

10. Урецкая, О.В. Получение и свойства люминофорных покрытий на основе наноструктурированного иттрий-алюминиевого граната и легкоплавкого стекла / О.В. Урецкая, Н.Е. Дробышевская, Е.Н. Подденежный, Т.Н. Савкова, А.И. Кравченко // Тонкие химические технологии, – 2015, –Т.10, №3. – С.85–90.
11. Давыдова, О.В. Получение и спектрально-люминесцентные характеристики композиционных материалов на основе YAG:Ce для светодиодных преобразователей / О.В. Давыдова [и др.] // Вестник Гомельского гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого. – Гомель. – 2016. –№3(66), – С.24–31.

ВЛИЯНИЕ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКИ ПЛЕНКИ МЕТАЛЛА НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕТЕРОСТРУКТУР Ni/n⁺-GaAs

Е. В. Телеш

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П. Бровки, 6, 220013 Минск, Беларусь, e-mail: etelesh@bsuir.by*

Проведено исследование влияния энергии и тока ионов аргона при бомбардировке растущей пленки никеля на электрофизические характеристики гетероструктур Ni/n⁺-GaAs. Перед нанесением металла осуществлялась ионная очистка поверхности арсенида галлия в течение 10 минут. При токе ионов свыше 45 мкА и ускоряющем напряжении 1,4 кВ происходило некоторое увеличение высоты барьера, что может быть связано с увеличением степени аморфизации приповерхностной области арсенида галлия. Установлено, что высота барьера монотонно росла от 0,372 до 0,399 эВ при увеличении ускоряющего напряжения с 1,4 до 3,0 кВ, что можно объяснить аморфизацией приповерхностного слоя полупроводника на большую глубину. Высокие значения коэффициента идеальности обусловлены наличием глубоких состояний, вызванных туннелированием электронов и рекомбинационными механизмами.

Ключевые слова: гетероструктуры Ni/GaAs; ионная бомбардировка; энергия ионов; электрофизические характеристики; аморфизация.

EFFECT OF ION BOMBARDMENT OF A METAL FILM ON THE ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF Ni/n⁺-GaAs HETEROSTRUCTURES

E. V. Telesh

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, P. Brovki st. 6, 220013, Minsk, Belarus
Corresponding author: E.V. Telesh (etelesh@bsuir.by)*

The effect of the energy and current of argon ions upon bombardment of a growing nickel film on the electrical characteristics of Ni/n⁺-GaAs heterostructures has been studied. Before metal deposition, ion cleaning of the gallium arsenide surface was carried out for 10 minutes. At an ion current of more than 45 μA and an accelerating voltage of 1.4 kV, there was a slight increase in the barrier height, which may be due to an increase in the degree of amorphization of the near-surface region of gallium arsenide. It was found

that the barrier height increased monotonically from 0.372 to 0.399 eV with an increase in the accelerating voltage from 1.4 to 3.0 kV, which can be explained by amorphization of the near-surface layer of the semiconductor to a greater depth. The high values of the ideality coefficient are due to the presence of deep states caused by electron tunneling and recombination mechanism.

Key words: Ni/GaAs heterostructures; ion bombardment; ion energy; electrophysical characteristics; amorphization.

ВВЕДЕНИЕ

Метод нанесения материала контакта с барьером Шоттки сильно влияет на характеристики получаемых контактов. Это объясняется тем, что закрепление уровня Ферми на поверхности полупроводника зависит от плотности поверхностных состояний, которая определяется условиями конденсации первых монослоев металла. Свойства гетероструктур металл-арсенид галлия сильно зависят от условий формирования пленки металла, прежде всего от энергии конденсирующихся атомов металла. Введение дополнительной энергии в зону конденсации за счет ионной бомбардировки растущей металлической пленки может существенно изменить параметры гетероструктуры. При воздействии потока ионов на растущую пленку могут иметь место такие процессы, как повышение энергии адатомов, увеличение интенсивности десорбции, активация поверхности полупроводника, распыление инородных включений, внедрение ионов в пленку и подложку, повышение химической активности атомов материала пленки, образование дефектов и электрически заряженных центров в полупроводнике, ионно-стимулированная диффузия атомов металла в арсенид галлия. Вышеуказанные процессы способствуют увеличению адгезии пленки металла к арсениду галлия, снижению уровня загрязнения в пленке и уменьшению удельного сопротивления последней, увеличению плотности покрытия [1]. Ранее автором было показано, что ионная бомбардировка привела к повышению воспроизводимости высоты барьера ϕ_b [2] и уменьшению толщины переходного слоя между металлом и GaAs [3]. Задачей настоящих исследований является изучения влияния ионной бомбардировки на высоту барьера ϕ_b и коэффициент идеальности n гетероструктур Ni/n⁺-GaAs.

