

вольтамперные характеристики поверхностно барьерных структур изучено достаточно подробно. Неравновесные эффекты, проявляющиеся в условиях возбуждения электронной подсистемы кристалла, обусловленные захватом электронов (дырок) на поверхностные состояния, существенно влияют на электрофизические характеристики полупроводниковых приборов с неоднородными слоями в поверхностной области. Роль этих эффектов раскрыта неполностью и часто оказывается отрицательной или неконтролируемой.

Цель работы – исследование влияния неравновесного поверхностного заряда на динамику фототока полупроводниковых структур с неоднородными слоями в поверхностной области.

Проведены измерения электрофизических и фотоэлектрических характеристик многослойных структур на основе кремния, содержащих МГОП-контакт или субмикронный p-p- переход в поверхностной области, отличающихся расположением и геометрией легированных слоев. Электронные свойства поверхности изменялись с помощью нанесения диэлектрической пленки и создания примесных уровней в запрещенной зоне.

Поверхностные энергетические уровни можно условно разделить на два класса, отличающиеся временем обмена зарядами с разрешенными зонами: быстрые поверхностные электронные состояния (БПЭС) с характерным временем релаксации $\tau < 10^{-1}$ с и медленные поверхностные электронные состояния (МПЭС) с $\tau \geq 10^{-1}$ с. МПЭС свойственны межфазным границам диэлектрик-полупроводник, их положение в запрещенной зоне зависит от молекулярного состава границы. В соответствии с этим делением временные изменения электрического тока исследовались в различных временных масштабах.

Наблюдались два типа динамических зависимостей: негармонические колебания тока при стационарных условиях освещения и монотонные изменения тока короткого замыкания при резком изменении светового потока. Частота генерации колебаний находилась в пределах $10^2 \div 10^6$ Гц. Существенной закономерностью, определяющей возникновение колебаний тока, является зависимость напряженности электрического поля ОПЗ активного перехода в поверхностной области от концентрации неосновных носителей заряда в базе, связанная с геометрией структуры. При этом период колебаний определяется временем заполнения поверхностных состояний, а длительность импульса – временем рекомбинации неравновесных носителей заряда в базе. Захват носителей заряда на МПЭС обуславливает нестационарность тока короткого замыкания с временем релаксации $\tau \sim 10$ с. Величина $1/\tau > 10^2$ Гц коррелирует с нижней границей диапазона частот колебаний. Верхняя граница определяется БПЭС, на ее значение влияет примесный состав поверхностной области. Таким образом, в образовании неустойчивости тока могут принимать участие как БПЭС, так и МПЭС.

КВАНТОВОСТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ ПЛЁНКИ НА КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКЕ

Галай Е.О.

Ставропольский государственный университет,
Ставрополь

Развитие тонкоплёночных технологий привело к прогрессу в микро- и оптоэлектронике, определяющему лицо современной информационной цивилизации. При выращивании плёнок возникает проблема построения моделей кинетики фазовых переходов первого рода в двухфазных системах.

Рассмотрим процесс образования пленки в результате газовой или жидкостной эпитаксии на кристаллической подложке. Совокупность частиц неупорядоченной фазы можно рассматривать как динамическую систему частиц, распределённых в пространстве случайным образом и находящихся в состоянии термодинамического равновесия с кристаллической подложкой. Частицы могут находиться в сколь угодно большом количестве в одном состоянии, для них не существует запрета Паули, то есть такую систему можно рассматривать как ансамбль бозе-частиц. При температурах ниже некоторой критической происходит осаждение части системы на подложку в состоянии с нулевым импульсом, так называемая бозе-конденсация в поле псевдопотенциала подложки. В результате на кристаллической поверхности образуются зародыши новой фазы, происходит фазовый переход первого рода.

Несохранение числа частиц неупорядоченной системы, связанное с наличием поля подложки, приводит к появлению отличных от нуля средних $\langle a_{k_1}^+ a_{k_2} \rangle$, определяющих концентрацию частиц в газовой фазе, а также аномальных средних $\langle a_{k_1} a_{k_2} \rangle$ которые при $k=0$ определяют концентрацию осаждаемых частиц – конденсата. Для аномальной функции Грина (ФГ) $\Gamma_{kk'}(\omega) = \langle \langle a_k^+(t_1) a_{k'}^+(t_2) \rangle \rangle_\omega$ получено уравнение $\Gamma_{kk'}(\omega)[\omega + \varepsilon] = \Delta^+ G_{kk'}(\omega)$, где $\Delta^+ = -\frac{1}{V} \sum V(k_1 - k_1') \langle a_{k_1}^+(t_1) a_{k_2}^+(t_1) \rangle$. Здесь ε – энергия одночастичных возбуждений.

Решая совместно систему уравнений для $G_{kk'}(t_1, t_2) = \langle \langle a_k(t_1) a_{k'}^+(t_2) \rangle \rangle$ – нормальной и аномальной ФГ находим для щели в спектре аномальной ФГ уравнение:

$$\Delta = - \sum V(kk') \frac{\Delta}{\sqrt{\varepsilon^2 + |\Delta|^2}} th \frac{\sqrt{\varepsilon^2 + |\Delta|^2}}{2\Theta} \cdot \Delta$$

имеет смысл щели в спектре возбуждений монослоя кристаллического конденсата на подложке, преодоление которой необходимо для начала образования плёнок. Таким образом, появление $\Delta \neq 0$ является критерием начала конденсации неупорядоченной фазы на кристаллической подложке.

