

УДК 621.315.592

XXVI Международный симпозиум „Нанопластика и наноэлектроника“,
Нижний Новгород, 14–17 марта 2022 г.

Влияние химической пассивации поверхности GaAs(001) на анизотропию и ориентацию образующихся на ней нанокластеров золота и их плазмонов

© В.Л. Берковиц¹, В.А. Кособукин¹, В.П. Улин¹, П.А. Алексеев¹, Ф.Ю. Солдатенков¹, В.А. Левицкий²

¹ Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук,
194021 Санкт-Петербург, Россия

² НТЦ тонкопленочных технологий,
194021 Санкт-Петербург, Россия

E-mail: vladimir.berkovits@mail.ioffe.ru

Поступила в Редакцию 2 марта 2022 г.

В окончательной редакции 25 марта 2022 г.

Принята к публикации 25 марта 2022 г.

Обсуждается принципиальная роль химической пассивации поверхности GaAs в формировании на ней анизотропных ориентированных нанокластеров золота. Нанокластеры создаются методом термического отжига пленки Au, нанесенной на поверхность GaAs(001), которая предварительно пассивируется монослоем атомов азота или серы. Эти атомы, валентно связанные с атомами галлия поверхности кристалла и образующие кристаллическую решетку, предотвращают химическое взаимодействие Au с GaAs. В результате отжига на пассивированных поверхностях GaAs(001) образуются массивы анизотропных (вытянутых) нанокластеров химически чистого Au, которые ориентированы преимущественно в направлении $[1\bar{1}0]$ кристалла. Наличие сильной анизотропии и ориентации кластеров Au на пассивированных поверхностях GaAs установлено методами зондовой диагностики и оптическими методами дифференциальной спектроскопии анизотропного отражения и спектроскопии отражения поляризованного света. На основе оптической модели плазмонной поляризуемости вытянутых сфероидов Au показано, что резонансные спектральные особенности, которые наблюдаются в поляризованном отражении, обусловлены анизотропными плазмонами кластеров Au, поляризованными преимущественно в направлении $[1\bar{1}0]$ кристалла.

Ключевые слова: поверхность полупроводника, нитридная пассивация, нанокластеры золота, анизотропные плазмоны, поляризованное отражение.

DOI: 10.21883/FTP.2022.07.52746.01

1. Введение

Сочетание нанокластеров благородных металлов с полупроводниками перспективно для разнообразных приложений в наноплатике и фотовольтаике. Практическая важность композитов металл-полупроводник обусловлена высокой добротностью плазмонов, локализованных на кластерах металла, и разнообразными оптическими и электронными свойствами полупроводников. Что касается кластеров золота на поверхности арсенида галлия, то их создание до недавнего времени оставалось весьма проблематичным. Препятствием оказывается диссоциация кристалла GaAs в местах его контакта с золотом, где образуется интерметаллическая фаза Au₂Ga [1]. Эта реакция наблюдается при температурах выше 250°C и приводит к появлению островков Au₂Ga под исходной поверхностью кристалла вместо нанокластеров Au на поверхности. Поэтому стандартные методы, основанные на

отжиге тонких пленок осажденного золота, оказываются непригодными для формирования кластеров химически чистого Au непосредственно на поверхности GaAs.

Недавно было показано [2–4], что реакцию золота с GaAs при нагреве можно исключить путем создания между кристаллом GaAs и пленкой Au промежуточного монослоя атомов азота или серы, химически связанных с атомами галлия на поверхности кристалла GaAs(001). Монослои атомов N или S создаются на поверхности GaAs(001) с помощью ее нитридной или сульфидной пассивации перед нанесением пленки Au. В результате золото и кристалл разделяются химически стабильным промежуточным монослоем нитрида или сульфида галлия, который препятствует контакту между Au и GaAs при нагреве. Дальнейший отжиг создаваемых структур Au/N/GaAs или Au/S/GaAs позволяет получать на пассивированной поверхности подложки GaAs(001) нанокластеры химически чистого золота.

