

## Фотоэлектроника

УДК: 537.311.322

### Фоточувствительные МДП-структуры со сверхтонким плазменным окислом на InAs

В.Г. Кеслер, А.А. Гузев, А.П. Ковчавцев, Г.Л. Курьшев, А.В. Царенко, З.В. Панова

*Приведены результаты исследований по пассивации поверхности InAs сверхтонкими окисными плёнками (~3 нм) в плазме тлеющего разряда. Впервые для МДП-структур на основе InAs при температуре жидкого азота наблюдались безгистерезисные зависимости ёмкости от смещения в широком диапазоне полей от  $-7 \cdot 10^6$  до  $+5 \cdot 10^6$  В/см. МДП-структуры обладают ИК-фоточувствительностью в токовом режиме. Оценочная величина обнаружительной способности при азотной температуре составляет не хуже  $10^{12}$  см $\cdot$ Гц $^{1/2} \cdot$ Вт $^{-1}$ . Обсуждается возможность защиты поверхности структур плёнками Al $_2$ O $_3$ .*

PACS: 73.40.Qv, 81.65.Mq, 81.65.Rv

Ключевые слова: арсенид индия, тонкие пленки, плазма тлеющего разряда, диэлектрические пленки, окисление

#### Введение

Гибридные инфракрасные (ИК) фотоприёмные устройства (ФПУ) на основе InAs МДП-структур сочетают достоинства фотоприёмников на узкозонном материале с высоким качеством кремниевых устройств считывания и являются наиболее перспективными для диапазона 2,9–3,5 мкм [1]. К настоящему времени на основе разработанной технологии реализованы действующие устройства, а именно, медицинский матричный тепловизор, тепловизионный микроскоп и инфракрасный спектрометр [1, 2], работающие при азотных температурах.

Для возможности использования термоэлектрического охлаждения необходимо повышение рабочей температуры до 150 К и выше. Основным препятствием для этого являются гистерезисные явления (изменение заряда в диэлектрике под действием электрического поля), приводящие к нестабильности рабочих напряжений прибора. Дру-

гой проблемой является наличие значительного встроенного заряда в диэлектрике, приводящее к высоким рабочим напряжениям (10–12 В) изготавливаемых устройств. Указанные проблемы в основном связаны с качеством собственных оксидов InAs и границы раздела с подложкой. Дальнейшее повышение параметров ИК ФПУ возможно посредством разработки эффективных методов пассивации поверхности InAs.

Анализ известных методов пассивации [3–5] поверхности InAs показывает, что наиболее приемлимые электрофизические параметры МДП-структур могут быть получены методом анодного окисления в жидких электролитах. При введении в электролит ионов фтора удаётся уменьшить пороговые напряжения и снизить плотность поверхностных состояний до величин  $(2-5) \cdot 10^{10}$  см $^{-2}$  эВ $^{-1}$  [2], однако при этом не устраняются гистерезисные явления в электрических полях.

Поскольку гистерезисные явления связаны с миграцией и захватом зарядов на ловушки, локализованные в слое собственного окисла, представляется целесообразным максимально снизить толщину пассивирующего собственного окисла с сохранением качества границы раздела и обеспечить защиту границы раздела от внешней среды.

В настоящей работе проводится изучение возможности пассивации поверхности InAs сверхтонкими (3–10 нм) собственными окисными плёнками, формируемыми в кислородной плазме тлеющего разряда, и представлены результаты исследований, связанных с разработкой техно-

Кеслер Валерий Геннадьевич, ст. научн. сотр.

Гузев Александр Александрович, вед. научн. сотр.

Ковчавцев Анатолий Петрович, вед. научн. сотр.

Курьшев Георгий Леонидович, зав. лабораторией.

Царенко Алексей Викторович, вед. инженер

Панова Зоя Васильевна, вед. инженер

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН.

Россия, 630090, г. Новосибирск, пр-т. Лаврентьева, 13

Тел.: (383) 333-35-04. E-mail: kesler@isp.nsc.ru

Статья поступила в редакцию 15 января 2013 г.

