

Эллипсометрический *in situ* контроль процессов роста буферных слоев ZnTe и CdTe в технологии молекулярно-лучевой эпитаксии кадмий-ртуть-теллура

© В.А. Швец^{1,2}, Д.В. Марин^{1,2}, М.В. Якушев¹, С.В. Рыхлицкий¹

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, 630090 Новосибирск, Россия

² Новосибирский государственный университет, 630090 Новосибирск, Россия

E-mail: basil5353@mail.ru

Поступила в Редакцию 15 июня 2023 г.

В окончательной редакции 28 июля 2023 г.

Принята к публикации 3 августа 2023 г.

Рассмотрены проблемы *in situ* эллипсометрического контроля при выращивании буферных слоев ZnTe и CdTe, предназначенных для эпитаксии кадмий-ртуть-теллура. Установлено, что для 20 нм слоев ZnTe спектральные зависимости оптических постоянных вблизи края поглощения носят размытый характер, что свидетельствует о наличии структурных дефектов в пленке. Показано, что микрорельеф поверхности роста CdTe является критерием структурного совершенства слоев и может быть измерен с помощью эллипсометра как на ранних стадиях, так и в процессе стационарного роста.

Ключевые слова: молекулярно-лучевая эпитаксия, *in situ* эллипсометрический контроль, CdTe, микрорельеф, дефекты роста.

DOI: 10.61011/FTP.2023.06.56476.5278

1. Введение

В настоящее время кадмий-ртуть-теллуры (КРТ) являются одним из наиболее перспективных материалов для изготовления инфракрасных фотоприемных устройств (ФПУ), как одиночных, так и матричных [1]. Для матричных ФПУ одним из критичных параметров является однородность электрофизических и оптических свойств материала по площади. Наиболее подходящим методом изготовления КРТ, обеспечивающим это требование, является метод молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ). Метод позволяет изготавливать структуры большой площади на подложках соответствующего размера, но при этом к самим подложкам предъявляется ряд требований. Они должны быть структурно, химически, оптически и механически согласованы с КРТ, для массового производства подложки должны быть большого размера и недорогими, совместимыми с электронными компонентами ФПУ.

С точки зрения удобства выращивания КРТ привлекательными являются подложки CdTe и CdZnTe. Но у них есть ряд недостатков, ограничивающих их использование в технологии МЛЭ, а именно их цена, неоднородность состава для CdZnTe, проблемы с чистотой поверхности и их малый размер. Наиболее оптимальным решением проблемы являются гибридные подложки из кремния с выращенными на них слоями ZnTe и CdTe суммарной толщиной в несколько микрон, которые обеспечивают согласование параметров решетки кремния и слоев КРТ [2].

Критически важным для последующего роста КРТ на гибридных подложках является структурное совершенство выращенного слоя CdTe. Образование дефектов упаковки, антифазных границ, прорастающих дислокаций сопровождается появлением микрошероховатости, которая ограничивает подвижность атомов на поверхности эпитаксиального роста и неизбежно сказывается на качестве слоев КРТ [3]. Чтобы избежать такого развития необходимо в процессе выращивания буферных слоев поддерживать оптимальные условия роста: плотности потоков молекулярных пучков и температуры подложки. Для этого требуется непрерывный *in situ* контроль кристаллического совершенства в процессе роста. Наиболее оптимальным средством такого контроля является эллипсометрия. Эллипсометрические измерения весьма чувствительны к состоянию поверхности, поэтому появление микрорельефа, который является индикатором дефектного роста, обнаруживается уже в самом начале его развития [4].

В настоящей работе представлены исследования процесса роста буферных слоев ZnTe и CdTe и разработанные нами *in situ* эллипсометрические методики для оценки их кристаллического совершенства и поверхностного микрорельефа. Применение этих методик позволяет в реальном времени управлять процессом роста, своевременно диагностировать возникающие проблемы, корректируя при необходимости технологические параметры таким образом, чтобы избежать необратимых последствий. В некоторых случаях показания эллипсометра могут служить индикатором нештатных

отклонений технологического процесса и указывают на необходимость принятия экстренных мер.

