

ДЕВИАЦИЯ СКОРОСТИ ПОВЕРХНОСТНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ, РАСПРОСТРАНЯЮЩЕЙСЯ ПО ПОВЕРХНОСТИ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСАЖДЕНИЯ ЗОЛОТА

Т.А. Брянцева^{1*}, Д.В. Любченко², И.А. Марков¹, Ю.А. Тен¹

¹Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской Академии Наук (Фрязинский филиал), пл. акад. Введенского 1, Фрязино, Московская обл., 141190, Россия

²Department of Radio Science and Engineering, Aalto University School of Science and Technology, PL 13000, FI-00076 AALTO, Finland

*e-mail: tatiana@ms.ire.rssi.ru

Аннотация. Осаждение золота путем испарения в вакууме создает неоднородности в приповерхностном слое GaAs, отличающиеся по структуре и составу в направлении параллельном поверхности арсенида галлия от слоев в перпендикулярном направлении. Реакции физико-химического взаимодействия в плоскости параллельной поверхности GaAs фиксируются с помощью измерения скорости поверхностной акустической волны в силу расположения векторов скорости в волне. Как оказалось, особенно информативно исследование изменения производной скорости по времени как величины, пропорциональной вязкости. Спектр колебаний производной скорости показывает особенности фазовых превращений на границе металл-полупроводник, включая такие реакции как микропробои, образование жидкой фазы и выпадение островков GaAs.

1. Введение

Изучение характера изменения параметров распространения поверхностной акустической волны (ПАВ) со временем осаждения золота в условиях протекания физико-химических реакций в системе Au-GaAs и перестройки приповерхностного слоя GaAs с одной стороны представляет интерес для изучения возможностей ПАВ-диагностики, с другой – позволяет уточнить природу протекающих процессов [1-3].

В этом случае изменения амплитуды и фазы ПАВ не связаны между собой, как это имеет место при распространении звука в однородной изотропной среде. Было показано, что фазовые превращения в системе Au-GaAs являются результатом поступления на поверхность GaAs испаряемого золота и процессов кристаллизации (плавления). Если принять во внимание, что отрезки времени, за которые осуществляются фазовые превращения, много больше периода распространяемой ПАВ, можно считать, что измерения параметров ПАВ осуществляются в квазиравновесных условиях, т.е. в данном случае изменения параметров прохождения являются индикатором состояния среды в приграничных слоях. Кроме того, в некоторые моменты времени амплитуда и фаза изменяются скачком, что свидетельствует о фазовых превращениях в приповерхностном слое GaAs.

В настоящей работе рассматривалось изменение параметра dv/dt поверхностной акустической волны в зависимости от времени осаждения золота. При этом следует

иметь в виду, что скорость ПАВ отражает события, связанные с плоскостью, параллельной поверхности GaAs, в отличие от амплитуды ПАВ, которая фиксирует изменения среды в плоскости, перпендикулярной к поверхности [4-6]. Это является характерной особенностью волн Рэлея, коими и являются ПАВ. Кроме того, анализировался спектр колебаний dv/dt в зависимости от времени осаждения с помощью построения Фурье-образа.

2. Методика и техника эксперимента

Исследования процесса осаждения пленки золота с помощью ПАВ проводились в так называемом коммерческом вакууме (до 10^{-7} Торр). При этом высокочастотные сигналы передавались через имеющиеся в установке токовые вводы (рис. 1).

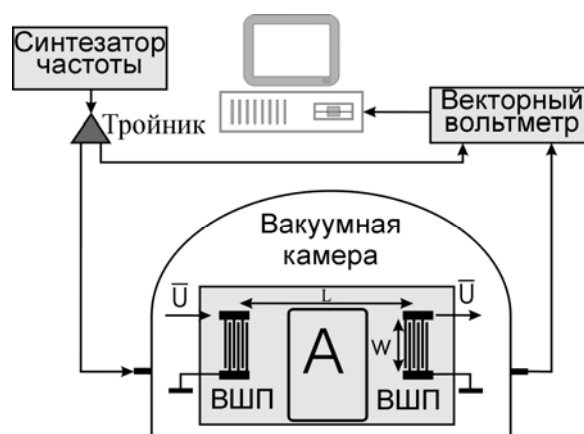


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для измерения параметров прохождения ПАВ: А – исследуемая область, IDT – встречно-штыревые преобразователи, W – апертура ВШП, \bar{U} – напряжение на входе и на выходе.

Образцами служили пластины из полуизолирующего (111) GaAs размером $30 \times 23 \text{ мм}^2$, на поверхность которых для возбуждения и приема ПАВ были нанесены тонкопленочные алюминиевые встречно-штыревые преобразователи (ВШП), работающие на центральной частоте 65 МГц. Перед проведением экспериментов поверхность образцов очищалась изопропиловым спиртом. Площадь облучения составляла $10 \times 15 \text{ мм}^2$, апертура ВШП – $W = 3.5 \text{ мм}$, расстояние между ВШП – $L = 15.5 \text{ мм}$. Амплитуда и фаза выходного сигнала ПАВ измерялись через равные промежутки времени 0.5 с.

Выбранная методика измерения параметров поверхностной акустической волны распространяющейся между ВШП, позволяла измерять амплитуду ПАВ с точностью до $\pm 0.01 \text{ дБ}$, фазу – до $\pm 1^\circ$, интервалы отсчетов времени с точностью до $\pm 10 \text{ мс}$. Потери во всем измерительном тракте до начала воздействия составляли 32 дБ. Максимальное значение выходного сигнала синтезатора частоты 0.7 В, волновое сопротивление тракта 50 Ом.