© Кеслер В.Г., Гузев А.А., Ковчавцев А.П., Курьшев Г.Л., Царенко А.В., Панова З.В. 2013

логического процесса осаждения защитного диэлектрика  $Al_2O_3$ . Предлагаемый метод не требует дорогостоящего оборудования для генерации плазмы и может быть совместим с современными вакуумными технологиями формирования микро- и наноструктур. Поскольку технологический процесс может быть реализован при комнатной температуре в вакуумной камере с использованием газов-окислителей высокой степени очистки, он обладает преимуществом над методами термического и жидкостного анодного окисления, так как позволяет исключить побочные эффекты, связанные с термическим разрушением стехиометрии поверхности полупроводника и исключает возможность легирования растущей окисной плёнки возможными примесями из электролита.

### Экспериментальная часть

#### *Предварительная подготовка образцов*

Химическая обработка поверхности образцов InAs (111)А выполнялась с использованием методик [6, 7]. Перед загрузкой в вакуумную камеру образцы обезжиривались путём кипячения в толуоле в течение 10 минут и, в последующем, обрабатывались в насыщенном соляной кислотой изопропиловом спирте (НСІ-ИПС) в течение 5–30 минут. Окончательная очистка осуществлялась отжигом в сверхвысоковакуумной камере в диапазоне температур 300–350 °С в течение 30–60 минут. При более высоких температурах отжига начинается нарушение стехиометрии поверхности из-за преимущественного испарения мышьяка и значительно уменьшается эффективное время жизни неравновесных носителей заряда [7].

#### **Процедура окисления в плазме**

Процесс окисления проводился в одном из высоковакуумных модулей установки Surface Science Center (SSC) фирмы RIBER (Франция), что позволяло контролировать химический состав приповерхностной области образца после каждого цикла плазменной обработки без выноса на атмосферу. Тлеющий разряд на постоянном токе зажигали в высоковакуумной камере, оборудованной безмасляной системой откачки и системой напуска газов. Образцы размещались на молибденовом держателе, состоящем в электрическом контакте с корпусом камеры, которая находилась под положительным электрическим потенциалом относительно алюминиевого катода. Тлеющий разряд не ограничивался стенками вакуумной камеры (горел в свободном пространстве камеры). Использовался кислород высокой степени очистки, а именно, Oxugen N45 фирмы ALPHAGAZ с оптимальным давлением в камере 0,15 Торр. Ис-

следованы два режима:

- 1) «анодирование», когда образец размещён на аноде и помещён в плазму тлеющего разряда;
- 2) «окисидирование», когда образец имеет потенциал анода, но удалён из области тлеющего разряда.

#### *Анализ химического состава и структуры окисных плёнок*

Исследования химического состава, структуры и толщины окисных плёнок на различных этапах окисления выполнялись методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) *in situ*. Для оценки толщины собственной окисной плёнки InAs использован подход, основанный на измерении отношения интегральных интенсивностей фотоэлектронных пиков от окисной плёнки и подложки. Изменение стехиометрии приповерхностной области подложки в процессе роста плёнок оценивалось на основе анализа интенсивностей компонент пиков индия и мышьяка, связанных с подложкой. Метод и процедура количественного анализа детально изложены в работе [4].

#### *Анодирование в кислородной плазме*

Проведение исследований анодного окисления арсенида индия в кислородной плазме нормального тлеющего разряда [3, 5], показало, что в вольт-статическом режиме анодирования при напряжении разряда 500 В и давлении кислорода 0,15 Торр на поверхности InAs формируются двухслойные окисные плёнки. Нижний слой толщиной 3,5 нм, состоящий из окислов мышьяка и индия, формируется в первые минуты окисления, и, в дальнейшем, его химический состав и толщина практически не изменяются. Верхний слой –  $Al_2O_3$  – является барьером для диффузии кислорода, и его толщина растёт линейно со временем обработки в плазме тлеющего разряда со скоростью 0,03 нм/мин. Граница раздела «плазменный окисел–InAs» характеризуется низкой плотностью поверхностных состояний, а именно, менее  $4 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2} \text{ эВ}^{-1}$ . Однако при этом наблюдаются гистерезис и сдвиг порога вольт-фарадной характеристики (ВФХ), сопоставимые по величине со структурами, получаемыми методом анодного окисления в жидких электролитах. Кроме того, было установлено, что величина минимальной высокочастотной ёмкости МДП-структур существенно превышает теоретические значения. Можно предположить, что такое ухудшение электрофизических параметров связано с образованием дефектов в приповерхностной области при бомбардировке поверхности InAs ускоренными ионами плазмы.