В данной работе демонстрируется исключительная важность химической пассивации поверхности GaAs(001) в формировании на ней анизотропных нанокластеров золота. Исследуется влияние пассивирующих атомных слоев на форму и ориентацию нанокластеров в макроскопически анизотропном массиве, образующемся на поверхности GaAs. Для доказательства анизотропии кластеров золота и их преимущественной ориентации на поверхности используются данные плазмонной спектроскопии анизотропного отражения и резонансной поляризованной спектроскопии плазмонов, локализованных на кластерах Au.

2. Структура и свойства пассивированных поверхностей GaAs(001)

Пассивация поверхности полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$ используется обычно для уменьшения плотности поверхностных состояний в запрещенной зоне, ответственных за пиннинг уровня Ферми и поверхностную рекомбинацию. Подобные состояния характерны для естественно окисленных поверхностей полупроводников $A^{III}B^V$. Как уже отмечалось, пассивация предполагает создание на поверхности полупроводника ультратонкого слоя инертного материала, который защищает ее от окисления и не создает состояний в запрещенной зоне. Ранее были разработаны способы пассивации поверхности GaAs(001), предусматривающие создание на ней слоев естественных оксидов, оксида SiO_2 или нитрида Si_3N_4 [5–7]. Такие пассивирующие покрытия аморфны, их толщина составляет несколько нанометров, как минимум.

Исследуемая в данной работе химическая нитридная или сульфидная пассивация означает формирование на поверхности GaAs(001) хемосорбированного монослоя атомов азота или серы. Пассивирующие атомы N или S валентно связываются со слоем атомов Ga кристалла, встраиваясь в узловые позиции поверхностного слоя решетки GaAs, которые до пассивации были заняты атомами As. Благодаря высокой прочности образующихся химических связей N-Ga и S-Ga по сравнению со связями As-Ga, пассивирующие монослои атомов N или S предохраняют поверхность кристалла GaAs от окисления и от контакта с осаждаемым слоем золота. Важно, что нитридизованная или сульфидированная поверхность GaAs сохраняют кристаллическую структуру, которая может существенно влиять на форму и ориентацию формирующихся на ней кластеров металла. Этот факт является ключевым в данной работе, поскольку проводившиеся ранее исследования относились к нанокластерам Au, сформированным на поверхностях, которые не обладают кристаллической структурой (стекло [8], полированный кварц [9]).

Схема атомной структуры поверхности GaAs(001), пассивированной атомами азота, была предложена в

работе [3], а пассивированной атомами серы — в работе [4]. В этих случаях схема валентных связей на пассивированной поверхности GaAs сходна; она представлена на рис. 1 в статье [4], поэтому не приводится в данной работе. В [3] приведены данные диагностики структуры Au/N/GaAs, а на рис. 2 статьи [4] показаны аналогичные результаты диагностики структуры Au/S/GaAs.

В обсуждаемых случаях электронная структура пассивирующего слоя анизотропна из-за наличия у пассивирующих атомов (N или S) оборванных связей, проекции которых на плоскость (001) ориентированы вдоль направления $[1\bar{1}0]$. Следствием анизотропии оборванных связей может быть анизотропия скорости диффузии атомов Au по пассивированной поверхности, что, в конечном итоге, определяет анизотропию образующихся нанокластеров золота. Дальнейшее содержание этой статьи посвящено доказательству анизотропии нанокластеров золота, акцент делается на ее исследовании оптическими методами.

Исследуемые структуры создаются на подложках n -GaAs(001) с концентрацией примеси $4 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. При нитридной пассивации подложек GaAs(001) их поверхности подвергаются химической обработке в растворе гидразин-гидрата ($N_2H_4:H_2O$) с малой добавкой сульфида натрия (Na_2S) [2]. Сульфидная пассивация выполняется с помощью обработки образцов в водном растворе сульфида натрия с последующим отжигом в вакууме при температуре 460°C [4]. На пассивированные поверхности обоих типов методом вакуумного испарения наносится пленка Au толщиной ~ 10 нанометров. Приготовленные структуры Au/N/GaAs или Au/S/GaAs отжигаются в вакууме при температуре 300°C . Данные атомно-силовой микроскопии [3,4] показывают, что в результате продолжительного (180–240 мин) отжига на поверхности структур Au/N/GaAs и Au/S/GaAs образуются массивы нанокластеров Au. В них доминируют кластеры, имеющие вид цепочек, ориентированных преимущественно вдоль направления $[1\bar{1}0]$ на поверхности GaAs(001).

