

УДК 621.315.592

Деформация поверхности арсенида галлия в процессе осаждения золота

© Т.А. Брянцева[¶], Д.В. Любченко, И.А. Марков, Ю.А. ТенИнститут радиоэлектроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук (Фрязинский филиал),
141190 Фрязино, Россия

(Получена 28 апреля 2011 г. Принята к печати 16 мая 2011 г.)

Изучены явления деформации приповерхностных слоев арсенида галлия с помощью поверхностных акустических волн в процессе осаждения золота и облучения поверхности полупроводника светом разогретого испарителя. Показано, что в случае осаждения золота в результате фазовых превращений в системе Au–Ga–As происходит пластификация приповерхностных слоев, тогда как при облучении светом поверхности GaAs — формирование крупнозернистого слоя оксида с жидкоподобными прослойками. В результате изменяются вид деформаций поверхности и время их релаксации. Интегральные временные характеристики поверхностной акустической волны, такие как интегралы изменения ее скорости и рассеянной мощности, отражают протекающие на поверхности процессы в режиме реального времени. Суммарно они отображают текущую величину результирующей деформации. Определены параметры протекающих процессов, такие как величина энергии активации и времени релаксации.

1. Введение

При создании полупроводниковых приборов, например таких, как диоды Шоттки и диоды Ганна на основе GaAs, наибольшее применение получили контакты, получаемые путем осаждения золота с помощью испарения в вакууме.

Как показано в [1–8], в процессе осаждения золота на границе с приповерхностным слоем арсенида галлия происходят реакции физико-химического взаимодействия. В результате осуществляются фазовые переходы с выделением или поглощением тепла, такие, например, как образование твердого раствора на основе соединений Au–Ga, островков GaAs (в виде вискерсов) или жидкой фазы. Механизм фазовых переходов связан, как известно, с изменением частот колебаний атомов в решетке, а в некоторых случаях — с появлением (при определенной температуре и давлении) неустойчивой моды колебаний [9]. При этом равновесная кристаллическая структура соответствует определенному минимуму свободной энергии кристалла. С другой стороны, регулярные неоднородности по заряду и по плотности, возникающие в процессе осаждения металла, приводят, как известно, к возникновению собственных колебаний в приграничных слоях полупроводников. Полиморфное превращение непосредственно связано со скачкообразным изменением частоты колебаний атомов. По интегральному изменению скорости акустической волны можно оценить, согласно [9], изменение внутренней энергии кристалла. Результирующие энергии колебаний вызывают возникновение фононов другого типа, которые, взаимодействуя в свою очередь с электронными зонами, могут вызвать изменение электронного спектра (ширины запрещенной зоны) и, как следствие, фазовый переход, например, из более симметричной фазы

в менее симметричную фазу. Таким образом, вблизи фазового перехода возможно наличие мягкой моды колебаний.

Вследствие пластической деформации и возникновения внутренних электрических полей при осаждении Au возникает дрейф или диффузия заряженных частиц. Движущаяся частица связана с определенным типом колебаний решетки. Быстрые движения заряженных частиц в этом случае фиксируются более медленными процессами: поворотами или движением островков (это могут быть и тонкие слои, и длинные дислокации) по поверхности. 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 вследствие диффузии. Поверхностная акустическая волна способна фиксировать эти относительно медленные перемещения изменением параметров прохождения [10].

В настоящей работе проводилось исследование деформации поверхности с помощью измерения интегральных характеристик изменения скорости и энергии потерь поверхностных акустических волн (ПАВ).

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 токовые вводы.

Образцами служили пластины из полупроводящего (111) GaAs размером 30×23 мм, на поверхность которых для возбуждения и регистрации ПАВ были нанесены тонкопленочные алюминиевые встречно-штыревые преобразователи (ВШП), работающие на центральной

[¶] E-mail: tatiana@ms.ire.rssi.ru

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 ПАВ [4,5], распространяющейся между ВШП, позволяла измерять ее амплитуду с точностью до $\pm 0.01 \text{ дБ}$, фазу — до $\pm 1^\circ$, при этом интервалы отсчетов времени задавались с точностью до $\pm 10 \text{ мс}$. Потери во всем измерительном тракте до начала воздействия составляли 32 дБ. Максимальное значение амплитуды 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 $\sim 1.75 \text{ \AA/с}$.