Для проверки данного предположения в режиме анодирования формировались плёнки в

диапазоне напряжений на разрядном промежутке, конкретно, от тёмного таунсендовского разряда с напряжением 320 В (напряжение зажигания разряда) до аномального с напряжением разряда 800 В (появление искрения на катоде). Установлено, что увеличение напряжения на разрядном промежутке в исследованном диапазоне напряжений приводит к следующим явлениям:

- увеличению скорости роста общей толщины окисной плёнки;
- уменьшению эффективного времени жизни носителей заряда в приповерхностной области InAs от 1.6 мкс до 1.0 мкс;
- увеличению средней шероховатости поверхности с 0,5 нм до 5,3 нм ;
- уменьшению отношения интенсивностей фотоэлектронных пиков As 3d / In 4d с 0,74 до 0,68, что свидетельствует об изменении стехиометрии окисной плёнки и приповерхностной области полупроводника [4];
- уменьшению глубины модуляции ёмкости ВФХ (рис. 1). Максимальная модуляция ёмкости наблюдается для структур, сформированных при напряжении 320 В. При этом концентрации легирующей примеси, рассчитанные по ВФХ, составляют от  $4,5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$  до  $6,9 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ , что существенно превышает концентрацию носителей заряда в исходных образцах ( $n = 3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ ).

Обнаруженные корреляции с величиной напряжения на разрядном промежутке позволяют утверждать, что наблюдаемые эффекты связаны с бомбардировкой поверхности ускоренными ионами плазмы. Таким образом, для улучшения электрофизических параметров МДП-структур необходимо исключить или значительно ослабить возможность бомбардировки поверхности образцов ускоренными ионами плазмы.

#### Оксидирование в кислородной плазме

Образцы размещались позади сплошного анода из молибдена и находились в эквипотенциальных условиях с ним. Плазма вблизи образца не

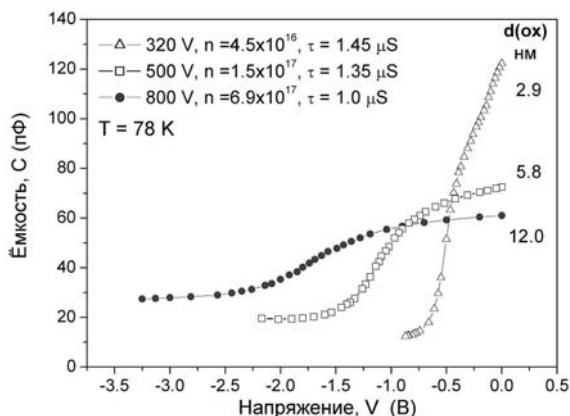


Рис. 1. ВФХ МДП-структур, сформированных при различных напряжениях на разрядном промежутке.

горела, что должно значительно ослабить эффект бомбардировки поверхности образца. Скорость роста плёнки значительно уменьшалась с увеличением времени окисления, и наблюдались два участка с характерными зависимостями:

- 1)  $d[\text{нм}] \sim 0,29 \cdot \ln(t)$  при  $t < 120$  минут,
- 2)  $d[\text{нм}] \sim 0,80 \cdot \ln(t)$  при  $t > 120$  минут,

что свидетельствует об изменении доминирующего механизма окисления при достижении толщины окисной плёнки  $\sim 2,5$  нм. Кинетика роста плёнки на первом участке окисления близка к установленной нами при исследованиях окисления InAs в режиме тёмного разряда [4]. Как и в случае режима тёмного разряда, отношение интегральных интенсивностей пиков As 3d и In 4d, связанных с плёнкой и подложкой, практически не зависело от продолжительности обработки в плазме и монотонное изменение стехиометрического состава окисной плёнки наблюдалось преимущественно в её верхней части. При этом не наблюдалось значительного нарушения исходного рельефа поверхности образцов в отличие от режима анодирования с прямой бомбардировкой поверхности ионами плазмы [3], и после завершения процесса окисления на поверхности наблюдалась система атомных ступеней. Средняя шероховатость поверхности после окисления увеличилась до  $\sim 1,3$  нм при исходной  $\sim 1$  нм.