3. Спектроскопия анизотропных кластеров Au

Наличие анизотропии кластеров Au на поверхности GaAs устанавливается с помощью оптической спектроскопии отражения поляризованного света и дифференциальной спектроскопии анизотропного отражения. Последним методом непосредственно измеряется дифференциальный спектр отражения

$$\frac{\Delta R}{R} = 2 \frac{R_{[110]} - R_{[1\bar{1}0]}}{R_{[110]} + R_{[1\bar{1}0]}} \quad (1)$$

света, падающего нормально на поверхность кристалла GaAs(001) и поляризованного линейно в кристаллографическом направлении $[hk0]$. Сигнал (1) может появиться только при наличии оптической анизотропии

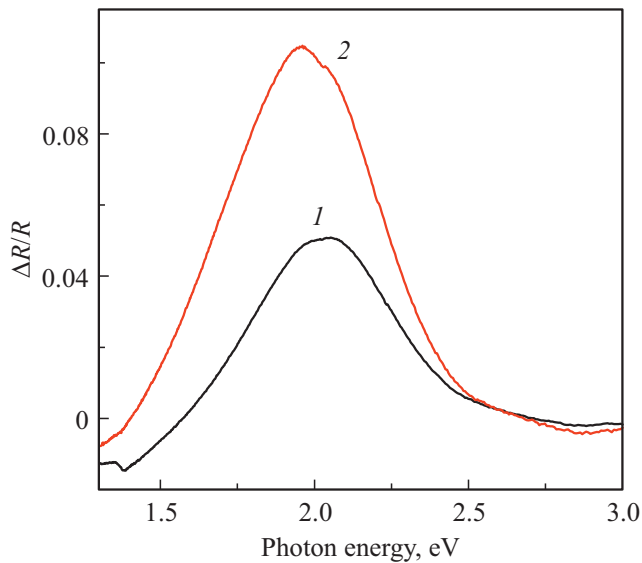


Рис. 1. Спектры анизотропного отражения $\Delta R/R$, измеренные для структуры Au/N/GaAs после ее отжига при температуре 300°C в течение 60 (1) и 180 мин (2).

отражения, т.е. при $R_{[1\bar{1}0]} \neq R_{[110]}$. В нашем случае это делает дифференциальную спектроскопию анизотропного отражения по существу надежным экспресс-методом обнаружения оптической анизотропии кластеров Au в плоскости поверхности GaAs(001). К этому следует добавить, что сигнал анизотропии $\Delta R/R$ от нанокластеров на один-два порядка величины больше, чем от монослоя валентных связей на реконструированной поверхности полупроводника.

На рис. 1 представлены спектры $\Delta R/R$, измеренные для структуры Au/N/GaAs после двух ее последовательных отжигов суммарной длительностью 60 мин (спектр 1) и 180 мин (спектр 2) при температуре 300°C . До отжига сигнал $\Delta R/R$ во всей рассматриваемой спектральной области близок к нулю [3]. Факт появления спектров $\Delta R/R$ в результате отжига, безусловно, свидетельствует о возникновении оптической анизотропии структуры Au/N/GaAs в плоскости поверхности кристалла GaAs(001) в соответствии с формулой (1). Единственным источником анизотропии структур Au/N/GaAs являются нанокластеры Au, поскольку кубический кристалл GaAs и возможная остаточная пленка Au оптически изотропны. Спектры $\Delta R/R$ на рис. 1 имеют вид широких резонансов, максимумы которых находятся вблизи энергии 2 эВ, характерной для поверхностных плазмонов в частицах золота. Исходя из этого мы связываем наблюдаемые резонансные сигналы анизотропии $\Delta R/R$ (рис. 1) с анизотропными плазмонами, локализованными на нанокластерах Au. С учетом данных зондовой диагностики структур Au/N/GaAs [3,4] в итоге приходим к выводу, что сигналы анизотропии $\Delta R/R$, представленные на рис. 1, свидетельствуют о технологически обусловленной анизотропии формы кластеров Au и о наличии их преимущественной ориентации. При увели-

чении длительности нагрева сигнал $\Delta R/R$ увеличивается (ср. спектры 1 и 2 на рис. 1), что означает возрастание анизотропного спектрального отклика при сохранении его резонансных характеристик.