Измерения параметров ПАВ (амплитуды и фазы) проводились непосредственно до, во время и после осаждения пленки золота толщиной $\sim 2000 \text{ \AA}$. Осаждение золота осуществлялось за два последовательных цикла из двух испарителей: I – толщина пленок Au = (0–1000) \AA , II – толщина пленок Au = (1000–2000) \AA . Скорость осаждения в первом цикле составляла $\sim 0.86 \text{ \AA/с}$, а во втором цикле $\sim 1.75 \text{ \AA/с}$.

При анализе эксперимента наиболее удобно пользоваться оценкой изменения скорости ПАВ при наличии внешнего воздействия. Можно рассчитать фазовую скорость из выражения:

$$v_\phi = \frac{2\pi \cdot f \cdot \ell}{\varphi_p - \varphi}, \quad (1)$$

где v_ϕ – фазовая скорость, f – рабочая частота, φ_p – фаза расчетная для топологии экспериментального образца, φ – фаза измеряемая при внешнем воздействии (в его отсутствии = 0), ℓ – расстояние между ВШП. $\varphi_p = 2\pi(\ell / \lambda_0)$, где λ_0 – длина волны, $\lambda = v_0 / f$, где v_0 – скорость волны на свободной поверхности. Отсюда:

$$v_\phi = \frac{2\pi \cdot f \cdot \ell}{2\pi \cdot f \cdot (\ell / v_0) - \varphi}. \quad (2)$$

3. Изменение dv/dt в зависимости от времени осаждения Au

Изменение dv/dt ПАВ в зависимости от времени осаждения Au показано на рис. 2, 3 и, скорее всего, отображает изменение вязкости η приповерхностного слоя GaAs (падение-увеличение), поскольку $m d^2\xi/dt^2 = -\partial U/\partial\xi \sim \eta$ [7, 8]. При этом вязкость системы $\eta = \eta_0 \exp(-E_\eta / RT)$, где E_η – энергия активации вязкого течения, η_0 – постоянная, имеющая размерность вязкости. Можно показать, что энергия активации E_η , вызывающей изменение dv/dt в целом соответствует энергии плавления (затвердения) Ga.

Имеются два пика dv/dt , немного запаздывающих относительно пиков по рассеянной мощности (рис. 2). Они соответствуют реакциям образования и выпадения островков GaAs. Отставание от пиков по амплитуде говорит о том, что первичные изменения происходят в составе пленки Au-Ga-As [4-6], далее возникает пересыщение по мышьяку и выпадение островков GaAs.

Прежде всего, обращают на себя внимание скачкообразные изменения и пульсации в зависимости dv/dt от времени осаждения (рис. 3). Выделяются участки, когда $dv/dt \approx const$, которые отличаются между собой по величине.

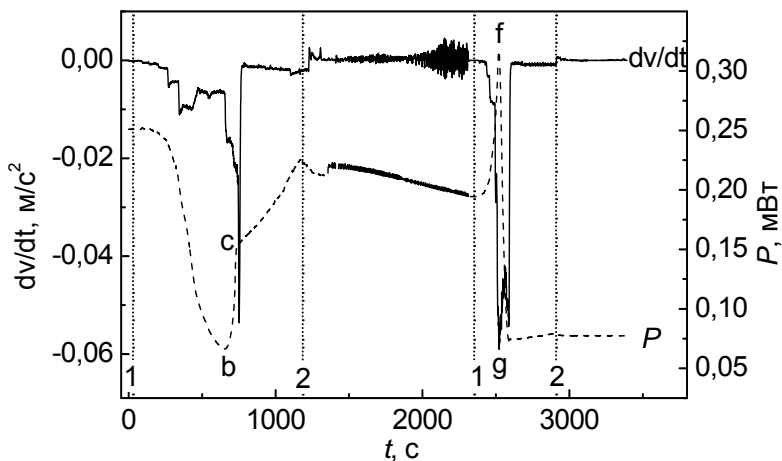


Рис. 2. P и dv/dt в зависимости от времени осаждения пленки золота t :

1 – испаритель включен, 2 – испаритель выключен.

Участки с $dv/dt \approx const$ соответствуют постоянной скорости относительной деформации, которая прямо пропорциональна давлению и обратно пропорциональна вязкости слоя $\dot{\epsilon} = P/\eta$. Могут быть выделены следующие стадии осаждения золота [8, 9].

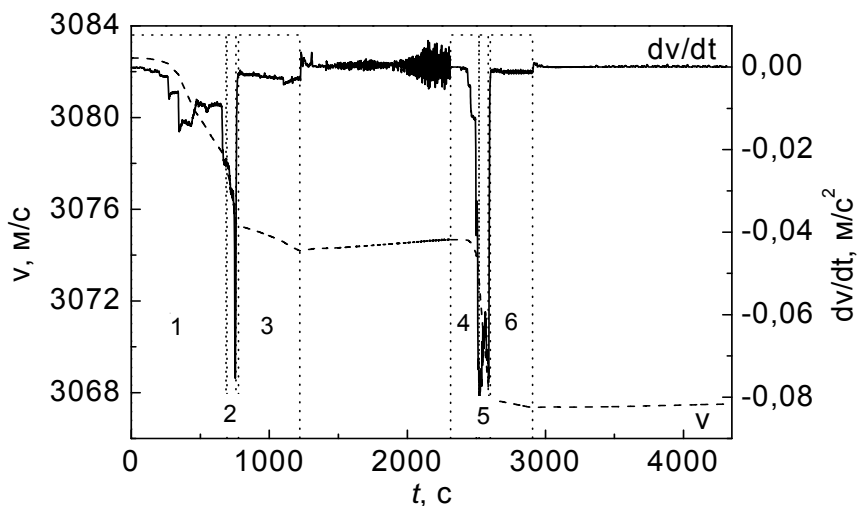


Рис. 3. Изменение скорости v и ее производной dv/dt в зависимости от времени осаждения золота.