2.1. Оценка потерь энергии при распространении ПАВ

Мощность акустической волны на входе в пространство взаимодействия можно определить как $P_{AM} = P_B/X_0$, где $P_B = U_B^2/R$ — мощность электромагнитной волны, поступающей на вход образца, U_B — напряжение на входе образца, R — волновое сопротивление тракта, X_0 — потери на преобразование ВШП.

Измеряемая на опыте величина A — амплитуда относительно опорного сигнала $A = -10 \log(P_{OK}/P_{UK})$ (индекс OK — опорный канал, UK — измерительный канал) связана с потерями в тракте X соотношением $X = 10^{-A/10}$.

В отсутствие воздействия внешних факторов на кристалл потери X обусловлены только потерями преобразования ВШП, и у нас два идентичных преобразователя: $X_0 = 10^{-A_0/20}$, $P_{AM0} = P_B/X_0 = U_B^2/R \cdot 10^{A_0/20}$.

Рассмотрим случай с внешним воздействием. Поскольку мы считаем, что все процессы протекают только между ВШП, то $A = A_0 - A_1$, где A_1 — измеренная амплитуда при воздействии. Следовательно, $X_1 = 10^{-(A_0 - A_1)/10}$, а $P_{AM1} = P_{AM0}/X_1 = (U_B^2/R) \cdot 10^{(3A_0 - 2A_1)/20}$.

Теперь можно оценить энергию, поглощаемую за время воздействия t_1 в приповерхностном слое GaAs в области между преобразователями:

$$E = \int_{t_0}^{t_1} P_{AM1}(t) dt.$$

2.2. Оценка изменения скорости ПАВ

При анализе эксперимента наиболее удобно пользоваться оценкой изменения скорости ПАВ при наличии внешнего воздействия. Можно рассчитать фазовую скорость из выражения $v_\phi = 2\pi \cdot f \cdot l / (\varphi_p - \varphi)$, где v_ϕ — фазовая скорость, f — рабочая частота, φ_p — фаза расчетная для топологии экспериментального образца, φ — фаза, измеряемая при внешнем воздействии (в его отсутствие $\varphi = 0$), l — расстояние между ВШП. $\varphi_p = 2\pi l/\lambda_0$, где λ_0 — длина волны, $\lambda = v_0/f$, где v_0 — скорость волны на свободной поверхности. Отсюда

$$v_\phi = \frac{2\pi f l}{2\pi f \frac{l}{v_0} - \varphi}.$$

Полученные результаты изменения параметров распространения ПАВ в течение процесса сравнивались с результатами исследований, проведенных ранее с помощью оптической микроскопии, электронной микроскопии, дифракции электронов высокой энергии (HEED), а также методов прецизионного химического анализа [4,5].

3. Экспериментальные данные и их аппроксимация

3.1. Зависимость рассеянной энергии ПАВ и интегральной характеристики $\Delta v/v$

Зависимость рассеянной энергии ПАВ и интегральной характеристики $\Delta v/v$ от времени осаждения золота представлены на рис. 1. Аппроксимации начальных участков кривых приведены на рис. 2.

Как можно видеть, эти зависимости отличаются друг от друга. Следует учесть тот факт, что отличия в изменениях энергии потерь и скорости ПАВ связаны прежде всего с тем, что амплитуда волны отражает изменения в плоскости, перпендикулярной к поверхности GaAs,

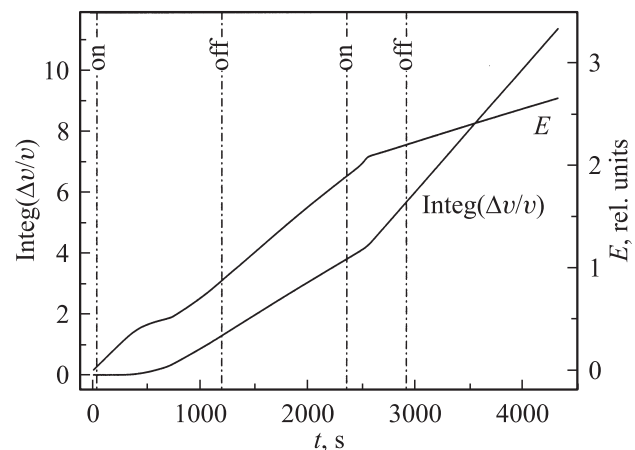


Рис. 1. Зависимость осаждения Au: E_{pu} и $\int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt$ от времени осаждения.