Кроме парного взаимодействия частиц конденсата $V(kk)$ в спектре возбуждений ε содержится псевдопотенциал взаимодействия частиц конденсата с подложкой, зависящий от температуры подложки.

Самоорганизация наноструктур носит пороговый характер. В докритическом режиме флуктуации затухают, а выше порога, они усиливаются и делают устойчивым новый режим, приводящий к появлению плёночных структур. Соотношение для щели даёт спиноподобное появление тонких плёнок на поверхности подложки. Проведём расчёт критических температур возникновения щели в спектре возбуждений конден-

сата при росте пленки Zr на поверхности кристалла Zr.

Для получения фазовой диаграммы появления плёночной структуры при различных интенсивностях межатомных взаимодействий A и внутривещных B построим график критической температуры в плоскости констант A и B при температуре подложки 700 К.

Рисунок 1 позволяет оценить влияние внутривещных и межплоскостных взаимодействий на температуру появления зародышей плёночных структур.

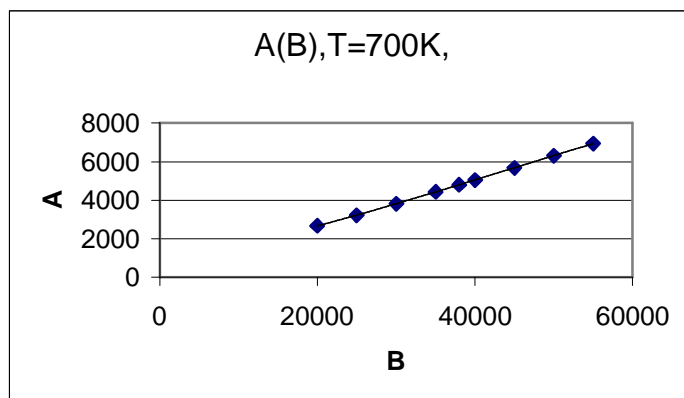


Рисунок 1. Связь критической температуры с силовыми константами

ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ ТБО В ВОЛОГДЕ И ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Кириллов Ю.А., Попова М.Н.
Вологодский государственный
технический университет,
Вологда

В 2001 г. на предприятиях Вологодской области образовалось более 10,3 млн. тонн промышленных отходов, в т.ч. более 6,5 млн. тонн отходов I-IV классов токсичности (из них 267 тыс. т. отходов I-II классов токсичности) и 1398, 1 тыс. м³ твердых бытовых отходов.

Из всего объема образовавшихся в 2001 году в области промышленных отходов использовано и обезврежено 6,9 млн. тонн промышленных отходов, что составляет 67 %. Неполное использование отходов приводит к постоянному их накоплению на территории области.

От деятельности предприятий в области скопилось около 119 млн. тонн различных отходов, в том числе опасных. Крупные предприятия имеют собственные накопители и свалки промтоходов. В области имеется 17 объектов захоронения и хранения токсичных отходов, располагающихся на площади 1932,31 га.

Самые крупные производители отходов – черная металлургия и химическая промышленность. На предприятиях металлургической промышленности в 2001 г. образовалось 56,7 % промышленных и токсичных отходов. Однако, 100 % крупнотоннажных отходов ОАО “Северсталь”, таких как сталеплавильные и доменные шлаки (3,6 млн. тонн), полностью используются. Всего отходов металлургической про-

мышленности использовано, обезврежено и передано для переработки 98 %, в том числе использование токсичных отходов составляет 84 %.

Химическая промышленность произвела в 2001 году 40 % отходов, их количество достигло 4,1 млн. тонн. Рост объема образовавшихся в 2001 году отходов в химической промышленности связано с ростом производства на ОАО “Аммофос”. Из общего количества образующихся отходов в химической промышленности утилизируется около 25 %, увеличение используемых отходов на 5 % по сравнению с 2000 годом связано с возросшим объемом утилизации пиритного огарка. Остро стоит проблема утилизации фосфогипса. С 1967 по 2001 г. г. его накоплено более 50 млн. тонн. В 2001 году образовалось 3,41 млн. тонн, из них размещено в шламонакопителе 2,8 млн. т.

В области не решена проблема переработки целого ряда отходов производства и потребления: фосфогипс, нефтешламы, отработанные нефтепродукты, прошедшие не один технологический цикл, не подлежащие регенерации, отработанные синтетические масла, содержащие полидихлорбифенилы и выведенные из эксплуатации; отходы пестицидов и ядохимикатов, не пригодные к применению, сельскохозяйственные отходы, изношенные крышки и камеры, золошлаковые отходы, твердые бытовые отходы.

Сбор и удаление ТБО в городе Вологде включает в себя:

1. организация временного хранения отходов на местах их образования
2. сбор и вывоз накопившихся отходов