Более полную информацию о спектре анизотропных плазмонов нанокластеров Au, сформировавшихся на поверхности GaAs(001), дает спектроскопия отражения линейно поляризованного света при падении по нормали к поверхности. В этом случае спектры отражения света $R_{[110]}$ и $R_{[1\bar{1}0]}$ с поляризациями вдоль направлений $[110]$ и $[1\bar{1}0]$ измеряются по отдельности, и в них четко идентифицируются резонансные вклады плазмонов с разной поляризацией в направлениях $[110]$ и $[1\bar{1}0]$ на плоскости поверхности. На рис. 2 представлены спектры нормального отражения $R_{[110]}$ (1) и $R_{[1\bar{1}0]}$ (2), измеренные после отжига структуры Au/N/GaAs при 300°C в течение 180 мин. В спектрах $R_{[110]}$ и $R_{[1\bar{1}0]}$ одинаков „фоновый“ вклад, обусловленный оптически изотропными кристаллом GaAs и пленкой Au. Наличие анизотропии кластеров Au, установленное выше с помощью спектра $\Delta R/R$, дает основание приписать наблюдаемое различие спектров $R_{[1\bar{1}0]} \neq R_{[110]}$ оптической анизотропии плазмонов, локализованных на этих нанокластерах.

Сравним спектры отражения $R_{[110]}$ и $R_{[1\bar{1}0]}$ (спектры 1 и 2 на рис. 2, каждый из которых содержит резонансную особенность (максимум) с границей, условно показанной точками снизу). Спектр $R_{[110]}$ с поляризацией в направлении $[110]$ содержит резонансную особенность

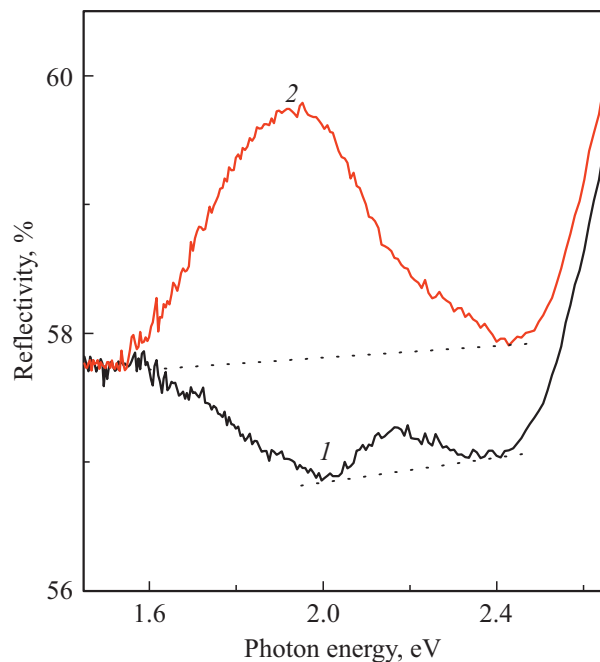


Рис. 2. Спектры нормального отражения $R_{[110]}$ (1) и $R_{[1\bar{1}0]}$ (2) линейно поляризованного света, измеренные после отжига структуры Au/N/GaAs при 300°C длительностью 180 мин. К каждому спектру снизу добавлена точечная граница, которая „сглаживает“ спектр в области спектральной особенности и символически выделяет ее.

при энергии 2.2 эВ. В спектре $R_{[1\bar{1}0]}$ с поляризацией вдоль $[1\bar{1}0]$ имеется существенно более интенсивная и широкая особенность, занимающая область 1.7–2.1 эВ. Наличие резонансных особенностей при разных энергиях в спектрах отражения $R_{[110]}$ и $R_{[1\bar{1}0]}$ означает наличие поляризационной анизотропии плазмонов, которая обусловлена анизотропией кластеров Au. Следуя [3], делаем вывод, что в ансамбле кластеров Au, сформировавшихся на поверхности структуры Au/N/GaAs(001) при длительном отжиге, доминируют кластеры и цепочки кластеров, вытянутые в направлении $[1\bar{1}0]$, которые наблюдались с помощью атомно-силовой микроскопии в работах [3,4]. Добавим, что при значительном повышении температуры отжига (до 350°C) структура кластеров кардинально меняется [2], так как золото через разрывы, образовавшиеся в нитридном слое при нагревании, проникает в кристалл GaAs и образует там островки сплава Au₂Ga. В заключение отметим также, что для кластеров Au на сульфидированной поверхности GaAs(001) наблюдаются [4] качественно такие же особенности спектров поляризованного отражения, как описанные здесь для нитридных структур Au/N/GaAs(001).