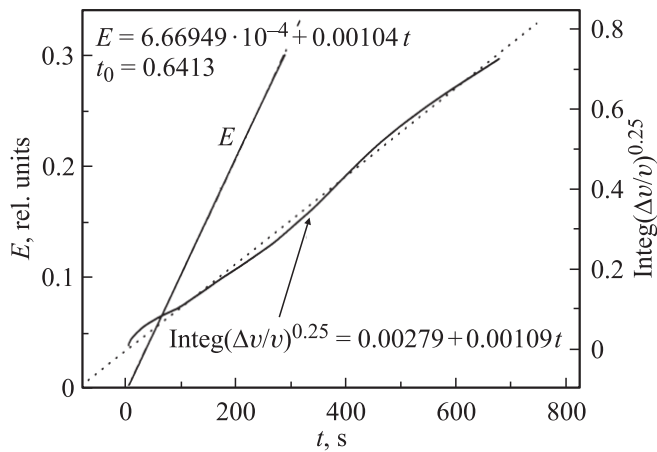


Рис. 2. Аппроксимация кривых $E(t)$ и $\Delta v/v(t)$.

тогда как скорость отмечает изменения в плоскости, параллельной подложке в силу расположения их векторов в волне Рэлея.

Кроме того, различие в поведении этих кривых со временем осаждения золота и схождение их в одну точку указывает на различные пути (способы) перевода поверхности GaAs из энергетического состояния (1) в состояние (2)

3.2. Интегральная функция $\Delta v/v$ от времени осаждения золота

Вид кривой, изображенной на рис. 1, подобен графикам, показывающим зависимость внутренней энергии кристалла от конфигурационной энтропии, описывающим полиморфные превращения в кристаллических структурах (фазовые превращения [9]).

Деформация сдвига при этом, как известно, определяется относительным сдвигом под действием напряжения P в соответствии с выражением, таким как $\varphi = \Delta v/v = \text{tg } \gamma$; $\varphi = P/E$, где E — коэффициент пропорциональности (или модуль Юнга). Деформация при постоянном напряжении пропорциональна времени действия этого напряжения $\varphi = P\tau/\eta$ [11]. На графике зависимости интегральной функции $\int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt$ от времени осаждения золота можно выделить следующие отрезки.

1. На отрезке времени 0–750 с. Величина $\int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt$ вначале осаждения увеличивается по степенному закону, что можно соотнести с фазовыми превращениями в пленках. Пленки золота толщиной до 500 Å — не сплошные. При этом происходит трансформация слоя аморфного оксида, присутствующего, как правило, на поверхности GaAs, вследствие воздействия на него электронов, ионов и атомов, поступающих как из остаточных газов вакуумной камеры, так и от раскаленного испарителя. В результате формируется крупнозернистый слой

плотного оксида β - или α -модификации [6] с прослойками жидкоподобной фазы на основе соединений Au–Ga.

Механизм фазовых переходов при этом определяется пластической деформацией [11] и, как следствие, изменением частот колебаний атомов в решетке и появлением неустойчивой моды колебаний. Полиморфное превращение непосредственно связано со скачкообразным изменением частоты колебаний атомов. При этом по интегральному изменению скорости $\int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt$ можно оценить, согласно [9], изменение внутренней энергии кристалла как $E_\alpha - E_\beta = \varepsilon$, относящейся соответственно к состояниям α или β .

Различие в степенных функциях аппроксимации, с одной стороны, может указывать на разницу в количествах ориентированных кристаллических островков в аморфизированном слое Au–Ga–As в плоскости, перпендикулярной к поверхности GaAs и параллельной к ней [11], и на то, что вязкость в плоскости, параллельной поверхности, является неньютоновской [12]. Ньютоновская вязкость неньютоновской жидкости определяется как

$$\eta = P \left/ \frac{d\varphi}{dt} \right. = k \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^{n-1}.$$

При $n = 1$ константа k совпадает со значением неньютоновской вязкости. Степень отклонения изучаемой жидкости от неньютоновских характеризуется отклонением n от единицы. Для $n > 1$ (случай дилатантных жидкостей) вязкость растет с увеличением скорости сдвига; при $n < 1$ (псевдопластические жидкости) характерно снижение ньютоновской вязкости с ростом скорости сдвига.