2. Оборудование для эпитаксии и аналитическая аппаратура

Выращивание буферных слоев ZnTe и CdTe проводилось в отдельных модулях, соединенных транспортным узлом для передачи образцов без контакта с воздухом. Процесс роста контролировался эллипсометрами, установленными на каждой камере. Более подробно установка описана в работе [2].

Для характеристики оптических и структурных свойств выращиваемых буферных слоев использовались *in situ* эллипсометры (лазерный в камере роста ZnTe и спектральный при выращивании CdTe). Спектральный эллипсометр, работающий по двухканальной статической схеме [5], имел диапазон от 350 до 1000 нм. Долговременная стабильность измерения эллипсометрических параметров не хуже $\delta\Psi = \delta\Delta = 0.01^\circ$. Время измерения одного спектра составляет 30 с. При регистрации быстропротекающих процессов эллипсометр работал в режиме слежения на фиксированной длине волны с периодом опроса 20 с. Аналогичный по функциональным возможностям эллипсометр, но с расширенным спектральным диапазоном 250–1000 нм, использовался также для *ex situ* исследований.

Профиль поверхности $h(x, y)$ измерялся на профилометре *S neox* фирмы *Sensofar Metrology*. Нами использовался метод интерферометрии с когерентным сканированием. Благодаря применению данного метода обеспечивается разрешение по вертикали менее одного нанометра для всех числовых апертур. Латеральное разрешение составляло менее микрометра. Алгоритмы, применяемые в данном методе, позволяют использовать все доступные увеличения для профилирования объектов с одинаковым разрешением по высоте.

Для измерения рельефа использовался также сканирующий зондовый микроскоп *Solver P47 Pro*, измерения проводились в полуконтактном режиме

3. Оптические свойства слоев ZnTe

На рис. 1 показаны спектры оптических постоянных пленок ZnTe толщиной 20 и 1080 нм, рассчитанные по результатам *ex situ* эллипсометрических измерений. Для расчета использовалась модель „подложка Si/слой ZnTe/поверхностный слой“. Поверхностный слой описывает наличие естественного окисла и шероховатости. Эффективная толщина поверхностного слоя подбиралась такой, чтобы минимизировать расхождение между экспериментальными и расчетными значениями параметра Δ в области фундаментального поглощения ZnTe. В расчетах использовались данные справочника [6]. Оптические постоянные n, k для каждой длины волны рассчитывались численным решением уравнения

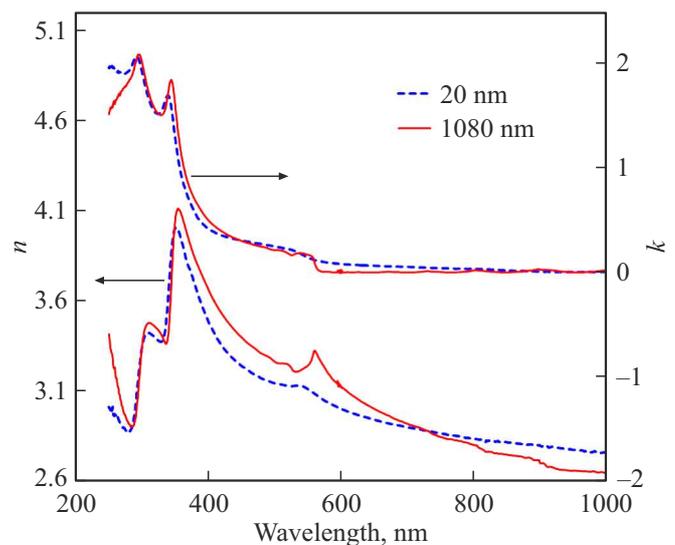


Рис. 1. Спектры оптических постоянных $n(\lambda)$ и $k(\lambda)$ пленок ZnTe, выращенных на подложке Si методом МЛЭ. Толщины пленок показаны на вставке рисунка.