Чтобы интерпретировать данные спектроскопии структур Au/N/GaAs(001), используем для анизотропных кластеров Au модель плазменной поляризуемости, относящейся к эллипсоидам вращения (сфероидам). Для сфероидов с диэлектрической проницаемостью Au такая оптическая модель кластеров описывает спектр анизотропных плазмонов, их поляризацию и силу осциллятора [3]. В модели сфероида компоненты $\chi_{\alpha\alpha}(\omega)$ диагонального тензора поляризуемости относятся к локализованным плазмонам, поляризованным в поле внешней волны вдоль полуосей сфероида α с субволновыми размерами a и b . Отношение $\eta = b/a$ определяет форму сфероида, при этом в сфероидах с одним и тем же η энергии плазмонов одинаковы при одной и той же поляризации. В соответствии с данными диагностики нанокластеров Au [3] в структурах Au/N/GaAs кластеры Au вытянуты в направлении $[1\bar{1}0]$ подложки GaAs(001). Для вытянутых сфероидов с $b/a > 1$ предполагается ориентация осей $a \parallel [110]$ и $b \parallel [1\bar{1}0]$ по отношению к кристаллографическим осям на поверхности GaAs(001). При этом компоненты $\chi_{\alpha\alpha}(\omega)$ диагонального тензора плазменной поляризуемости сфероидов (нанокластеров) обуславливают резонансные особенности (полосы) в спектрах отражения $R_{[110]}$ и $R_{[1\bar{1}0]}$ (1 и 2 на рис. 2) для света с поляризациями $[110]$ и $[1\bar{1}0]$ соответственно [3].

Безразмерные компоненты $X^{(a)}(\omega) = \chi_{\alpha\alpha}(\omega)/V$ дипольной поляризуемости плазмонов, вычисленные для вытянутого ($\eta = b/a > 1$) Au сфероида объемом V , показаны на рис. 3 в форме $|X^{(a)}|$ и $p|X^{(b)}|/10$. Для сфероида с заданным η компоненты $|X^{(a)}|$ и $p|X^{(b)}|/10$ имеют вид элементарных линий, положение максимумов которых соответствует энергии плазмонов, поляризованных по осям a и b соответственно. Вертикальная пунктирная прямая $\eta = 1$ на рис. 3 соответствует энергии плазмонов в шаре Au; она разделяет по энергии плазмо-

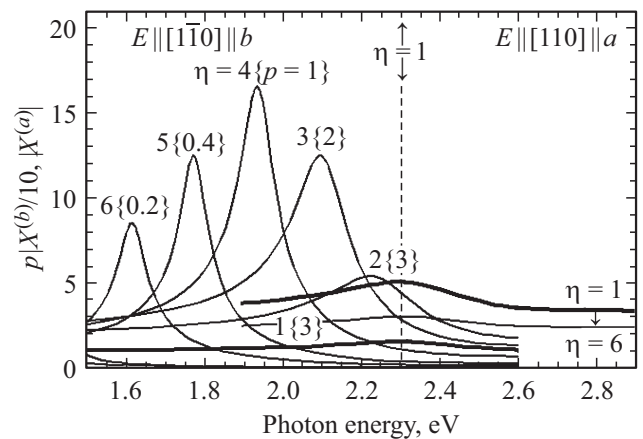


Рис. 3. Спектры безразмерных плазменных поляризуемостей $p|X^{(b)}|/10$ ($E \parallel [1\bar{1}0] \parallel b$) и $|X^{(a)}|$ ($E \parallel [110] \parallel a$), вычисленные для модели вытянутых Au сфероидов в вакууме с отношениями длин полуосей $\eta = b/a > 1$, которые указаны целыми числами в символах $\eta\{p\}$. Вертикальная пунктирная прямая ($\eta = 1$) соответствует энергии плазмонов в Au шаре. Множители p , входящие в символ $\eta\{p\}$, гипотетически учитывают относительный вклад спектральных линий $p|X^{(b)}|/10$ в неоднородно уширенную резонансную особенность спектра с поляризацией $[1\bar{1}0]$ (типа спектра отражения $R_{[1\bar{1}0]}$ на рис. 2).