1). На начальных этапах осаждения (до 600 с, часть 1, рис. 4) участки с постоянными dv/dt можно соотнести с изменениями (фазовыми превращениями) в слое оксида на поверхности GaAs.

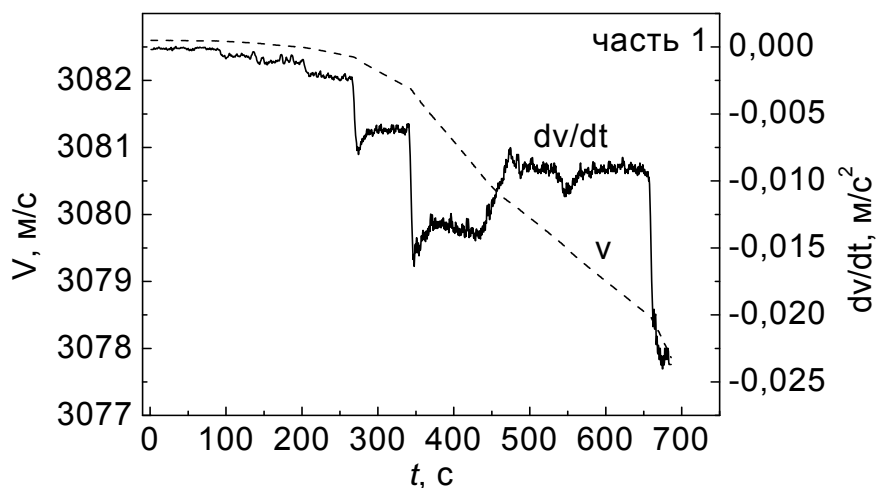
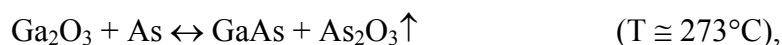


Рис. 4. Зависимость $v(t)$ и $dv/dt(t)$, часть 1 (рис. 3)

Как было показано ранее [10, 11], природный рыхлый слой оксида Ga-As-O претерпевает фазовые превращения под воздействием паров испаряемого золота: окисный слой из аморфного становится плотным, меняется и его состав. Так, например, уже при толщине пленки золота $\sim 10 \text{ \AA}$ образуется плотный окисный слой Ga_2O_3 (α - или β - модификации).

Следует заметить, что вначале (до осаждения золота) после обработки поверхности GaAs в концентрированном растворе HCl на поверхности GaAs

обнаруживаются тонкие плотные слои окислов Ga_2O_3 и As_2O_3 . При осаждении золота поверхность GaAs обедняется по галлию и соотношение Ga/As приближается к стехиометрическому, по-видимому, в соответствии со следующими реакциями:



Когда соотношение Ga/As близко к стехиометрическому, поверхность GaAs освобождается от загрязнений и остается практически свободной от окислов достаточно долгое время. Это объясняется тем, что реакция окисления GaAs – эндотермическая:



и ее протекание термодинамически не выгодно.

Таким образом, структура и состав поверхности GaAs, сформировавшейся после очистки, изменяются в процессе осаждения золота.

Наличие и изменение этого слоя по составу, во-первых, приводит к изменению давления со стороны приповерхностного слоя на арсенид галлия, во-вторых, пассивирует поверхность и противодействует реакциям взаимодействия золота с приповерхностным слоем арсенида галлия.

Сегрегация галлия (как на поверхности, так и под поверхностью окисного слоя) способствует ускорению химических реакций, поскольку атомарный галлий обладает большой химической активностью.

2). *Время осаждения $\text{Au} > 600$ с (рис. 5, часть 2)* – осуществляется непосредственный контакт пленка на основе золота - арсенид галлия. На стадии, когда твердый раствор на основе соединения Au-Ga становится жидкообразным, окисный слой растворяется в нем (съедается).

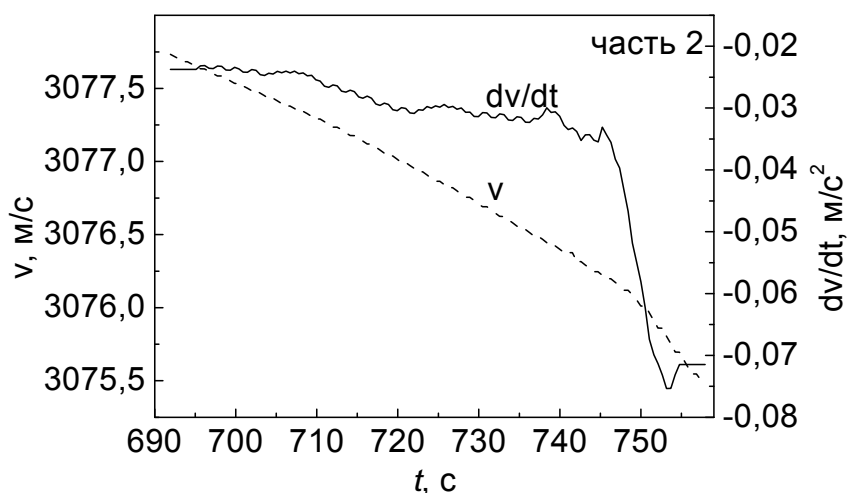


Рис. 5. Зависимость $v(t)$ и $dv/dt(t)$, часть 2 (рис. 3).

Приповерхностный слой испытывает напряжения сдвига, такие как растяжение, сжатие и повороты, и сам оказывает давление на низлежащий слой арсенида галлия ($dv/dt \sim p/h$), способствуя диффузионной ползучести и накопления галлия на границе с арсенидом галлия. Таким образом, участки с постоянным ускорением соответствуют

равному давлению приповерхностного слоя на GaAs. Это могут быть и слои природного окисла, и слои кристаллизующегося золота.