эллипсометрии при заданной толщине d слоя ZnTe, значение которой определялось из условия равенства нулю показателя поглощения в области прозрачности (для толстых пленок). Для тонких пленок показатель поглощения в области прозрачности монотонно уменьшался с увеличением длины волны, поэтому толщина выбиралась из условия равенства нулю показателя поглощения на правой границе спектрального диапазона. Несмотря на то что такой критерий не гарантирует правильного значения d и абсолютных значений вычисляемых функций $n(\lambda)$, $k(\lambda)$, мы можем увидеть их характерные особенности. Так, для толстой пленки край поглощения характеризуется резким скачком $k(\lambda)$, как и должно быть для прямозонного полупроводника, в то время как для тонкой пленки ($d = 20$ нм) наблюдается размытие спектров $n(\lambda)$ и $k(\lambda)$ вблизи края поглощения ($\lambda_0 = 560$ нм), при этом хвост Урбаха далеко проникает в область прозрачности материала, свидетельствуя о наличии оптически активных дефектов кристаллической структуры [7]. Для тонкой пленки наблюдается также размытие структуры спектров в области дублета $E_1/E_1 + \Delta_1$.

Эксперименты, проведенные в процессе отладки технологии, показали, что вместо выращивания толстого слоя ZnTe плотность кристаллических дефектов можно минимизировать также выращиванием на тонком слое ZnTe толстого (~ 5 мкм) слоя CdTe, что является более предпочтительным по технологическим соображениям. Нанесение CdTe на ZnTe приводит к заравниванию остаточных дефектов и уменьшению их концентрации вблизи поверхности до уровня, приемлемого для получения бездефектных слоев КРТ с высокими электрофизическими параметрами. Именно это являлось конечным критерием при оптимизации толщин.

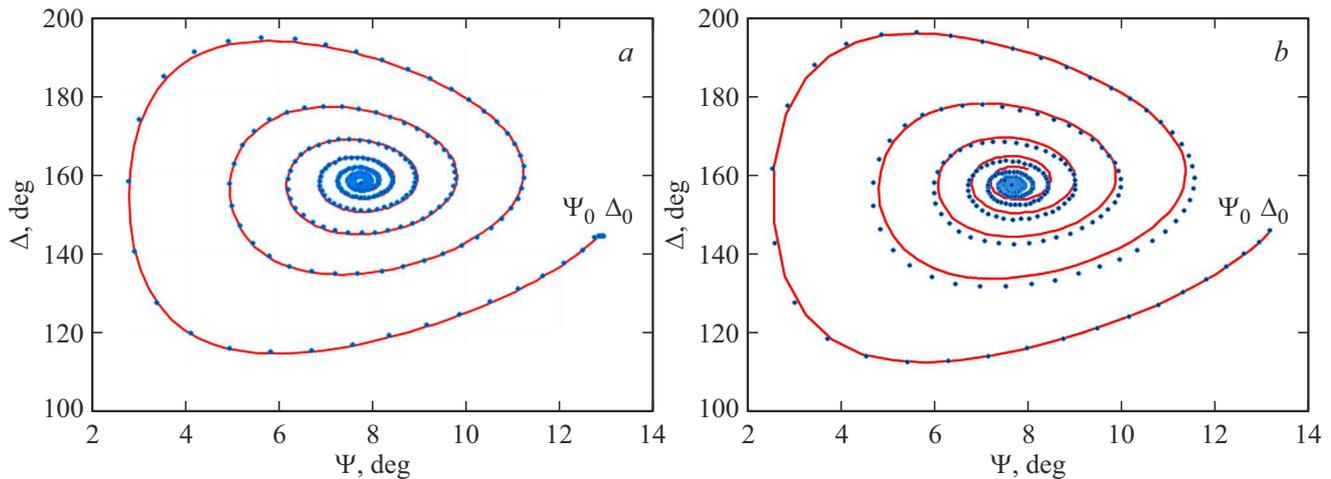


Рис. 2. Траектория эллипсометрических параметров на начальной стадии роста буферного слоя CdTe: *a* — для образца с „гладкой“ поверхностью ($h_{av} < 4$ нм), *b* — для образца с микрорельефом ($h_{av} = 16$ нм). Точки — эксперимент, сплошная кривая — расчет. (Цветной вариант рисунка представлен в электронной версии статьи).