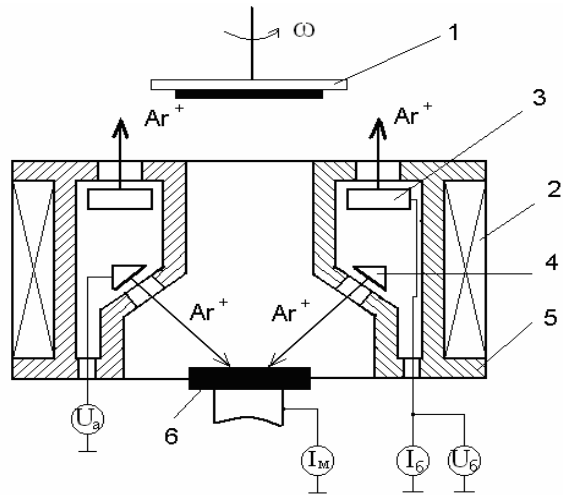
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Формирование гетероструктур Ni/n⁺-GaAs осуществляли на модернизированной установке вакуумного напыления УРМ 3.279.017. Вакуумный объем откачивался диффузионным насосом, что обеспечило получение остаточного вакуума $2,5 \cdot 10^{-3}$ Па. Ионный источник был смонтирован в подколпачном объеме вакуумной установки. Он позволял формировать два независимых пучка ионов: из верхней ступени в виде полого цилиндра и конусообразный из нижней ступени (рис. 1). Первый пучок предназначен для ионных очистки и бомбардировки, второй – для распыления мишени. В качестве рабочего газа использовался аргон газообразный, чистый марки «А», ГОСТ 10157-73. В качестве материала мишени использовался никель марки НПА1 ГОСТ 492-200.

Для исследования использовались эпитаксиальные структуры арсенида галлия, выращенные на высоколегированной подложке n-n⁺ типа АГЭ ЕТО.035.026 ТУ. Толщина активного слоя составляла 0,3–0,5 мкм, а концентрация электронов – $(4-8) \cdot 10^{16}$ см⁻³, подвижность – 4500 В·см²·с. Концентрация носителей в подложке составляла около 10^{18} см⁻³. Омические контакты к n⁺-подложке формировали на основе

сплава Ag-Sn (90:10). Конфигурацию контактов из никеля получали с использованием съемной металлической маски. Площадь контактов составляла $\sim 9,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$. Перед напылением металла осуществлялась химическая очистка поверхности арсенида галлия, которая включала химическое травление поверхности полупроводника в серно-перекисном растворе в течение 15–20 с с последующей промывкой в дистиллированной воде и сушкой на центрифуге.

Были сформированы гетероструктуры Ni/n-n⁺-GaAs при нанесении пленки никеля с применением чередующегося ионного покрытия, т.е. пленка металла наносилась на движущуюся подложку и подвергалась бомбардировке ионами аргона в течение 5 минут, после чего нанесение никеля проходило на неподвижную подложку в течение 3 минут. Перед нанесением металла осуществлялась ионная очистка поверхности арсенида галлия в течение 10 минут. Ускоряющее напряжение при очистке составляло 1,25 кВ, ток – 40 мкА.