2. С повышением времени осаждения 750–1100 с интегральная зависимость $\int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt$ от времени освещения испарителем изменяется по закону, близкому к линейному.

Изменение на линейных участках соотносится, скорее всего, с фазовыми переходами, обусловленными движением частиц на границе с арсенидом галлия [9,10].

Регулярные неоднородности по заряду и по плотности приводят к возникновению собственных колебаний в приграничных слоях с частотой, отличной от частоты, задаваемой распространяющейся ПАВ (GaAs — пьезоэлектрик).

Очевидно, что частицы могут двигаться со скоростью гиперзвуковой волны, с учетом длины свободного пробега, равной ~ 1000 Å, частота колебаний соответствует 10^{10} с^{-1} , либо со скоростью электронов (частота колебаний 10^{12} с^{-1}). Наибольшие скорости имеют частицы, когда частота наведенных колебаний находится в резонансе с собственной частотой колебаний частиц. Для ионов Ga (электронов) она соответствует 10^{10} с^{-1} и для ионов As (дырок) 10^{12} с^{-1} . В результате возникают фононы другого типа, которые вызывают изменение

электронного спектра и, как следствие, фазовый переход [9].

Приращение свободной энергии кристалла $E_\alpha - E_\beta$ в этом случае определяется из разности энергий между двумя соседними зонами (ширины запрещенной зоны) кристалла.

3.3. Рассеянная энергия

Величина рассеянной энергии E_0 изменяется со временем осаждения золота по другому закону и в противофазе с $\int_{t_0}^t (\frac{\Delta v}{v})^{0.25} dt$. Аппроксимации начальных участков кривых представлены на рис. 2. Как можно видеть, эти зависимости отличаются друг от друга.

3.4. Результирующая энергия

Зависимость $E_{pu} + \int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt$ от времени осаждения представлена на рис. 3. Можно показать, что эта сумма соответствует величине результирующей деформации [13]. Известно, что энергия результирующей деформации включает в себя как энергию упругой деформации, так и энергию вязкого течения и может быть записана как

$$\eta \frac{d\varphi}{dt} = -\frac{\eta}{G} \omega P_0 \sin \omega t + P_0 \cos \omega t,$$

где $\frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{G} \frac{dP}{dt} + \frac{P}{\eta}$ — результирующая деформация, G — модуль сдвига, $\varphi = P_{xy}/G$ — угол в плоскости XY , на который поворачиваются ребра куба в плоскости XY , равный отношению напряжения к модулю сдвига.

Результирующая деформация складывается из упругой части, когда деформация пропорциональна действующей силе: $\varphi = P/G$, и из части текучей, когда производная деформации по времени пропорциональна

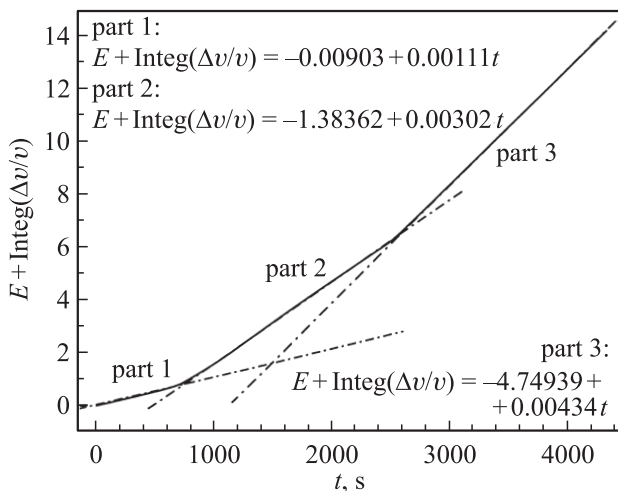


Рис. 3. Зависимость суммы E_{pu} и $\Delta v/v$ от времени и ее аппроксимация.

силе: $\frac{d\varphi}{dt} = P/\eta$. Вязкость системы при этом равна $\eta = \eta_0 \exp(E_\eta/RT)$, где η_0 — постоянная, имеющая размерность вязкости.