4. Характеризация структурных свойств буферных слоев CdTe

Характеристикой структурного качества буферных слоев CdTe служат его оптические постоянные — спектры показателей преломления n и поглощения k . Наиболее высокая чувствительность спектров к дефектам и микрорельефу проявляется вблизи критических точек, которые расположены в спектральной области 300–400 нм. Реализуется принцип „biggest is best“ — наиболее гладкой поверхности соответствует наибольшее значение псевдодieleктрической функции $\langle \epsilon_2 \rangle$ [8]. Однако в нашем случае применение этого критерия ограничено уменьшением интенсивности света в УФ области, где расположена доступная для измерений критическая точка E_1 , из-за зарастания окон ввода-вывода излучения продуктами рассеяния молекулярных пучков. Что касается анализа оптических постоянных CdTe вблизи края поглощения, то это сопряжено с решением обратной задачи эллипсометрии и неосуществимо в реальном масштабе времени.

Альтернативным критерием оценки кристалличности материала и качества поверхности является значение параметра Δ в области нормальной дисперсии между критическими точками E_0 ($\lambda \approx 860$ нм) и E_1 ($\lambda \approx 370$ нм). Учет шероховатости при вычислении параметров Ψ , Δ проводится добавлением к структуре поверхностного слоя, оптические постоянные которого определяются по модели Бруггемана [9]. Для теллурида кадмия с показателем преломления в указанной области спектра $n \approx 3$ наличие такого слоя всегда будет приводить к уменьшению параметра Δ . Важно, что это уменьшение можно наблюдать в динамике с первых минут роста. На рис. 2 показаны траектории эллипсометрических параметров, измеренные на длине волны $\lambda = 633$ нм для двух образцов на начальной стадии

роста: CdTe221219 (*a*) и CdTe221220 (*b*). Экспериментальные точки в обоих случаях описывают спирально-го вида кривую, которая сворачивается к предельной точке по мере увеличения толщины. Сплошной линией показаны результаты расчета по модели „эффективная подложка/слой CdTe/поверхностный слой“. Параметры эффективной подложки [10] определяются начальными значениями Ψ_0 , Δ_0 . Для образца CdTe221219 удается подобрать оптические постоянные слоя CdTe и толщину поверхностного слоя, которые обеспечивают хорошее совпадение расчетной кривой с экспериментом. При этом оптические константы слоя $n = 3.146$ и $k = 0.25$, полученные в результате фитинга, близки к оптическим константам совершенного кристалла CdTe [6]. Толщина поверхностного слоя d_r , описывающего микрорельеф, составляет 0.9 нм.

Для образца CdTe221220 не удается подобрать параметры структуры так, чтобы можно было описать весь эксперимент целиком. При тех же значениях n , k , d_r , что указаны выше, на первом витке спирали наблюдается хорошее совпадение расчетной кривой с экспериментом, однако при дальнейшем росте экспериментальные точки смещаются вниз по оси Δ относительно расчетной траектории. Чтобы согласовать эксперимент с расчетом на последних витках спирали, необходимо задавать $d_r = 1.3$ нм. Это свидетельствует о прогрессирующем развитии микрошероховатости и огрублению поверхности. Как правило, после завершения роста такие образцы имеют более значительный рельеф.

Постростовые измерения на профилометре показали, что для образца CdTe221219 среднеквадратичная высота рельефа $h_{av} = \sqrt{\langle h^2 \rangle}$ не превышает 3 нм, в то время как для образца CdTe221220 $h_{av} > 10$ нм. Таким образом, развитие микрорельефа на начальной стадии определяет степень шероховатости выращенного буферного слоя.

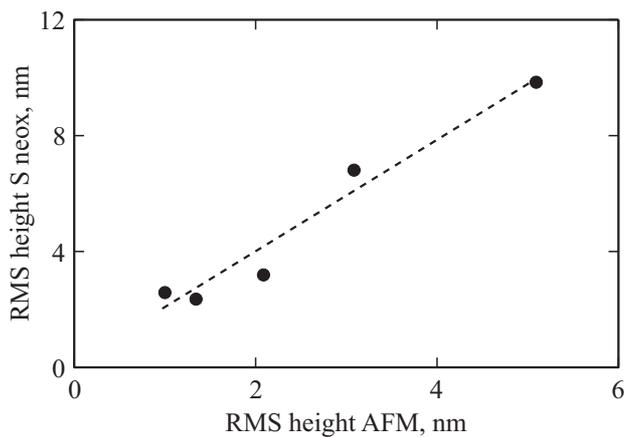


Рис. 3. Сравнение среднеквадратичных значений высоты рельефа, рассчитанных по результатам измерений пяти образцов CdTe атомно-силовым микроскопом и на профилометре S neox (символы). Пунктир — линия тренда.