#### Электрофизические свойства

Электрофизические свойства получаемых окисных слоев и их интерфейсов с InAs исследовались путем измерения вольт-амперных характеристик (ВАХ) и малосигнального адмиттанса (C-V, G-V) МДП-структур с золотыми электродами диаметром 100–800 мкм. Исходные образцы представляли собой эпитаксиальные слои InAs n-типа проводимости толщиной 8–12 мкм с концентрацией электронов  $(1,5\text{--}4,5) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ , выращенные на сильно легированных подложках InAs  $n^{++} \sim 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  с ориентацией (111)A. Адмиттанс исследовался в диапазоне частот  $f = 300$  Гц – 1 МГц и температур 78 – 200 К. Типичные зависимости  $C(V_g)$ ,  $G/\omega(V_g)$  приведены на рис. 2. При  $T = 78$  К в диапазоне 1 кГц – 1 МГц отсутствует частотная дисперсия  $C(V_g)$ , C-V имеет высокочастотный вид с глубокой модуляцией ёмкости. Величина ёмкости в инверсии составляет 3,5 пФ, что соответствует концентрации легирующей примеси в исходном образце. Напряжение плоских зон ( $V_{FB}$ ) в МДП-структурах на пластине находится в диапазоне 0,15–0,2 В. Требование малой величины тестирующего переменного сигнала при измерении адмиттанса МДП-структур со сверхтонким диэлектриком из-за высокой крутизны ВФХ и низкая плотность поверхностных состояний

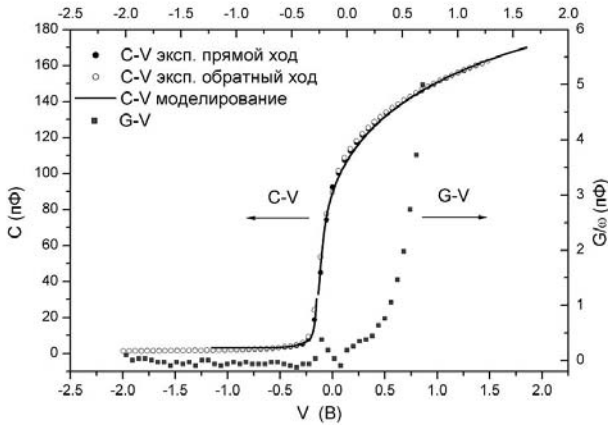


Рис. 2. Малосигнальный адмиттанс (б) МДП-структур на основе InAs со сверхтонким собственным оксидом (~3 нм), сформированном в режиме оксидирования в кислородной плазме тлеющего разряда при давлении кислорода 0,15 Торр и напряжении на разрядном промежутке 500 В. Сплошная линия - результаты моделирования ВФХ для (d = 2,7 нм, ε = 6,5).

(ПС) приводят к снижению чувствительности аппаратуры при исследовании спектра ПС методом проводимости (G-V). По наблюдаемому пику G/ω от V<sub>г</sub> в области 10–100 кГц сделана оценка плотности ПС вблизи середины запрещённой зоны: по модели моноуровня N<sub>SS</sub> ≤ 3 · 10<sup>10</sup> см<sup>-2</sup> эВ<sup>-1</sup>, в предположении континуума N<sub>SS</sub> < 10<sup>10</sup> см<sup>-2</sup> эВ<sup>-1</sup>.

Наиболее важным результатом является впервые полученная на InAs безгистерезисная зависимость ёмкости от смещения при T = 78 К в широком диапазоне полей от -7 · 10<sup>6</sup> до +5 · 10<sup>6</sup> В/см (рис. 2). С увеличением температуры появляется гистерезис, однако его величина остаётся незначительной вплоть до температур ~ 200 К. При 150 К он составил 0,044 В, при 200К – 0,11 В, что является приемлемым для создания ФПУ.