Напряжение P со временем спадает как $P = P_0 \exp(-Gt/\eta)$. Поскольку $\int_{t_0}^t P dt = \int_{t_0}^t \frac{E}{t} dt$, т.е. $\int_{t_0}^t \frac{E}{t} dt \propto \ln P$, и $\ln P \propto \frac{Gt}{\eta}$, кроме того, $\int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt \propto \ln \frac{\Delta v}{v}$, при этом $\ln(\Delta v/v) \propto E_\eta/RT$, сумма $S = \int_{t_0}^t \frac{E}{t} dt + \int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt \approx -\frac{E_\eta}{RT} + \frac{Gt}{\eta}$. Отсюда следует, что выражение $E + \int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt = A + k \cdot t$, полученное для зависимости величины $E_{pu} + \int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt$ от времени осаждения золота t (рис. 3, б), соответствует $-E_\eta/RT + G \cdot t/\eta$, т.е. $A = -E_\eta/RT$ и $k = G/\eta$.

Можно определить энергию активации вязкого течения E_η и время релаксации $t_0 = G/\eta$ для трех разных участков на рисунке:

- 1) $\varepsilon_1 = 0.0257$ эВ,
- 2) $\varepsilon_2 = 2 \times 0.0077$ эВ,
- 3) $\varepsilon_3 = 0.056$ эВ (2×0.028 эВ),

а времена релаксации напряжения t_0 составляют: $t_{01} = 900$ с, $t_{02} = 331$ с, $t_{03} = 230$ с соответственно.

В первом случае величина ε_1 близка к энергии поперечных акустических фононов (0.024 эВ) либо к энергии поперечных оптических фононов (0.028 эВ), во втором — ε_2 соответствует энергии продольных акустических фононов (0.008 эВ), в третьем — энергии поперечных оптических фононов (0.028 эВ) [14]. Поскольку каждая из плоскостей имеет собственную частоту колебаний решетки, можно также говорить о смене ориентации приповерхностного слоя (111) \leftrightarrow (100).

4. Изменение интегральных характеристик $\Delta v/v$ и $E_{o.e.}$ в зависимости от времени выдержки под действием света от разогретого испарителя

Несколько иная картина наблюдается при облучении GaAs светом разогретого испарителя (рис. 4). Зависимости $\int_0^t \frac{\Delta v}{v} dt$ и E_{pu} от времени выдержки под действием света испарителя отличаются от случая осаждения золота. При этом они имеют противоположные знаки при экспоненте. Вследствие чего отличаются и знаки потенциала двойного электрического слоя, а следовательно, и механическое напряжение: приповерхностный слой сжимается в первом случае и растягивается — во втором. Это объясняется тем, что реакции физико-химического взаимодействия имеют различную природу.

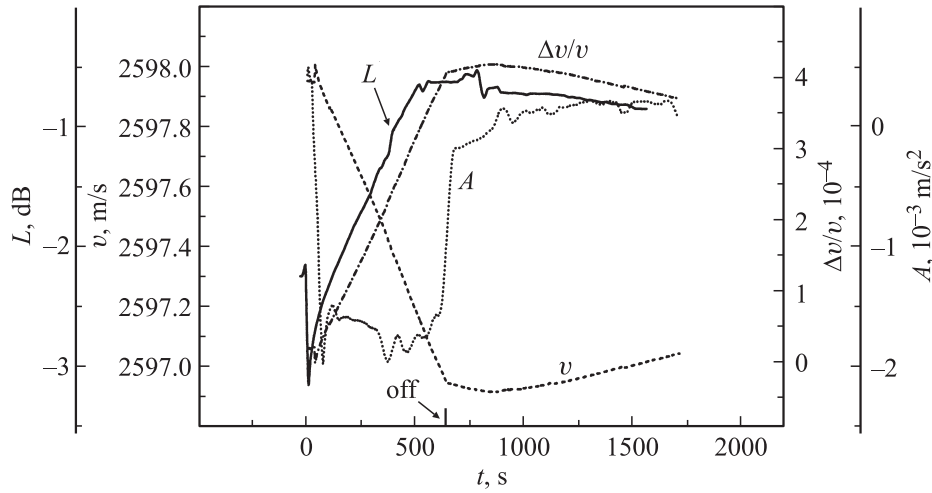


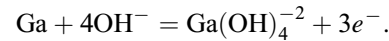
Рис. 4. ПАВ-диагностика: воздействие светом испарителя на (111) GaAs: L — амплитуда поверхностной акустической волны, v — скорость, A — dv/dt .