Следует отметить, что определяемую из эллипсометрических измерений толщину поверхностного шероховатого слоя d_r и измеряемую профилометром высоту h_{av} нельзя сравнивать количественно, так как они описывают разные масштабы рельефа. Эллипсометрические измерения чувствительны к латеральным размерам рельефа с масштабом меньше длины волны, в то время как статистика измерений на профилометре оперирует с размерами, которые соизмеримы и больше длины волны. Тем не менее проведенное выше сравнение, а также отдельно выполненные исследования показывают, что между параметрами d_r и h_{av} наблюдается статистическая корреляция.

Измерения, выполненные на профилометре сравнивались с данными, полученными на атомно-силовом микроскопе. На рис. 3 приведены результаты этого сравнения — среднеквадратичные значения высоты, рассчитанные по результатам измерений двумя методами при одномерном сканировании области длиной 50 мкм на нескольких пленках CdTe с различной степенью шероховатости. Наблюдается хорошая корреляция результатов. Это сравнение показывает, что, несмотря на двукратное различие абсолютных значений, данные, полученные на профилометре, качественно характеризуют размер микрорельефа.

Еще один важный результат, который подтверждается данными рис. 2 — это отсутствие переходного слоя между ZnTe и CdTe. Действительно, экспериментальные точки ложатся на расчетную кривую с первых секунд роста, демонстрируя тем самым наличие резкой границы раздела.

При дальнейшем росте, когда толщина превысит глубину проникновения света и интерференционные осцилляции Ψ и Δ исчезнут, развитие рельефа по-прежнему сказывается на величине фазового параметра Δ и ведет к его понижению. На рис. 4 показаны

измеренные значения Δ от времени роста CdTe для двух образцов: CdTe221219 (кривая 1) и CdTe221201 (кривая 2). Для образца CdTe221219 с относительно гладкой поверхностью значение Δ оставалось практически неизменным в течение всего процесса эпитаксии, демонстрируя тем самым стабильный рост пленки. Для образца CdTe221201 в процессе его роста наблюдалось монотонное падение Δ на величину $\sim 0.4^\circ$, которое служило индикатором развития микрорельефа. Постростовые измерения этого образца на профилометре показали, что $h_{av} = 16$ нм.

При выращивании фоточувствительного слоя КРТ на буферных слоях, подобных образцу CdTe221201, наблюдается, как правило, дальнейшая деградация поверхности роста, высокая плотность V-дефектов, а плотность прорастающих дислокаций достигает $4 \cdot 10^7 \text{ см}^{-2}$. Наоборот, в процессе эпитаксии КРТ на „гладкой“ подложке (аналогичной образцу CdTe221219) значительно легче поддерживать высокое значение параметра Δ . При этом вырастают слои с хорошими характеристиками, с плотностью дислокаций на уровне $(2-5) \cdot 10^6 \text{ см}^{-2}$, которые годятся для создания оптоэлектронных устройств. Критическим значением падения Δ в процессе роста CdTe, отделяющим пригодные для дальнейшей эпитаксии КРТ от непригодных, можно считать величину 0.5° .

Можно выделить ряд причин, которые способны приводить к прогрессирующему росту микрорельефа. Это может быть и отклонение от оптимального температурного режима, и неоптимальное соотношение плотностей молекулярных потоков теллура и кадмия, и остаточное фоновое давление в камере роста. Дополнительную информацию о свойствах буферных слоев можно получить из спектров эллипсометрических параметров,