1 – подложкодержатель; 2 – соленоид;
3 – анод верхней ступени; 4 – анод нижней ступени;
5 – магнитопровод; 6 – мишень из никеля

Рисунок 1. Схема проведения экспериментов по нанесению пленки никеля

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 2, а представлены зависимости $\phi_{\text{в}}$ и n от величины тока при ионной бомбардировке. Ускоряющее напряжение при этом составляло 1,4 кВ. Ионная бомбардировка приводит к разупорядочению кристаллической структуры приповерхностного слоя GaAs, внедрению ионов аргона, нарушению стехиометрии состава полупроводника в сторону обеднения мышьяком. Вакансии мышьяка действуют как доноры, что приводит к увеличению концентрации электронов, снижению времени их жизни и подвижности. Токотенос в контакте осуществляется посредством туннелирования электронов через сниженный в результате вышеуказанных процессов потенциальный барьер. При токе ионов свыше 45 мкА происходило некоторое увеличение высоты барьера, что может быть связано с увеличением степени аморфизации приповерхностной области арсенида галлия.

На рисунке 2, б представлена зависимость $\phi_{\text{в}}$ и n от величины ускоряющего напряжения при бомбардировке. Ток бомбардирующего пучка при этом составлял 30 мкА.

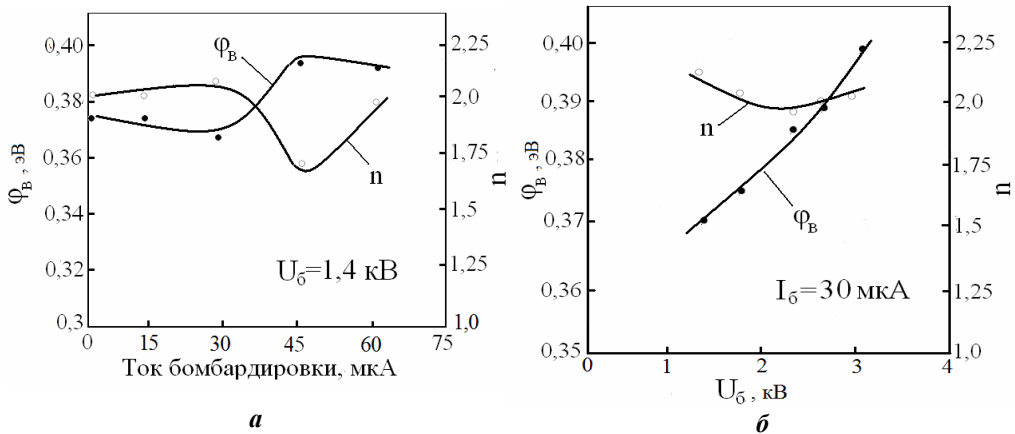


Рисунок 2. Зависимости характеристик гетероструктур Ni/n-n⁺-GaAs от тока ионов (а) и напряжения на аноде (б) при ионной бомбардировке растущей пленки никеля

Установлено, что высота барьера монотонно росла от 0,372 до 0,399 эВ при увеличении ускоряющего напряжения (энергии ионов) с 1,4 до 3,0 кВ. Это также можно объяснить аморфизацией приповерхностного слоя полупроводника на большую глубину. В тоже время коэффициент идеальности практически не изменялся. Высокие значения n обусловлены наличием глубоких состояний, вызванных туннелированием электронов и рекомбинационными механизмами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенные исследования показали, что энергия ионов аргона, бомбардирующих растущую пленку никеля, оказывает значительное влияние на высоту потенциального барьера гетероструктур Ni/n-n⁺-GaAs. Ионная очистка поверхности полупроводника и бомбардировка пленки металла вызывают генерацию дефектов в приповерхностном слое GaAs, что приводит к снижению Φ_B и росту коэффициента идеальности. Для получения приемлемых электрофизических параметров гетероструктур необходима их последующая термообработка при 723–773 К.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Marinov, M. Effect of ion bombardment on the initial stages of thin film growth/ M. Marinov//Thin Solid Films. – 1977. – V.46. – No 3. – P. 267 – 274.
2. Телеш, Е.В. Ионно-лучевой синтез контактов металл-GaAs с повышенной воспроизводимостью/ Е.В. Телеш // Электроника-инфо. – 2012. – №3 (93). – С. 30–32.
3. Телеш, Е.В. Исследование влияния ионной бомбардировки на толщину переходного слоя контакта Ni/n-GaAs/ Е.В. Телеш // Взаимодействие излучений с твердым телом: ВИТТ-95: Тез. конф. (16 – 19 окт. 1995 г.) / Редкол.: В.М. Анищик (отв. ред.) и др. – Минск, 1995.– С. 96.