При изменении давления в приповерхностном слое вследствие эффектов пьезоэлектричества и электрострикции возникают электрические поля, и происходит деформация сдвига, которая вызывает повороты и перестройки структуры поверхности GaAs. На стадии преобразований в слое оксида механические силы деформации направлены перпендикулярно к поверхности GaAs, и направление электрического поля, перпендикулярное линиям напряжения деформации, лежит вдоль поверхности. Тогда как на стадии формирования островков чистого золота давление осуществляется уже вдоль поверхности GaAs, а направление электрического поля располагается перпендикулярно к поверхности арсенида галлия. На это указывает также расположение нитевидных островков выпавшего арсенида галлия: на начальном этапе образуются нитевидные островки арсенида галлия, вытянутые вдоль поверхности (вдоль направления электрического поля), а затем – перпендикулярно к поверхности (вдоль электрического поля).

Отсюда следует, что в процессе термического испарения золота температура, плотность и зарядовое состояние поверхности меняются. Перераспределения заряженных частиц, как по поверхности, так и на границе окисный слой – арсенид галлия синхронизируются электрическими полями как встроенными, так и возникающими перпендикулярно линиям напряженности механической деформации, возникающей, в свою очередь, в результате адсорбции золота.

Регулярные неоднородности по заряду и по плотности приводят к возникновению собственных колебаний в приграничных слоях с частотой отличной от частоты, задаваемой распространяющейся ПАВ. Быстрые движения заряженных частиц в этом случае фиксируются более медленными процессами: поворотами или движениями островков (это могут быть и тонкие слои, и длинные дислокации) по поверхности [12, 13].

Медленные передвижения островков происходят вследствие дискретного воздействия (ударов) на них двигающихся частиц, составляющих поток атомов, ионов или электронов, мигрирующих в направлении силовых линий электрического поля или благодаря диффузии, акустическая волна фиксирует эти относительно медленные перемещения изменением (пульсацией) параметров прохождения (ускорения), что будет рассмотрено ниже.

4. Пульсация величины dv/dt

На участке до 230 с (рис. 4) мелкие пульсации величины dv/dt могут быть связаны с передвижениями атомов (или кластеров) галлия, мышьяка, испаряемого золота по поверхности природного окисного слоя GaAs.

На участке 230–600 с (рис. 4) когда окисный слой становится тонким и плотным движение атомов Ga и/или кластеров осуществляется уже под слоем оксида на поверхности GaAs [14, 15].

В области 690–750 с (рис. 5) по мере накопления массы галлия под поверхностью окисного слоя вследствие реакции взаимодействия с ним образуется жидкообразная фаза, и на этой стадии давление со стороны приповерхностного слоя ослабевает. На данном участке зависимость dv/dt от времени имеет вид мелкой ряби.

В области 790–1200 с (рис. 6) обращают на себя внимание периодические пульсации на участках с постоянным средним значением dv/dt . Для каждого промежутка с квазипостоянным значением изменения скорости ПАВ эти пульсации имеют собственный характер, присущий конкретному отрезку времени осаждения.

Указанные колебания совпадают с графическим изображением потенциала движущихся частиц вблизи ловушки, относящимся только к определенной плоскости GaAs и опосредованно отражают спектр колебаний данной плоскости. Можно различить, по крайней мере, два участка по времени осаждения золота две плоскости: (111) – область 790–930 с и 100 – (930–1100) с. На третьем участке в области времени осаждения 1100–1200 с можно обнаружить и переход от колебаний в плоскости (100) к колебаниям в плоскости (111).

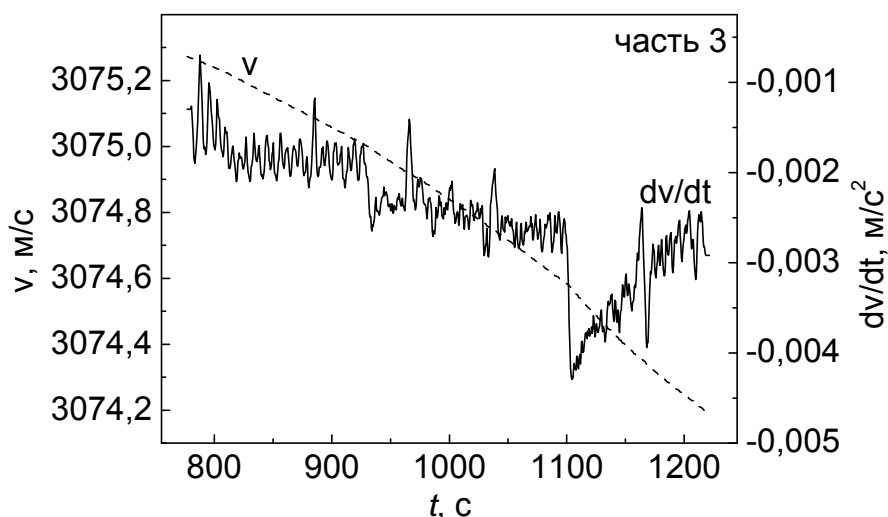


Рис. 6. Зависимость $v(t)$ и $dv/dt(t)$, часть 3 (рис. 3).

При отключении испарителя (рис. 7 – первая релаксация), можно видеть релаксационные колебания dv/dt в виде видеоимпульсов. На этой стадии жидкая фаза на основе Au-Ga, покрывающая ранее сформированную поверхность, включающую в себя нитевидные кристаллики GaAs, кристаллизуется с выпадением сверху слоя твердого раствора Au-Ga, покрытого сверху тонким слоем поликристаллического GaAs. В этом случае переходы атомов, частиц, молекул в другое состояние сопровождается импульсным излучением.