При осаждении золота реакции взаимодействия осуществляются в системе Au–Ga–As, а при освещении поверхности светом испарителя в системе Ga–As–O–H. Изменения структуры и состава поверхности при включении испарителя выражаются в появлении и нарастании слоя природного оксида GaAs. Морфология поверхности GaAs отличается образованием крупнозернистого слоя Ga_2O_3 с прослойками жидкоподобной фазы на основе Ga.

В случае осаждения пленки металла часть электронов покидает поверхность вследствие малой работы выхода электронов с поверхности GaAs по сравнению с Au, и образуется полупрозрачный слой. Кроме того, осаждаемая пленка металла в какой-то степени экранирует поверхность образца GaAs от света испарителя.

В случае же образования на поверхности GaAs слоя природного оксида, наоборот, формируется слой, обога-

щенный электронами. Обогащение электронами происходит как за счет поступления их из разогретого испарителя, так и за счет химических реакций образования оксида на свету, такой, например, как [7]



Как можно видеть, зависимость суммы $\int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt$ и E_{pu} от времени выдержки под действием света разогретого испарителя становится прямой в виде $(\int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt) \frac{1}{\pi} + E_{pu}$.

Величина π указывает в данном случае на значение коэффициента, отражающего взаимодействие между зернами дисперсной фазы оксида через жидкоподобную прослойку, определяемую экспериментально в [12], как $\beta = \alpha^2/2 = 3.14$. Отсюда коэффициент α для частиц, форма которых отличается от сферических, равен 2.5, что соответствует обычно принимаемой величине. Эти коэффициенты определяют приращение вязкости $d\eta$ в агрегативно устойчивых дисперсных системах за счет приращения концентрации dc дисперсной фазы.

После разделения переменных интегрирования в пределах от нулевой до конечной концентрации приращение вязкости в этом случае описывается как $\ln(\eta/\eta_0) = \alpha c$. Распространенной формой этого выражения является $\eta = \eta_0(1 + \alpha c + \beta c^2 + \dots)$.

Оказалось, что энергия активации изменения суммы $(\int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt) \frac{1}{\pi} + E_{pu}$ со временем экспозиции под действием света, вычисленная из аппроксимации прямой, соответствует 0.0257 эВ и совпадает с энергией активации, определяемой из данных по осаждению золота на начальном этапе роста, когда пленка Au не сплошная, что также свидетельствует о переходе плоскости (111)GaAs в (100)GaAs. Время релаксации напряжения равно 5690 с.

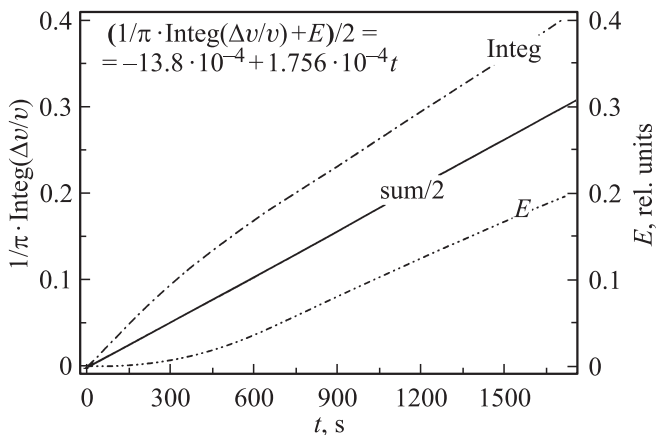


Рис. 5. Сумма $(\int_{t_0}^t \frac{\Delta v}{v} dt) \frac{1}{\pi} + E_{pu}$ в зависимости от времени выдержки под светом испарителя и ее аппроксимация.

5. Заключение

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы. При осаждении пленок золота происходит деформация поверхности арсенида галлия. Прежде всего выделяются такие механические напряжения, как сжатие и растяжения, и, как следствие, фазовые переходы типа $(111)\text{GaAs} \leftrightarrow (100)\text{GaAs}$. Это соответствует изменению знака величины поверхностного заряда и двойного электрического слоя. Изменяются также направления и скорости заряженных частиц на границе Au–GaAs как со стороны GaAs, так и со стороны окружающей среды.