ны сфероидов Au, поляризованные вдоль длинной оси b (слева) и вдоль короткой оси a (справа). Спектральные линии $|X^{(a)}|$ и $p|X^{(b)}|/10$ плазмонов в сфероидах, представленные на рис. 3, имеют значительно меньшую ширину, чем обусловленные плазмонами резонансные особенности (полосы) в наблюдаемых спектрах 1 и, особенно, 2 на рис. 2. Это означает, что наблюдаемые спектральные особенности неоднородно уширены, т.е. состоят из узких линий с разными энергиями максимумов для кластеров Au разной формы (эллипсоидов с разными η). Элементарные линии $p|X^{(b)}|/10$ на рис. 3 классифицируются параметрами $\eta\{p\}$, где p выражает гипотетический относительный вклад сфероидов (плазмонов) с данным η в резонансную особенность, наблюдающуюся в спектре $R_{[1\bar{1}0]}$.

Из рис. 3 следует, что при заданной форме сфероида (при заданном η) максимум поляризуемости больше, а резонансная энергия меньше для плазмона, поляризованного вдоль длинной оси $b \parallel [1\bar{1}0]$, чем для плазмона, поляризованного вдоль короткой оси $a \parallel [110]$ (ср. с [3]). При этом в ансамбле сфероидов спектральный диапазон для плазмонов с поляризуемостями $|X^{(b)}|$ на порядок величины больше, чем с поляризуемостями $|X^{(a)}|$. Видно также, что при указанных вкладах p сфероидов с разными $\eta\{p\}$ спектральное положение и форма огибающей, проведенной по максимумам спектральных линий $p|X^{(b)}|/10$, качественно согласуется с характеристиками спектральной особенности, наблюдающейся в спектре $R_{[1\bar{1}0]}$ (спектр 2 на рис. 2). Неоднородное уширение спектра с поляризацией $[110]$ обусловлено тем же распределением по p линий $|X^{(a)}|$, что и линий $|X^{(b)}|$.

Согласно рис. 3, такое неоднородное уширение спектра $|X^{(a)}|$ должно дать в результате слабую и сравнительно узкую спектральную особенность с энергией выше 2 эВ, что вполне согласуется с характеристиками особенности, наблюдающейся в спектре $R_{[110]}$ (спектр 1 на рис. 2). Добавим, что спектры поляризуемостей $|X^{(a)}|$ и $|X^{(b)}|$ (рис. 3) кроме резонансного плазмонного вклада имеют „фоновую“ составляющую (нерезонансную, но слабо зависящую от частоты). Последняя связана с различием диэлектрических проницаемостей эллипсоида (без электронного газа) и окружающей среды. Наличие такого „фона“ может объяснить, хотя бы частично, различие между спектрами, которые получаются из $R_{[110]}$ и $R_{[1\bar{1}0]}$ (рис. 2) после отделения резонансных особенностей с их условными точечными границами.