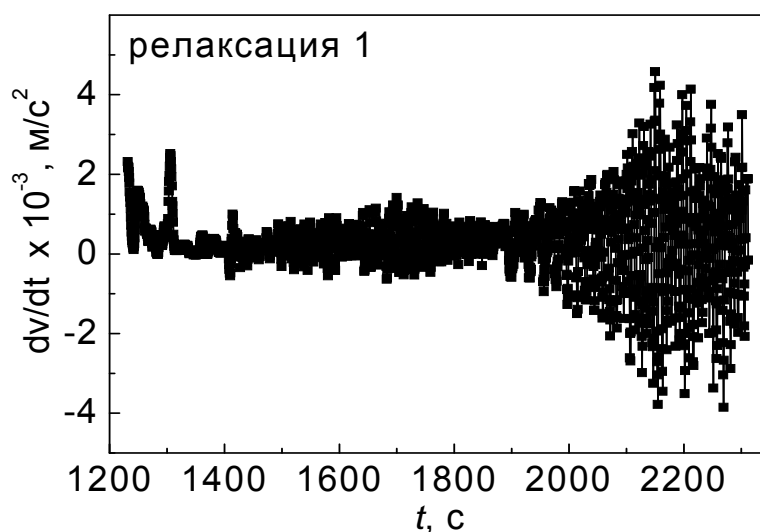


Рис. 7. Зависимость dv/dt от t после отключения испарителя.

В области 2350–2520 с (рис. 8) в результате осаждения из второго испарителя появляется картина, похожая на рис.4. Величина dv/dt изменяется (уменьшается) ступенчато, что связано с фазовыми превращениями в слое Au-GaAs: образование жидкой фазы (Au-Ga-As) + островки чистого золота, что приводит к изменению величины электрического напряжения в плоскости, перпендикулярной к поверхности GaAs и, в результате, к появлению механической деформации и смене ориентации в приповерхностном слое подложки.

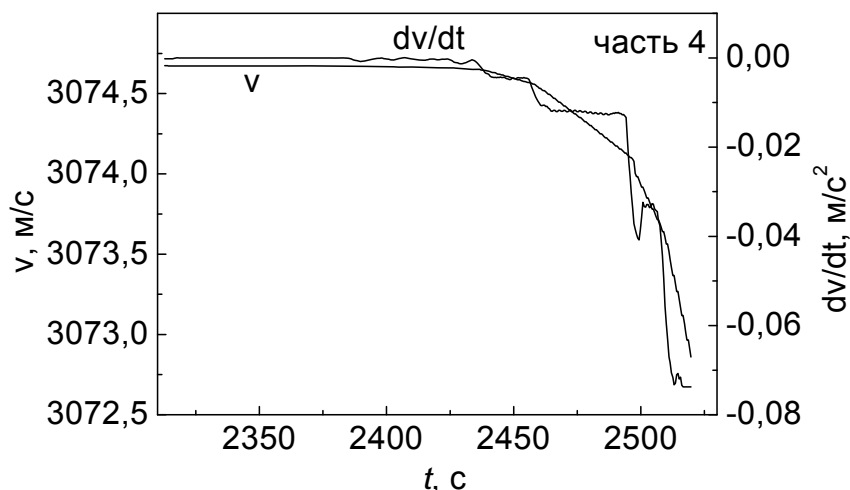


Рис. 8. Зависимости $v(t)$ и $dv/dt(t)$, часть 4 (рис. 2).

При дополнительном осаждении Au в области 2520–2580 с (рис. 9) обнаруживаются осцилляции величины dv/dt . Это стадия вторичного выпадения ориентированных островков GaAs. Осцилляции величины dv/dt в данном случае могут быть связаны с перемещениями ионов, атомов (островков или кластеров) галлия и мышьяка дендритного слоя (на основе раствора Au-Ga) в результате кристаллизации островков чистого золота.

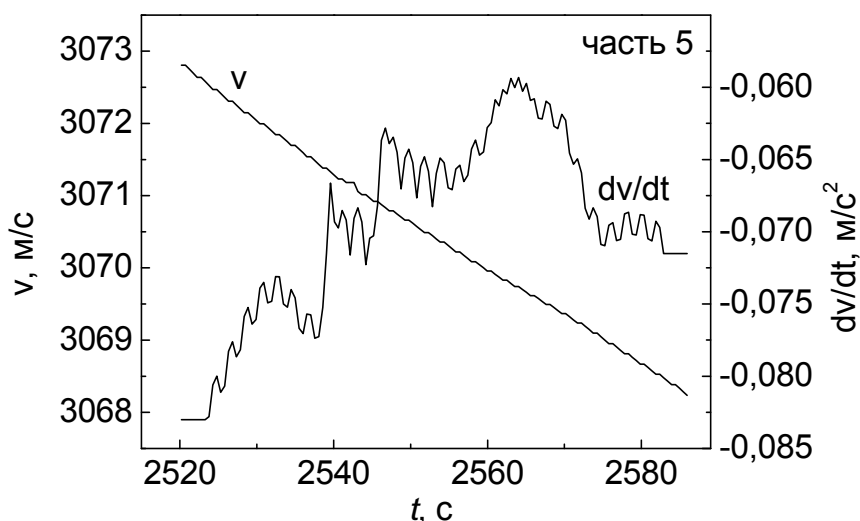


Рис. 9. Зависимости $v(t)$ и $dv/dt(t)$, часть 5 (рис. 2).

Передвижение их происходит по поверхности в направлении к краю островков золота. При этом изменяется давление в направлении параллельном к поверхности

подложки, а электрического поля перпендикулярно к подложке, в итоге меняется ориентация подложки.

