольких секунд в растворе 1:2), в противном случае возможно ухудшение характеристик контактов.

Важным фактором при проектировании топологии образца является кристаллографическая ориентация. Часто упоминается анизотропия проводимости полупроводников $A^{III}B^V$ по различным направлениям [3]. В работе [4] наблюдалась даже аномальная зависимость сопротивления от расстояния между контактами. В наших экспериментах также наблюдалось увеличение сопротивления при уменьшении расстояния между контактами при снижении температуры. Наиболее вероятной причиной этого эффекта является пьезоэлектрический эффект [5, 6], вызванный охлаждением материалов с различными коэффициентами теплового расширения. Другим источником механического напряжения, необходимого для возникновения пьезоэффекта, может являться химическое взаимодействие остаточного водорода с подслоем титана, входящим в металлизацию затвора [7].

Библиографический список

1. С.П. Курочка, М.В. Степушкин, В.И. Борисов Особенности создания омических контактов к гетероструктурам GaAs/AlGaAs с двумерным электронным газом // Известия вузов. Материалы электронной техники. 2016. Т. 19, № 4 с. 244 — 250
2. E. J. Koop, M. J. Iqbal, F. Limbach. The annealing mechanism of AuGe/Ni/Au ohmic contacts to a two-dimensional electron gas in GaAs/Al_xGa_{1-x}As heterostructures // Semicond. Sci. Technol. 28 (2013) 025006
3. M. Kamada, T. Suzuki, F. Nakamura, Y. Mori, M. Arai Investigation of orientation effect on contact resistance in selectively doped AlGaAs/GaAs heterostructures // Applied Physics Letters 49, 1263 (1986).
4. Oktay Göktas, Jochen Weber, Jürgen Weis, Klaus von Klitzing. Alloyed ohmic contacts to two-dimensional electron system in AlGaAs/GaAs heterostructures down to submicron length scale // Physica E 40 (2008) 1579–1581
5. М.В. Степушкин, С.П. Курочка Аномальная зависимость сопротивления НЕМТ-подобной структуры от расстояния между контактами // Сборник трудов XIII Всероссийской конференции молодых ученых (2018), Саратов, с. 304 — 305
6. М.В. Степушкин Влияние пьезоэффекта на проводимость низкоразмерной структуры // Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2019»
7. S. D. Mertens, J. A. del Alamo A Model for Hydrogen-Induced Piezoelectric Effect in InP HEMTs and GaAs PHEMTs // IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 49, NO. 11 (2002) 1849 — 1855