4. Заключение

Итак, мы показали, что при отжиге тонкой пленки Au на поверхности GaAs(001) образуется упорядоченный массив анизотропных нанокластеров золота, если поверхность пассивирована монослоем атомов азота или серы, препятствующим реакции золота с GaAs. Характер анизотропии кластеров определяется температурой и длительностью отжига пленки, которые могут влиять также на сплошность пассивирующего слоя. После отжига при температурах, не нарушающих структуру пассивирующего слоя, на поверхности GaAs(001) образуются кластеры Au вытянутой формы, ориентированные преимущественно в направлении $[1\bar{1}0]$. При значительном повышении температуры в пассивирующем слое образуются разрывы, через которые Au проникает в подложку GaAs и химически взаимодействует с ней, образуя кластеры сплава Au с Ga. При этом вытянутость Au кластеров в направлении $[1\bar{1}0]$ в плоскости поверхности существенно уменьшается, хотя и не исчезает полностью. Можно полагать, что обнаруженная вытянутость кластеров Au в направлении $[1\bar{1}0]$ обусловлена анизотропией поверхностных цепочек оборванных связей, следствием чего может быть анизотропия термостимулированной диффузии атомов золота по пассивированной поверхности кристалла GaAs(001). Если это так, то приведенные выше результаты работы показывают, что скорость диффузии атомов Au должна быть больше в направлении $[1\bar{1}0]$, чем в направлении $[110]$. Можно предполагать также, что анизотропия диффузии, предполагаемая для золота на пассивированных поверхностях GaAs, является общим свойством диффузии атомов металла на кристаллической поверхности полупроводников.

Финансирование работы

Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 20-02-00257.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Список литературы

- [1] R.M. Charatan, R.S. Williams. *J. Appl. Phys.*, **72**, 5226 (1992).
- [2] V.L. Berkovits V.A. Kosobukin, V.P. Ulin, F.Yu. Soldatenkov, I.V. Makarenko, V.S. Levitskii, A.V. Nashchekin, P.A. Alekseev. *Appl. Surf. Sci.*, **507**, 144982 (2020).
- [3] V.L. Berkovits, V.A. Kosobukin, V.P. Ulin, P.A. Alekseev, F.Yu. Soldatenkov, V.S. Levitskii. *Phys. Status Solidi B*, **259**, 2100394 (2022).
- [4] V.L. Berkovits, V.A. Kosobukin, V.P. Ulin, P.A. Alekseev, F.Yu. Soldatenkov, V.A. Levitskii. *ФТП*, **56** (4), 446 (2022).
- [5] G.P. Schwartz, J.E. Griffiths, D. Distefano, G.L. Gualtieri, B. Schwartz. *Appl. Phys. Lett.*, **34**, 742 (1972).
- [6] R.L. Streever, J.L. Breslin, E.H. Ahlstrom. *Solid State Electron.*, **23**, 863 (1980).
- [7] C.R. Zeisse, L.J. Messick, D.L. Lile. *J. Vac. Sci. Technol.*, **14**, 957 (1977).
- [8] V.R. Romanyuk, O.S. Kondratenko, S.V. Kondratenko, A.V. Kotko, N.L. Dmitruk. *Eur. Phys. J. Appl. Phys.*, **56**, 10302 (2011).
- [9] M.J. Rost, D.A. Quist, J.W.M. Frenken. *Phys. Rev. Lett.*, **91**, 026101 (2003).

Редактор Г.А. Оганесян

Effect of chemical passivation of GaAs(001) surface on anisotropy and orientation of nanoclusters formed on it and their plasmons

V.L. Berkovits¹, V.A. Kosobukin¹, V.P. Ulin¹, P.A. Alekseev¹, F.Yu. Soldatenkov¹, V.A. Levitskii²

¹ Ioffe Institute,
194021 St. Petersburg, Russia
² R&D Center TFTE,
194021 St. Petersburg, Russia

Abstract A principal role of chemical passivation of GaAs surface in the formation of oriented anisotropic on-surface nanoclusters of gold is discussed. The gold nanoclusters are fabricated by thermal annealing of the gold film deposited onto GaAs(001) surface passivated preliminarily by an atomic monolayer of nitrogen or sulphur. These atoms forming a crystal lattice are bonded chemically to gallium atoms of the crystal surface to prevent chemical interaction of Au with GaAs. Annealing Au on passivated GaAs(001) surface results in formation of arrays of anisotropic (elongated) nanoclusters of chemically pure Au oriented preferably in $[1\bar{1}0]$ crystal direction. The presence of strong anisotropy and orientation of Au clusters on passivated GaAs surfaces is established by the methods of probe diagnostics and the optical techniques of reflectance anisotropy spectroscopy and polarized reflection spectroscopy. Within an optical model of plasmon polarizability of elongated Au spheroids, it is shown that the spectral features observed in polarized reflection originate from anisotropic plasmons polarized in Au nanoclusters predominantly in direction $[1\bar{1}0]$ on GaAs(001) surface.