В области 2600–2900 с (рис. 10) вследствие дальнейшей кристаллизации золота и сжатия приповерхностного слоя возникают колебания атомов решетки в плоскости (100). В этой области характер колебаний величины dv/dt с увеличением времени осаждения золота меняется, так как при кристаллизации и покрытии поверхности образца слоем металла (кристаллического золота) воздействие разогретого испарителя на поверхность GaAs снижается, в частности, за счет уменьшения таких процессов как:

- 1) влияния избыточных электронов и ионов, осаждаемых на поверхность металла, на величину поверхностного заряда;
- 2) воздействия света разогретого испарителя за счет увеличения отражательной способности;
- 3) увеличение теплопроводности поверхностного слоя.

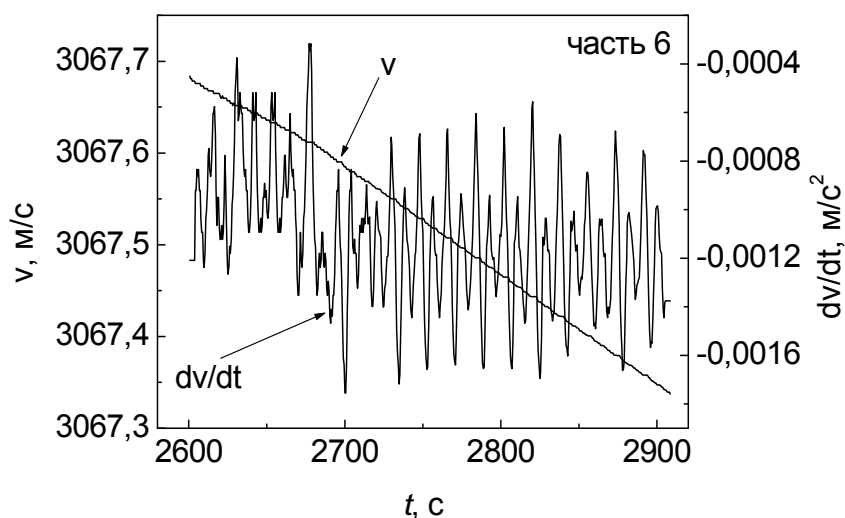


Рис. 10. Зависимости $v(t)$ и $dv/dt(t)$, часть 6 (рис. 2).

При этом временная зависимость колебаний величины dv/dt представляет собой совокупность релаксационных колебаний атомов в плоскостях (100) и (111), задаваемых механическими поворотами плоскостей. Повороты осуществляются ориентационными силами (силами напряжения), стремящимися согласовать решетку выпавших ранее островков GaAs с решеткой базисного арсенида галлия, для уменьшения напряжения. С увеличением времени испарения золота размах амплитуды dv/dt уменьшается.

Фурье-спектры колебаний dv/dt показаны на рис. 11. Как следует из преобразования Фурье выделенных областей (1-6) на кривой зависимости dv/dt от времени осаждения вид спектральных характеристик зависит от физико-химических реакций на поверхности арсенида галлия, и, главным образом, от степени солидификации приповерхностного слоя на основе золота.

В случае формирования кристаллических островков (на стадии формирования твердых растворов) спектральные характеристики колебаний имеют ярко выраженный линейчатый (дискретный) характер: участки 1, 3, релаксация 1, 5, 6.

Особенности колебаний структурных единиц поверхности в этом случае находятся в соответствии с процессами, приводящими к формированию в приповерхностном слое собственной бегущей звуковой волны, имеющей характер резкого кратковременного изменения давления, например, звуковая волна, создаваемая взрывом, искровым разрядом, соударением тел – импульс акустический [12].