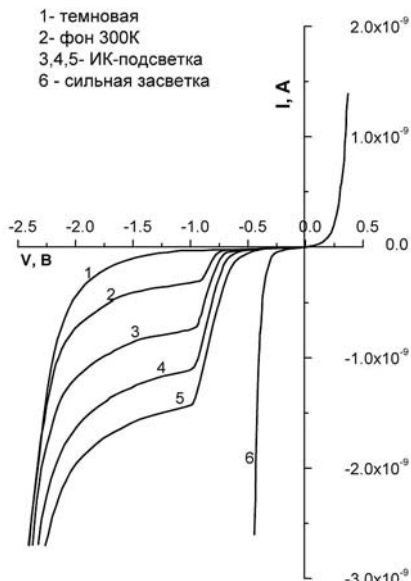


Рис. 3. Вольт-амперные характеристики МДП-структур на основе InAs со сверхтонким собственным оксидом (~3 нм), сформированном в режиме оксидирования.

ВФХ МДП-структур со сверхтонким плазменным оксидом (ПО) имеют особенности в поведении при обогащающих потенциалах. В частности, в отличие от классических ВФХ с толстыми (> 20 нм) диэлектрическими слоями отсутствует выраженный выход ёмкости на насыщение (рис. 2). В случае тонких слоёв диэлектрика необходимы учёт статистики Ферми и непараболичности зон [8], а также квантования спектра носителей заряда в слоях сильного обогащения и инверсии [9, 10].

Для описания экспериментальных ВФХ на основе собственных программных модулей нами были построены теоретические кривые. В области обогащающих потенциалов моделирование осуществлялось посредством самосогласованного расчёта с использованием уравнений Шредингера и Пуассона с учётом статистики Ферми для электронов и непараболичности зоны проводимости. Теоретическая высокочастотная C-V кривая в области истощающих и инвертирующих напряжений численно решалась на основании классической диффузионно-дрейфовой модели. Результаты моделирования ВФХ для МДП-структуры на основе ПО/InAs с толщиной оксида ~3 нм представлены сплошной линией на рис. 2 совместно с экспериментальными ВФХ. Экспериментальные зависимости находятся в хорошем согласии с численными расчётами.

ВАХ МДП-структуры на основе InAs с ПО толщиной ~3 нм, выращенном в режиме оксидирования, представлены на рис. 3. Структура обладает фоточувствительными свойствами. Подобно обратному току в p-n-переходах или диодах Шотки при приложении к структуре отрицательного напряжения смещения через тонкий диэлектрик течёт туннельный ток, ограниченный областью пространственного заряда. При V < -1 В величина тока определяется темновой генерацией носителей заряда в приповерхностной области полупроводника и генерацией носителей ИК-излучением. Нам не известны подобные результаты, полученные на арсениде индия.

Приведём оценку пороговой мощности и обнаружительной способности такой МДП-структуры. При обратном смещении шум генерационного тока области пространственного заряда может быть рассмотрен как дробовой со спектральной плотностью 2eI<sub>0</sub>, где I<sub>0</sub> – величина тока. Эквивалентная шумовая мощность P<sub>экр</sub>, рассчитанная на основе равенства фототока и шумового тока, имеет вид [11]:

$$P_{экр} = \frac{V_{ph}}{(1-R) \cdot \eta} \cdot (2eI_0)^{1/2} \quad (1)$$

где V<sub>ph</sub> = hv/e – энергия фотонов в эВ, R – коэффициент отражения падающей мощности излу-

чения,  $\eta$  – квантовая эффективность, а величина обнаружительной способности ( $D^*$ ) выражается следующим образом:

$$D^* = \frac{\sqrt{S}}{P_{\text{экс}}} = \frac{(1-R)\eta}{V_{\text{ph}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2eI_0}} \cdot \sqrt{S}, \quad (2)$$

где  $S$  – площадь элемента. Величины токов экспериментальных МДП-структур в области фоточувствительности ( $V \leq -1\text{В}$ ) лежат в диапазоне от  $10^{-10}$  до  $10^{-11}$  А. Полагая  $I_0 = 10^{-10} - 10^{-11}$  А,  $V_{\text{ph}}$  (InAs) = 0,387 эВ,  $R = 0,8$ ,  $\eta = 0,8$  и  $S = 7,8 \cdot 10^{-5}$  см<sup>2</sup>, получаем оценку  $D^* = 2,6 \cdot 10^{12} - 8,2 \cdot 10^{12}$  см Гц<sup>1/2</sup>Вт<sup>-1</sup>, что позволят использовать такой тип детекторов для средней инфракрасной области.