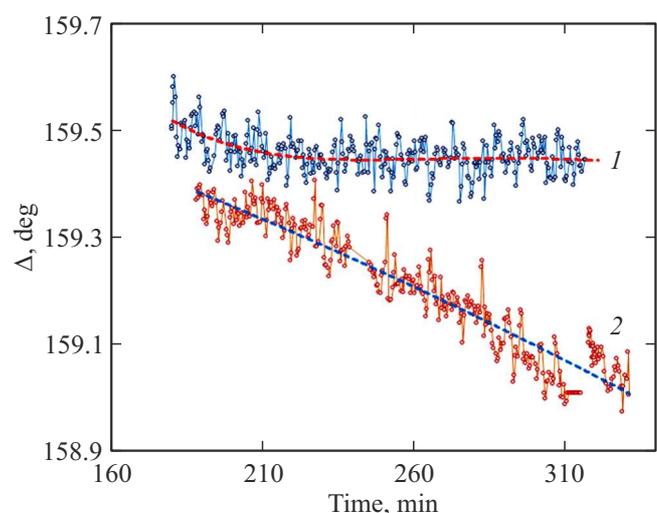


Рис. 4. Зависимости параметра Δ от времени роста на длине волны 633 нм для образцов CdTe221219 (кривая 1) и CdTe221201 (кривая 2), измеренные после завершения интерференционных осцилляций. Пунктиром показаны линии тренда экспериментальных данных.

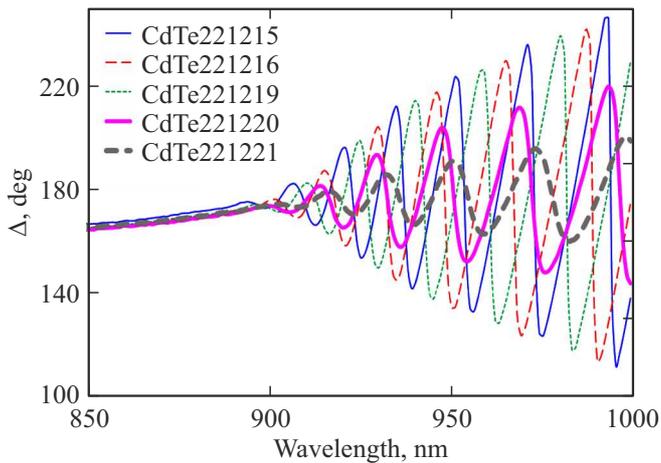


Рис. 5. Спектры параметра Δ для серии образцов, выращенных в условиях дефицита Cd.

измеренных после завершения роста. Наибольший интерес представляет область прозрачности материала, где наблюдаются их интерференционные осцилляции. На рис. 5 показаны такие осцилляции параметра Δ для серии образцов, выращенных последовательно в течение нескольких дней. Начало осцилляций приходится на край поглощения, и их амплитуда монотонно возрастает при смещении в длинноволновую область. Для образцов CdTe221215, CdTe221216 и CdTe221219 возрастание осцилляций описывается одной и той же огибающей. Для образцов CdTe221220 и CdTe221221 амплитуда осцилляций заметно меньше. Размах интерференционных осцилляций зависит от величины показателя поглощения в слое CdTe. Уменьшение амплитуды может быть связано с ростом поглощения на дефектах кристаллической структуры, как это наблюдалось выше для тонких слоев ZnTe. Однако столь значительное уменьшение амплитуды предполагает слишком высокое поглощение. Альтернативное объяснение наблюдаемого эффекта связано с неоднородностью толщины слоя по площади образца. В этом случае в область зондирующего пятна попадают разные значения толщины и происходит размытие интерференционной картины.

В любом случае монотонное уменьшение амплитуды для двух последовательно выращенных образцов, а также наблюдаемое возрастание рельефа для образцов CdTe221221 и CdTe221222 свидетельствуют об отклонении условий роста от оптимальных. Вскрытие камеры показало, что это вызвано неоднородностью плотности потока Cd по поверхности подложки из-за почти полного испарения материала, загруженного в тигель. Таким образом, появление микрорельефа и наблюдение интерференционных осцилляций эллипсометрических параметров в ИК области с аномально малой амплитудой служат индикатором неблагоприятного роста и требуют принятия предупредительных мер.

Как уже отмечалось, рост гладкой поверхности сопровождается стабильным значением параметра Δ . Однако в экспериментах такого рода все же наблюдается незначительное падение параметра Δ на величину $0.05\text{--}0.1^\circ$ (рис. 4, кривая 1). Для того чтобы понять причины такого поведения Δ и выяснить, связано или нет это падение с незначительным развитием микрорельефа, был проведен тестовый эксперимент. Прежде всего была исследована аппаратная стабильность эллипсометра. Для этого в камеру загрузили пластину Si и в течение суток проводили непрерывные измерения ее эллипсометрических параметров при комнатной температуре. Эллипсометр продемонстрировал исключительно высокую долговременную стабильность: среднеквадратическое отклонение параметров Ψ и Δ от своих средних значений составило всего 0.0013° . Затем с этой пластиной были выполнены все технологические операции, которые производятся для установления температурного режима при эпитаксии CdTe, за исключением самого роста CdTe.