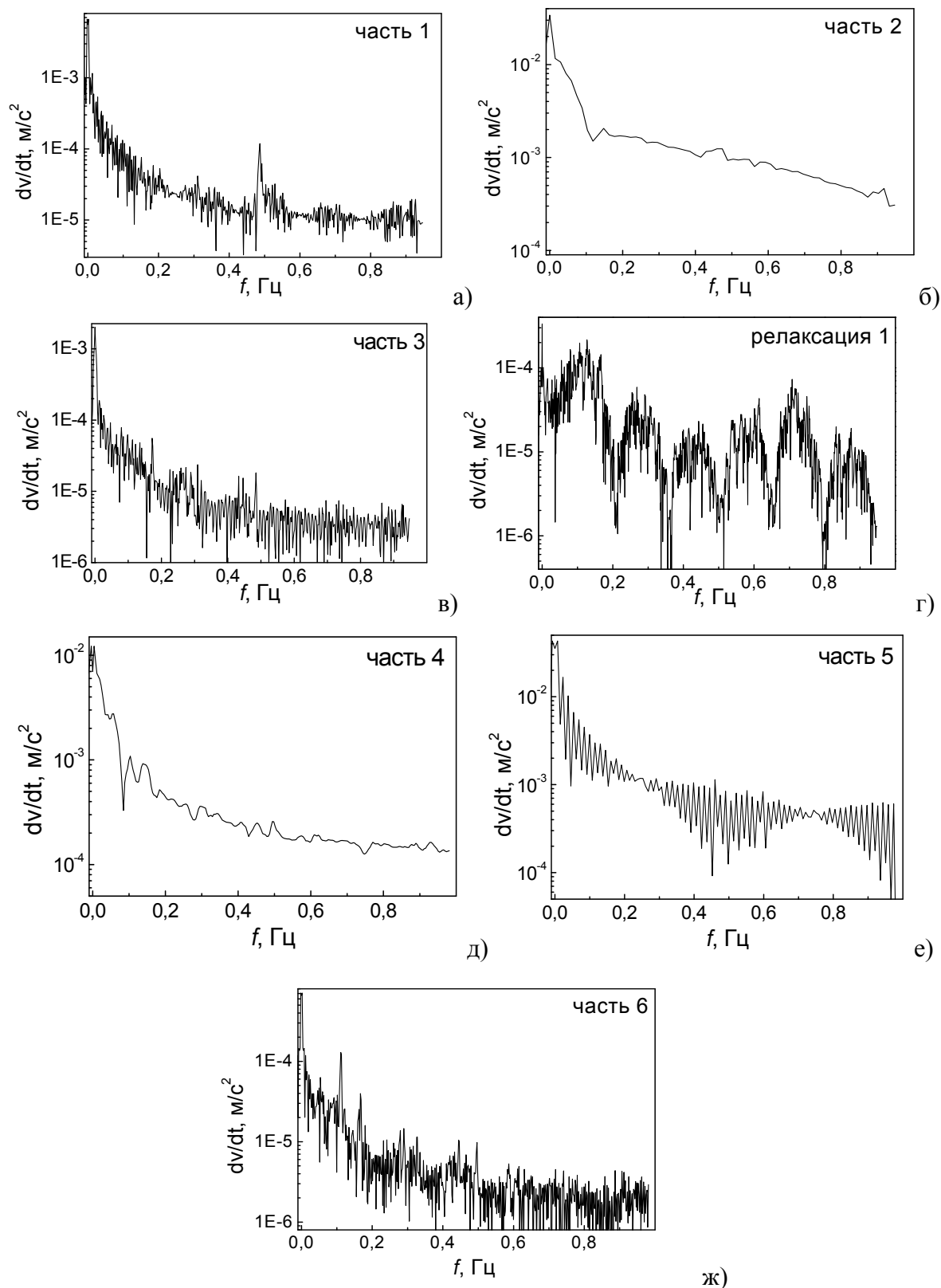


Рис. 11. Фурье-спектр, а) часть 1, б) часть 2, в) часть 3, г) релаксация 1, д) часть 4, е) часть 5, ж) часть 6.

Спектр такого акустического импульса – сплошной с максимумом в области частот, период которых близок к длительности акустического импульса.

Акустическим импульсом также является звуковая волна в виде цуга квазигармонических колебаний, включающего примерно от десяти до нескольких сотен периодов (так называемый заполненный акустический импульс). В случае образования жидкой фазы: участки 2, 4, они представляют собой кривые с непрерывным спектром.

На первом участке (рис. 11а) наряду с цугами спектра колебаний выделяется отдельный сигнал на частоте $f \sim 0.47$ Гц. Этот сигнал по частоте и энергии совпадает с вероятностью межзеренной диффузии в приповерхностном слое [16]. При этом образуются островки (зерна), вытянутые вдоль поверхности GaAs, что объясняется следующим образом. На стадии образования плотного слоя оксида вследствие изменения (увеличения) давления в направлении, перпендикулярном к поверхности GaAs, возникает электрическое поле в направлении параллельном поверхности. В результате формируется дрейф электронов и, как результат, выделяется джоулево тепло. На этой стадии прочность связи диэлектрика с полупроводником в приповерхностной плоскости снижается и создается возможность образования шнурового канала. Шнурование тока сопровождается пробой, как полупроводника, так и диэлектрика. Нагрев в нем приводит к упрочнению, а затем к разрушению материала. При этом в приповерхностном слое арсенида галлия возникают собственные колебания.

На втором участке (рис. 11б) вследствие образования жидкой фазы эти колебания гасятся.

На 3 участке (рис. 11в) после кристаллизации островков чистого золота и давления, направленного вдоль поверхности GaAs, возникает электрическое поле, направленное перпендикулярно к поверхности GaAs. На поверхности нитевидных островков арсенида галлия, вытянутых перпендикулярно поверхности арсенида галлия (рис. 11в) накапливается заряд и происходит разряд с острия. При этом спектр отличается от колебаний на участке 1.

В случае первого отключения (рис. 11г) при релаксации механических и электрических напряжений, энергии и перераспределения электрического заряда испарителя наблюдается спектр колебаний в виде отдельных чередующихся акустических цугов.

На участке 4 (рис. 11д) вследствие формирования жидкой фазы эти колебания гасятся.

На участке 5 (рис. 11е) вид спектральных характеристик приобретает вид последовательных цугов. Это связано с распределением зарядов на нитевидных островках GaAs, отличающихся согласованием с решеткой арсенида галлия и их пробоями.

На участке 6 (рис. 11ж) при покрытии поверхности слоем кристаллического золота вследствие отражательной способности металла и ослабления влияния, осажденных на поверхность заряженных частиц спектральная характеристика колебаний атомов на границе с арсенидом галлия меняется и приобретает вид релаксационных колебаний.

5. Выводы

С помощью измерения изменения скорости ПАВ фиксируются реакции физико-химического взаимодействия в направлении параллельном поверхности, что осуществляется вследствие расположения векторов скорости в волне Рэлея. Особенно информативно оказалось исследование изменения $dv/dt \sim \eta$, где η – вязкость. Построение Фурье-спектра от колебаний dv/dt в зависимости от времени осаждения золота фиксирует особенности фазовых превращений на границе металл-полупроводник, включая такие реакции как микропробой, акустическую и

электронную эмиссию, образование жидкой фазы и выпадение островков GaAs, что позволяет говорить о примененном методе как об акустическом спектральном анализе.