Различия в поведении приповерхностных слоев GaAs в процессе осаждения золота и при облучении светом разогретого испарителя связаны с физико-химическими реакциями взаимодействия частиц испаряемого золота с приповерхностным слоем полупроводника, а при освещении поверхности светом испарителя с ионизованными остаточными газами вакуумной камеры.

Исследование с помощью ПАВ позволяет отслеживать эти превращения в *online* режиме. Обработка данных изменения скорости и рассеянной мощности, в частности изменения их интегральных характеристик, включая их суммирование, позволяет определить энергию результирующих деформаций, их вид и время релаксации. При этом выявляются такие эффекты протекающих процессов, как пластификация слоя в случае осаждения Au и формирование жидкоподобных прослоек между зернами оксида при облучении поверхности GaAs светом разогретого испарителя.

Список литературы

- [1] T.A. Briantseva, Z.N. Lebedeva, I.A. Markov, T.J. Bullough, D.V. Lioubtchenko. *App. Surf. Sci.*, **143**, 223 (1999).
- [2] D.V. Lioubtchenko, I.A. Markov, T.A. Briantseva. *App. Surf. Sci.*, **211** (1–4), 335 (2003).
- [3] T.A. Briantseva, T.J. Bullough, D.V. Lioubtchenko, I.A. Markov, E.M. Tolmachev. *Abstracts 9th Int. Conf. on Phonon Scattering in Condensed Matter* (Lancaster, UK, 1998).
- [4] Т.А. Брянцева, В.Е. Любченко, Д.В. Любченко, И.А. Марков. *Инженерная физика*, **2**, 31 (2008).
- [5] Т.А. Брянцева, Д.В. Любченко, И.А. Марков, Е.М. Толмачев. *Неорг. матер.*, **45** (8), 901 (2009).
- [6] I.A. Markov, T.A. Briantseva, D.V. Lioubtchenko. *Proc. Int. Conf. of Mass and Charge Transport in Inorganic Materials* (Italy, 2000) p. 701.
- [7] T.A. Briantseva, I.A. Markov, D.V. Lioubtchenko. *Proc. Int. Conf. of Mass and Charge Transport in Inorganic Materials* (Italy, 2000) p. 477.
- [8] D.V. Lioubtchenko, I.A. Markov, T.A. Briantseva, V.E. Lioubtchenko. *Proc. WOCSDICE 2001* (Cagliari, Italy, May, 2001) p. 123.
- [9] В.М. Фридкин. *Динамика решетки и фазовые переходы. Современная кристаллография* (М., Наука, 1979) т. 2, гл. 4, с. 262.

- [10] С.О. Гладков. *Физика композитов. Термодинамические и диссипативные свойства* (М., Наука, 1999).
- [11] А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. *Волны в упругой среде. Курс физики* (М., Высш. шк., 1989).
- [12] Ю.Г. Фролов. *Количественные характеристики когезии и адгезии. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы* (М., Химия, 1982).
- [13] Я.И. Френкель. *Введение в теорию металлов* (Л., Наука, 1972).
- [14] *Арсенид галлия. Получение, свойства и применение: Коллективная монография*, под ред. Ф.П. Кесаманлы, Д.Н. Наследова (М., Наука, 1973).

Редактор Л.В. Беляков

Surface deformation of gallium arsenide during the gold deposition

T.A. Briantseva, D.V. Lioubtchenko, I.A. Markov, Yu.A. Ten

Kotel'nikov Institute
of Radioengineering and Electronics,
Russian Academy of Science,
141190 Fryazino, Russia

Abstract Investigation of the deformation excited during gold deposition by the vacuum evaporation at $(100)\text{GaAs}$ was carried out. It was shown that Au–Ga–As phase transforming due to Au deposition has a result plasticizing undersurface layers, whereas the oxide largegrain film with liquid-like layers is found to be at the illuminated GaAs surface. At this kind of the surface deformations and its time period relaxations are changed. The integral time characteristics of the surface acoustic wave so as the integral of the velocity and dispersed power changing account for the undersurface interaction going in the real time. The sum of these characteristics is corresponded to the magnitude of the deformation resulting which is changed in the course of time. It was found the parameters of the process proceeding such as the activation energy and relaxation time.