

зывают, что начальный приповерхностный изгиб зон Y_{s0} в зависимости от предыстории образцов и толщины стравленного слоя составляет $\sim 15 \div 20$. Значения δ на разных образцах $\sim (3 \div 15) \cdot 10^5$.

Полученные значения высоты поверхностного барьера $\sim 0.4 \div 0.5$ В на $0.1 \div 0.15$ В превышали значения фотоэдс, измеренные при максимальной в условиях эксперимента интенсивности освещения. Исследование люксвольтовых характеристик ПФЭ показало, что зависимость $\Delta V_{\phi}(L)$ логарифмическая, причем величина ΔV_{ϕ} изменяется на ~ 0.05 В на декаду изменения интенсивности освещения. Таким образом, для достижения насыщения фотоэдс потребовалось бы увеличить интенсивность освещения еще по крайней мере на 2—3 порядка величины.

Л и т е р а т у р а

- [1] Ржанов А. В. Электронные процессы на поверхности полупроводников. М., 1971. 480 с.
- [2] Царенков Б. В., Гольдберг Ю. А., Львова Т. В. // ФТП. 1974. Т. 8. В. 6. С. 1230—1232.
- [3] Саченко А. В., Снитко О. В. Фотоэффекты в приповерхностных слоях полупроводников. Киев, 1984. 231 с.
- [4] Balestra C. L., Lagowski J., Gatos H. C. // Surf. Sci. 1977. V. 64. N 2. P. 457—464.
- [5] Gatos H. C., Lagowski J. // J. Vac. Sci. Techn. 1973. V. 10. N 1. P. 130—134.
- [6] Карпович И. А., Калинин А. Н., Бедный Б. И., Бенедиктов Ю. А. // Изв. вузов СССР. Физика. 1976. № 3. С. 51—54.
- [7] Дмитрук Н. Л., Лященко В. И., Терещенко А. К. // УФЖ. 1972. Т. 17. В. 8. С. 1356—1358.
- [8] Бедный Б. И., Калинин А. Н., Карпович И. А. // Микроэлектрон. 1980. Т. 9. В. 6. С. 564—568.
- [9] Давыдов И. А., Катунин Б. Д., Страхов Л. П. // Вестн. ЛГУ. 1985. № 18. С. 85—87.
- [10] Бедный Б. И., Карпович И. А., Савинов А. Н. // Поверхность. 1988. № 6. С. 64—67.

Горьковский государственный университет
им. Н. И. Лобачевского

Получено 5.07.1988
Принято к печати 6.09.1988

ФТП, том 23, вым. 2, 1989

АНОМАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЗАТУХАНИЯ АКУСТОЭДС В ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЯХ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ

Лубяная М. Д., Марончук И. Е., Юцис А. И.

Электронная спектроскопия с помощью акустических поверхностных волн (ПАВ) в структуре пьезоэлектрик—полупроводник находит все более широкое применение при исследовании свойств поверхности тонких слоев и полупроводниковых материалов. Метод основан на использовании взаимодействия этих волн (ПАВ) со свободными носителями заряда в исследуемом слое [1].

В настоящей работе представлены экспериментальные результаты исследования поведения акустоэдс в эпитаксиальных слоях арсенида галлия, полученных жидкофазной эпитаксией из растворов арсенида галлия в различных растворителях.

Эпитаксиальные слои получены в процессе принудительного охлаждения из ограниченного объема насыщенного раствора арсенида галлия в расплавах галлия, свинца и висмута, а также из смеси свинца и висмута с избытком галлия или мышьяка на подложках монокристаллического арсенида галлия с ориентациями $\langle 100 \rangle$, $\langle 111A \rangle$, $\langle 111B \rangle$. Выращивание осуществлялось из нелегированных растворов, а также легированных хромом или германием.

Исследования проводили в слоистой структуре, состоящей из звукопровода ниобата лития и полупроводника, на частотах 20 МГц. Длительность акустических импульсов $1.5 \cdot 10^{-6}$ с в темноте и при освещении. Расстояние между ис-

следующим образом и пробатом лития $0.2 \cdot 10^{-6}$ м. Все образцы обладали n -типом проводимости с концентрацией носителей заряда $2 \cdot 10^{14} \div 7 \cdot 10^{16}$ см $^{-3}$ и подвижностью $2000 \div 8000$ см 2 /В.с при 300 К.