#### Разработка технологии осаждения защитных диэлектрических плёнок $\text{Al}_2\text{O}_3$

Основные требования, предъявляемые к подзатворным диэлектрикам, сформулированы в работе [12].  $\text{Al}_2\text{O}_3$  удовлетворяет большинству из этих требований, поэтому было проведено исследование возможности его использования при изготовлении МДП-структур на основе InAs.

Для изучения электрофизических свойств и поиска оптимальных технологических режимов плёнки  $\text{Al}_2\text{O}_3$  осаждали на подложки Si(001) марки КЭФ-1.0. В качестве материала источника использовали пластины синтетического лейкоаппафита ТУ 25.07.1369-78. Установлено, что наилучшими электрофизическими параметрами характеризуются структуры  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}(001)$ , выращенные при комнатной температуре, низких скоростях осаждения (0,2–0,3 нм/мин) и при дополнительном напуске кислорода. На рис. 4 представлены ВФХ для МДП-структур  $\text{Au}/\text{Al}_2\text{O}_3(47\text{нм})/\text{Si}(001)$ , записанные при температурах 230 К и 300 К. При комнатной температуре наблюдается значительный ионный гистерезис, который исчезает при понижении температуры до 230 К, и появляется незначительный электронный гистерезис величиной менее 0,1 В при величине развёртки  $-1,5\text{ В} \div$

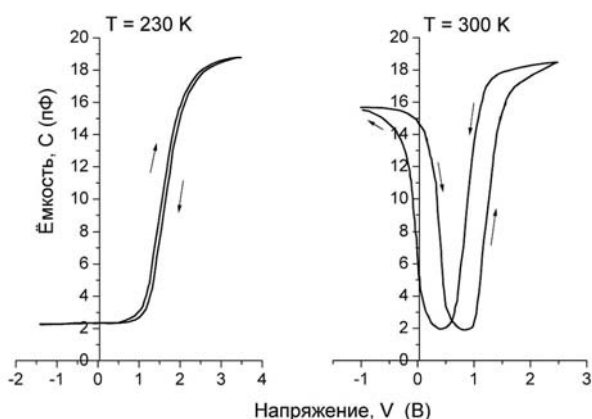


Рис. 4. ВФХ структур  $\text{Au}/\text{Al}_2\text{O}_3(47\text{ нм})/\text{Si}(001)$ , записанные в темноте на частоте 16 кГц при температурах  $T = 230\text{ К}$  и  $300\text{ К}$ .

+3,5 В. Наличие встроенного отрицательного заряда (напряжение плоских зон плюс 1,7 В) может сыграть положительную роль при изготовлении структур  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{InAs}$ , компенсируя значительный положительный заряд, который всегда присутствует при традиционных способах формирования МДП-структур на InAs.

На основе анализа рентгеновских фотоэлектронных спектров структур  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{InAs}(111)$  А были определены ширина запрещённой зоны  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (6,4 эВ) и разрывы энергетических зон на гетерогранице. Величины потенциальных барьеров для электронов и дырок на границе раздела составили 2,9 эВ и 3,1 эВ, соответственно, что достаточно для блокирования электронного и дырочного инжекционных токов [12]. Экспериментально измеренные токи утечки через плёнки  $\text{Al}_2\text{O}_3$  составили  $5 \cdot 10^{-9}$  А/см<sup>2</sup> –  $8 \cdot 10^{-7}$  А/см<sup>2</sup> в диапазоне напряжений 1,5 – 5,0 В, что сопоставимо с результатами, полученными в работе [13]. Для многоэлементных фотоприёмников на основе InAs ток утечки при напряжениях 3–5 В не должен превышать  $5 \cdot 10^{-7}$  А/см<sup>2</sup>. Таким образом, достигнутые параметры плёнок  $\text{Al}_2\text{O}_3$  являются достаточными для использования этих плёнок в качестве защитного диэлектрика в МДП-структурах на основе InAs при условии предварительной пассивации границы раздела полупроводник-диэлектрик.