По технологическому регламенту перед ростом CdTe структура Si/ZnTe быстро (в течение 400 с) нагревается до ростовой температуры. Из-за высокой скорости нагрева происходит незначительный перегрев подложки. Поэтому после переключения мощности нагревателя в стационарный режим мы выжидали 30 мин, в течение которых, по нашим представлениям, должна происходить релаксация температуры.

На рис. 6 показаны зависимости эллипсометрических параметров Ψ и Δ , измеренные в процессе выполнения описанной процедуры: нагрева кремния и последующей выдержки. После достижения максимальной температуры и смены режима нагревателя (при $t = 25$ мин) параметр Ψ , который чувствителен к температуре, изменяет-

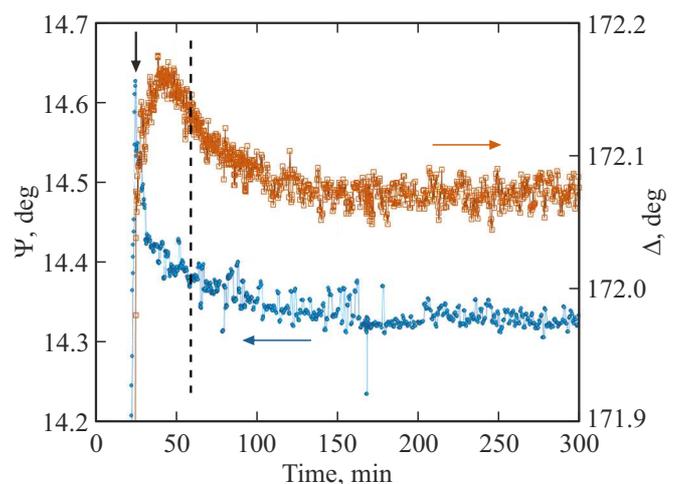


Рис. 6. Изменение параметров Ψ и Δ пластины кремния в процессе ее нагрева и последующей релаксации температуры. Вертикальной стрелкой показан момент переключения нагревателя в стационарный режим, вертикальная пунктирная линия соответствует моменту времени, при котором начинается рост слоя CdTe.

ся в течение ~ 130 мин и релаксирует к своему стационарному значению. Момент, соответствующий началу роста в экспериментах с эпитаксией CdTe, показан вертикальной пунктирной линией. В течение 100 мин после этого параметр Ψ , а следовательно, и температура подложки Si продолжали слабо изменяться. Согласно данным работы [11], чувствительность параметра Ψ к изменению температуры кремния при данном угле падения ($\varphi = 68.2^\circ$) составляет $\Delta\Psi/\delta T = 2.7 \cdot 10^{-3} \text{ ang deg}/^\circ\text{C}$. Наблюдаемое остаточное изменение Ψ на участке справа от пунктирной линии равно 0.05° и соответствует изменению температуры на величину $\sim 20^\circ\text{C}$. Принимая во внимание температурную чувствительность параметра Δ для CdTe $d\Delta/dT = 2 \cdot 10^{-3} \text{ ang deg}/^\circ\text{C}$ [12], получим, что для заданных длины волны и угла падения уменьшение Δ за счет релаксации температуры должно составлять $\sim 0.04^\circ$. Это совпадает по порядку величины с наблюдаемым для кривой 1 рис. 4 уменьшением Δ . Таким образом, мы можем заключить, что наблюдаемое в начале роста CdTe падение Δ на $0.05\text{--}0.1^\circ$ связано не с развитием рельефа и не с аппаратным дрейфом, а обусловлено продолжающейся релаксацией температуры подложки.

Интересно отметить, что после переключения режима нагревателя параметр Δ продолжает некоторое время расти и только по прошествии 15–20 мин начинает падать. Такой характер изменения Δ связан с термическим удалением адсорбированного слоя (в первую очередь воды), который присутствует на поверхности кремния, и наблюдался в работе [13].