Литература

- [1] T.A. Briantseva, T.J. Bullough, D.V. Lioubtchenko, I.A. Markov, E.M. Tolmachev // *Physica B: Condensed Matter*. **84** (1999) 263.
- [2] D.V. Lioubtchenko, I.A. Markov, T.A. Briantseva // *Appl. Surf. Sci.* **194** (2002) 42.
- [3] D.V. Lioubtchenko, I.A. Markov, T.A. Briantseva // *Appl. Surf. Sci.* **211** (2003) 335.
- [4] Т.А. Брянцева, В.Е. Любченко, Д.В. Любченко, И.А. Марков // *Инженерная физика* **2** (2008) 31.
- [5] Т.А. Брянцева, Д.В. Любченко, И.А. Марков, Е.М. Толмачев // *Неорганические материалы* **45** (2009) 901.
- [6] Т.А. Брянцева, В.Е. Любченко, Д.В. Любченко, И.А. Марков, Е.М. Толмачев // *Радиотехника и электроника* **54** (2009) 621.
- [7] Я.И. Френкель, *Введение в теорию металлов* (Наука, Л., 1972).
- [8] Б.С. Бокштейн, *Диффузионная ползучесть / Диффузия в металлах* (Металлургия, М., 1978).
- [9] А.А. Детлаф, Б.М. Яворский, *Волны в упругой среде* (Высшая школа, М., 1989).
- [10] T.A. Briantseva, I.A. Markov, D.V. Lioubtchenko // *Proceedings of International Conference of Mass and Charge Transport in Inorganic Materials* (Italy, 2000) 477.
- [11] T.A. Bryantseva, D.V. Lioubtchenko, E.O. Yunevitch // *Japan Session Topic: Surface Evolution during Film Growth* Abstract Number: F10-014 (1988).
- [12] С.О. Гладков, *Физика композитов. Термодинамические и диссипативные свойства* (Наука, М., 1999).
- [13] Г. Матаре, *Электроника дефектов в полупроводниках* (Мир, М., 1974).
- [14] T.A. Briantseva, D.V. Lioubtchenko, V.V. Lopatin // *Appl. Surf. Sci.* **100/101** (1996) 169.
- [15] T.A. Briantseva, D.V. Lioubtchenko, V.E. Lyubchenko, S.A. Rostovtseva // *Appl. Surf. Sci.* **161** (2000) 219.
- [16] И. Каур, В. Густ, *Диффузия по границам зерен и фаз* (Машиностроение, М., 1991).

DEVIATION OF THE VELOCITY OF THE SURFACE ACOUSTIC WAVE PROPAGATING ALONG THE SURFACE OF GALLIUM ARSENIDE IN THE PROCESS OF DEPOSITION OF GOLD

T.A. Bryantseva¹, D.V. Lioubtchenko², I.A. Markov¹, Yu.A. Ten¹

¹ Kotel'nikov Institute of Radio Engineering and Electronics RAS (Fryazino Branch), sq. Vvedenskogo.1,
Fryazino, Moscow rgn., 141190, Russia

²Department of Radio Science and Engineering, Aalto University School of Science and Technology, PL 13000,
FI-00076 AALTO, Finland

*e-mail: tatiana@ms.ire.rssi.ru

Abstract. Precipitation of gold by vacuum evaporation creates heterogeneity in the surface layer of GaAs, which differ in structure and composition in a direction parallel to the surface

of gallium arsenide layers in the perpendicular direction. Reactions of physico-chemical interaction in the plane parallel to the GaAs surface are recorded by measuring the velocity of surface acoustic waves by virtue of the location of the velocity vectors in the wave. As it turned out, particularly informative study changes over time derivative of the velocity as a quantity proportional to viscosity. The oscillation spectrum shows the derivative of the velocity characteristics of phase transformations at the metal-semiconductor transition, including such reactions as microbreakdown, liquid phase formation and loss of islets GaAs.

References

- [1] T.A. Briantseva, T.J. Bullough, D.V. Lioubtchenko, I.A. Markov, E.M. Tolmachev // *Physica B: Condensed Matter* **84** (1999) 263.
- [2] D.V. Lioubtchenko, I.A. Markov, T.A. Briantseva // *Appl. Surf. Sci.* **194** (2002) 42.
- [3] D.V. Lioubtchenko, I.A. Markov, T.A. Briantseva // *Appl. Surf. Sci.* **211** (2003) 335.
- [4] T.A. Bryantseva, D.V. Lyubchenko, I.A. Markov // *Engineering Physics* **2** (2008) 31.
- [5] T.A. Bryantseva, D.V. Lyubchenko, I.A. Markov, E.M. Tolmachev // *Inorganic Materials* **45** (2009) 835.
- [6] T.A. Bryantseva, V.E. Lyubchenko, D.V. Lyubchenko, I.A. Markov, E.M. Tolmachev // *Journal of Communications Technology and Electronics.* **54** (2009) 592.
- [7] Ya.I. Frenkel, *Vvedenie v teoriyu metallov* (Nauka, L., 1972).
- [8] B.S. Bokstein, *Dyffuzionnaya polzuchest / Diffuziya v metallah* (Metallurgiya, M., 1978).
- [9] A.A. Detlaf, B.M. Yavorskiy, *Volny v uprugoy srede* (Vysshaya shkola, M., 1989).
- [10] T.A. Briantseva, I.A. Markov, D.V. Lioubtchenko // *Proceedings of International Conference of Mass and Charge Transport in Inorganic Materials.* (Italy, 2000) 477.
- [11] T.A. Bryantseva, D.V. Lioubtchenko, E.O. Yunevitch // *Japan Session Topic: Surface Evolution during Film Growth* Abstract Number: F10-014 (1988).
- [12] S.O. Gladkov, *Fizika kompozitov. Termodinamicheskie i dissipativnye svoystva* (Nauka, M., 1999).
- [13] Herbert F. Mataré, *Defect Electronics in Semiconductors* (Wiley-Interscience, New York-London-Sydney-Toronto, 1971).
- [14] T.A. Briantseva, D.V. Lioubtchenko, V.V. Lopatin // *Appl. Surf. Sci.* **100/101** (1996) 169.
- [15] T.A. Briantseva, D.V. Lioubtchenko, V.E. Lyubchenko, S.A. Rostovtseva // *Appl. Surf. Sci.* **161** (2000) 219.
- [16] I. Kaur, W. Gus, *Fundamentals of Grain and Interphase Boundary Diffusion* (Ziegler Press, Stuttgart, 1989).