На рис. 5 представлен малосигнальный адмиттанс МДП-структур на основе ПО/InAs до и после напыления защитной диэлектрической плёнки  $\text{Al}_2\text{O}_3$  толщиной 47 нм. Для пассивирующего плазменного оксида толщиной  $\sim 25$  нм, характеризующегося качественной границей раздела собственный оксид/InAs (плотность поверхностных состояний менее  $3 \cdot 10^{10}$  см<sup>-2</sup>эВ<sup>-1</sup>), напыление диэлектрической плёнки  $\text{Al}_2\text{O}_3$  приводит к незначительному свигу напряжения плоских зон с  $-0,1\text{ В}$  до  $-1,1\text{ В}$ . Достигнутые параметры МДП-структур превосходят лучшие результаты [14], полученные в последнее время новым дорогостоящим методом Atomic layer deposition (ALD).

#### Заключение

Приведены результаты экспериментальных исследований по пассивации поверхности InAs сверхтонкими окисными плёнками ( $\sim 3$  нм) в плазме тлеющего разряда. Изучены режимы анодирования и оксидирования и показано, что уменьшение напряжения разряда и исключение бомбардировки поверхности образцов ионами плазмы приводят к улучшению электрофизических параметров создаваемых МДП-структур.

Впервые для МДП-структур на основе InAs при температуре жидкого азота наблюдались без-

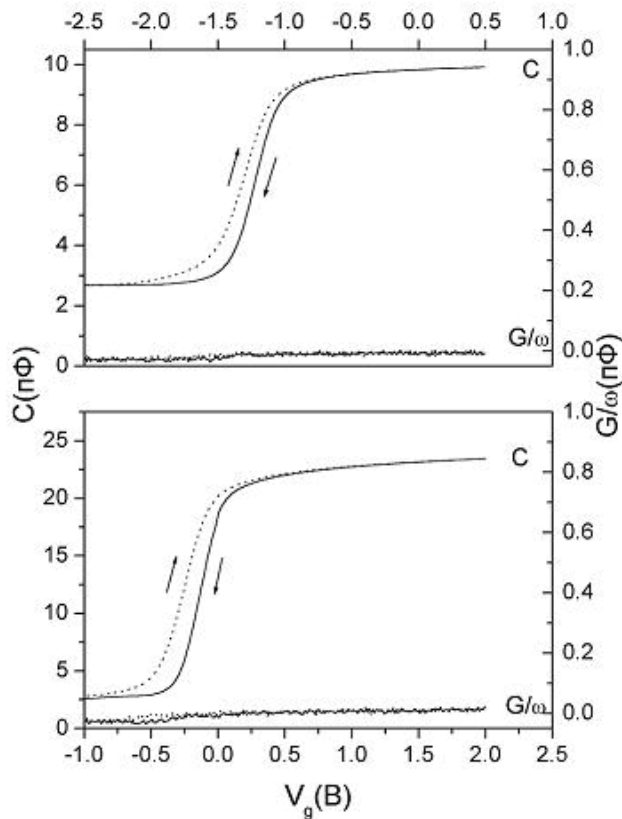


Рис. 5. Малосигнальный адмиттанс МДП-структур на основе ПО(плазменный оксид)/InAs до (нижние графики) и после (верхние графики) напыления защитной диэлектрической плёнки  $Al_2O_3$  толщиной 47 нм. ПО толщиной  $d=24.8$  нм выращен анодированием в плазме  $CO_2$ .

гистерезисные зависимости ёмкости от смещения в широком диапазоне полей от  $-7 \cdot 10^6$  до  $+5 \cdot 10^6$  В/см. При этом граница раздела оксид–InAs характеризуется низкой плотностью поверхностных состояний  $< 3 \cdot 10^{10}$  см $^{-2}$  эВ $^{-1}$ . С увеличением температуры возрастание гистерезиса незначительно, что открывает перспективы повышения рабочих температур ФПУ на основе InAs вплоть до 200 К.

Выполнено моделирование ВФХ на основе использования статистики Ферми для электронов, учёта непараболичности зоны проводимости и эффекта квантования носителей заряда в слоях обогащения, которое даёт наилучшее согласие между экспериментом и численными расчётами.

Подобно барьеру Шотки, МДП-структуры с туннельно тонким диэлектриком обладают ИК-фоточувствительностью по току, что открывает дополнительные возможности по их использованию в фотоэлектронике. Теоретическая оценка обнаружительной способности полученных на

n-InAs МДП-структур с туннельно тонким диэлектриком при температуре жидкого азота составляет величину  $2.6 \cdot 10^{12}$  см Гц $^{1/2}$  ВТ $^{-1}$ .