5. Заключение

Выращивание буферных слоев высокого кристаллического совершенства является необходимым условием для последующей эпитаксии КРТ и получения слоев, которые можно использовать для создания приборов. Непременным условием решения этой задачи является надежный *in situ* контроль, обеспечивающий обратную связь в технологии выращивания буферных слоев. Проведенные исследования показывают, что используемый в этих целях метод эллисометрии имеет высокую чувствительность, позволяет в реальном времени характеризовать процесс роста и своевременно отслеживать незначительные отклонения от заданного технологического режима. Одним из критериев такого отклонения служит микрорельеф поверхности роста, который влияет на величину фазового параметра Δ и легко детектируется при эллисометрических измерениях. Используя этот критерий, можно поддерживать оптимальные условия роста и получать буферные слои высокого качества, пригодные для эпитаксии КРТ.

Благодарности

Авторы выражают благодарность А.И. Комонову за проведение измерений на атомно-силовом микроскопе.

Финансирование работы

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2020-797 (13.1902.21.0024).

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Список литературы

- [1] *Mercury Cadmium Telluride. Growth, Properties and Applications*, ed. by P. Capper and J. Garland (Wiley, 2011).
- [2] Ю.Г. Сидоров, С.А. Дворецкий, В.С. Варавин, Н.Н. Михайлов, М.В. Якушев, И.В. Сабина. ФТП, **35**, 1092 (2001)
- [3] J. Zhao, Y. Chang, G. Badano, S. Sivananthan, J. Markunas, S. Lewis, J.H. Dinan, P.S. Wijewarnasuriya, Y. Chen, G. Brill, N. Dhar. *J. Electron. Mater.*, **33**, 881 (2005).
- [4] К.К. Свиташев, В.А. Швец, А.С. Мардежов, С.А. Дворецкий, Ю.Г. Сидоров, В.С. Варавин. ЖТФ, **65** (9), 110 (1995).
- [5] Е.В. Спесивцев, С.В. Рыхлицкий, В.А. Швец. Автометрия, **47** (5), 5 (2011).
- [6] S. Adachi. *Optical constants of crystalline and amorphous semiconductors. Numerical data and graphical information* (Kluwer Academic Publishers, 1999).
- [7] Y. Chang, G. Badano, J. Zhao, Y.D. Zhou, R. Ashokan, C.H. Grein, V. Nathan. *J. Electron. Mater.*, **33**, 709 (2004).
- [8] D.E. Aspnes, A.A. Studna. *Phys. Rev. B*, **27**, 985 (1983).
- [9] D. A. G. Bruggeman. *Annalen der Physik*, **416** (7), 636 (1935).
- [10] В.А. Швец. Опт. и спектр., **107**, 822 (2009).
- [11] X. Xu, C.P. Grigoropoulos. *Int. J. Heat Mass Transfer*, **36**, 4163 (1993).
- [12] D.V. Marin, V.A. Shvets, I.A. Azarov, M.V. Yakushev, S.V. Rykhlytskii. *Infr. Phys. Technol.*, **116**, Article 103793 (2021).
- [13] E.V. Spesivtsev, S.V. Rykhlytsky, V.A. Shvets, S.I. Chikichev, A.S. Mardezhov, N.I. Nazarov, V.A. Volodin. *Thin Sol. Films*, **455**, 700 (2004).

Редактор Г.А. Оганесян

Ellipsometric *in situ* control of growth processes of ZnTe and CdTe layers in the technology of molecular beam epitaxy of mercury-cadmium-telluride

V.A. Shvets^{1,2}, D.V. Marin¹, M.V. Yakushev¹,
S.V. Rykhliitsky¹

¹ Rzhanov Institute of Semiconductor Physics,
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
630090 Novosibirsk, Russia

² Novosibirsk State University,
630090 Novosibirsk, Russia

Abstract The problems of *in situ* ellipsometric control during the growth of ZnTe and CdTe buffer layers intended for cadmium-mercury-tellurium epitaxy are considered. It has been found that for 20 nm ZnTe layers, the spectral dependences of the optical constants near the absorption edge are less distinct, which indicates the presence of structural defects in the film. It is shown that the microrelief of the CdTe growth surface is a criterion for the structural perfection of layers and can be measured with an ellipsometer both at early stages and during stationary growth.