Изучены электрофизические свойства защитных плёнок  $Al_2O_3$ , получаемых вакуумным напылением. Совокупность полученных результатов подтверждает принципиальную возможность реализации пассивации поверхности InAs посредством окисления в плазме тлеющего разряда и последующего вакуумного напыления защитного диэлектрика  $Al_2O_3$  в единой вакуумной установке. Электрофизические параметры МДП-структур, изготовленных по предлагаемой технологии, являются достаточными для изготовления ФПУ.

Работа выполнена при поддержке фонда РФФИ, проект 11-07-12067-офи-м-2011.

### Литература

1. Курьшев Г.Л., Ли И.И., Базовкин В.М. и др. // Прикладная физика. 2009. № 2. С. 79
2. Овсяк В.Н., Курьшев Г.Л., Сидоров Ю.Г. и др. Матричные фотоприемные устройства инфракрасного диапазона. -Новосибирск: Наука, 2001
3. Кеслер В.Г., Ковчавцев А.П., Гузев А.А., Панова З.В., Курьшев Г.Л. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2010. Т. 7. № 4. С. 82
4. Кеслер В.Г. // Журнал структурной химии. Приложение. 2011. Т. 52. С. s156
5. Кеслер В.Г., Ковчавцев А.П., Гузев А.А., Панова З.В. Структура металл-диэлектрик-полупроводник на основе соединений  $A_3B_5$  и способ её формирования. / Российский патент RU 2420828 С1. Опубликовано 10.06.2011 Бюл. № 16.
6. Галицын Ю.Г., Мансуров В.Г., Пошевнев В.И. и др. // Поверхность. Физика, химия, механика. 1992. № 5. С. 108
7. Kesler V. G. , Seleznev V.A., Kovchavtsev A. P., and Guzev A.A // Appl. Surf. Sci. 2010. V. 256. P. 4626
8. Bazovkin V.M., Kurushev G.L., and Polovinkin. V.G. // Phys. Stat. Sol.(a). 1982. V..74. P. 297
9. Frantsuzov A.A., Okhonin S.A., and Pogosov A.G. // Phys.Stat.Sol.(b). 1986. V. 136. P. 241
10. Tsuneya Ando, Alan B. Fowler and Frank Stern. // Reviews of Modern Physics. 1982. V. 54. No. 2. P. 437
11. А. ван дер Зул. Шумы при измерениях. -Москва: Мир, 1979
12. Перевалов Т.В., Гриценко В.А. // УФН. 2010. Т. 18. № 6. С. 587
13. Novikov Yu.N., Gritsenko V.A., and Nasyrov K.A. // Appl.Phys.Lett. 2009. V. 94. P. 222904
14. Trinh H.D., Brammertz G., Chang E.Y., et al. // IEE Electron Device Letters. 2011. V. 32. No. 6. P. 752

## Photosensitive MIS structures based on ultrathin plasmic InAs oxide

*V.G. Kesler, A.A. Guzev, A.P. Kovchavtsev, G.L. Kuryshchev, A.V. Tsarenko, and Z.V. Panova*

A.V. Rzhanov Institute of Semiconductor Physics, SB RAS  
13 Lavrentiev av., Novosibirsk, 630090, Russia  
E-mail: kesler@isp.nsc.ru

*The results of InAs surface passivation by the ultrathin oxide films (~3nm) grown in glow discharge plasma are presented. First, for InAs-based MIS structures at the liquid nitrogen temperature, unhyserisis capacity dependencies on the voltage within the range  $-7 \cdot 10^6$  to  $+5 \cdot 10^6$  V/cm were observed. The produced MIS structures are current-sensitive in the IR range. Dark equivalent current provides obtaining the estimation of detectability at nitrogen temperatures is not worse than  $10^{12}$  cm  $\text{Hz}^{1/2} \text{W}^{-1}$ . The protection of structures surfaces with an additional  $\text{Al}_2\text{O}_3$  layers is discussed.*

PACS: 73.40.Qv, 81.65.Mq, 81.65.Rv

Keywords: indium arsenide, thin films, glow discharge plasma, dielectric films, oxidation.

Bibliography – 14 references

*Received January 15, 2013*