На рис. 1 представлены характеристики затухания нормальной акустоэдс, возникающей за счет подтягивания свободных носителей заряда к контактной поверхности в результате электроакустического взаимодействия. Она наблюдается в эпитаксиальных слоях, выращенных из галлиевого раствора на подложках различной ориентации. Характеристики затухания акустоэдс в слоях, полученных из свинцового раствора, имели аналогичные закономерности. Причем на поведение основных закономерностей затухания акустоэдс в слоях, выращенных из свинцового и галлиевого растворов, не влияют ни технологические режимы, ни легирующие примеси. Такой вид зависимости объясняется тем, что нормальная поперечная акустоэдс $\epsilon_{\text{ак}}^{\perp}$ после прекращения акустоэлектрического взаимодействия затухает аperiodически. Время затухания τ зависит от поверхностной дифференциальной емкости образца. На большинстве образцов арсенида

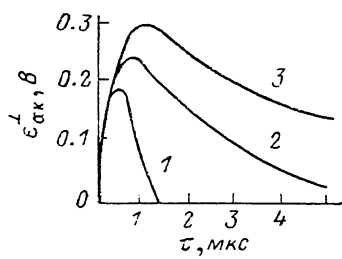


Рис. 1. Нормальные характеристики затухания акустоэдс в эпитаксиальных слоях арсенида галлия, выращенных из растворов галлия (1), висмута (2), свинца (3).

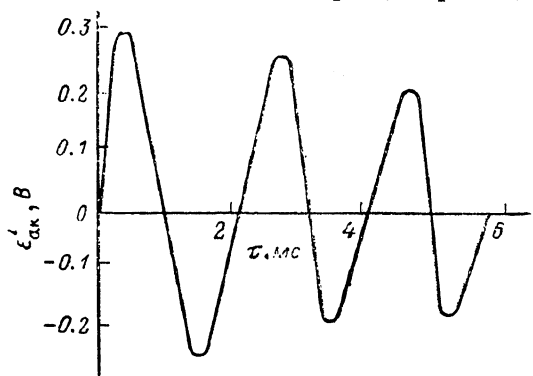


Рис. 2. Аномальная характеристика затухания акустоэдс слоев арсенида галлия.

галлия τ лежит в пределе от микро- до миллисекунд. Нами же наблюдалось, что поперечная акустоэдс после прекращения акустоэлектрического взаимодействия затухает периодически.

Исследования показали, что аномальные особенности (рис. 2) обнаружены в поведении акустоэдс на образцах GaAs и $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, полученных из растворов, содержащих от 70 до 95 ат% висмута. Как следует из рис. 2, в таких образцах наблюдаются как положительные, так и отрицательные колебания акустоэдс, причем амплитуда колебания положительной акустоэдс больше, чем отрицательной. Природа возникновения таких колебаний не ясна. Однако следует отметить, что при наличии в жидкой фазе более 80 ат% висмута происходит перераспределение неконтролируемых примесей, содержащих мелкие локальные центры, в результате чего увеличивается подвижность носителей заряда и уменьшается концентрация [2]. Это может быть причиной возникновения таких колебаний. Однако возможно, что образование таких колебаний связано с внедрением висмута в эпитаксиальный слой в виде примеси или микровключений. Так, известно, что в слоях арсенида галлия, имеющих металлические микровключения, наблюдаются аномально высокие значения подвижностей электронов [3], а в большинстве слоев с аномально высокой подвижностью ($\mu > > 9000$ см 2 /В.с при 300 К) — образование колебаний акустоэдс с большими значениями амплитуды. Следует отметить, что меньшие значения амплитуды колебания наблюдаются на некоторых образцах с нормальным значением величин подвижности электронов ($\mu \approx 8500$ см 2 /В.с при 300 К). Амплитуда колебаний акустоэдс изменялась по толщине эпитаксиального слоя (исследование осуществлялось при использовании послойного травления), что, по-видимому, связано с неравномерным распределением висмута в эпитаксиальном слое. Амплитуда и период колебаний акустоэдс зависит от освещения. При увеличении

освещения от 0.13 до 2.4 Вт/см² период колебаний уменьшается вплоть до полного исчезновения колебаний. Это свидетельствует о том, что уменьшение наблюдаемых колебаний связано с внутризонными явлениями рекомбинации. Через некоторое время колебания акустоэдс восстанавливаются с сохранением начальной амплитуды акустоэдс. Характер амплитудного затухания акустоэдс и период колебаний зависят от кристаллографической ориентации образца.

Влияние примесей на амплитуду затухания колебаний акустоэдс изучали на слоях, легированных хромом или германием. С помощью акустоэлектронной спектроскопии установлено, что в образцах, легированных хромом, хром встраивается в подрешетку галлия или междоузелья, что подтверждается спектрами ФЛ, в то время как германий встраивается в подрешетку галлия, как показано в работе [4].

Таким образом, в слоях, выращенных из растворов, содержащих от 70 до 95 ат% висмута, наблюдалось аномальное затухание акустоэдс, причем период колебаний и затухание амплитуды акустоэдс зависят от освещения, ориентации подложки и не зависят от введения легирующей примеси. Природа возникновения таких колебаний может быть связана как с введенным Вi в эпитаксиальный слой, так и с перераспределением легирующих и фоновых примесей в слое при наличии Вi в жидкой фазе.

Л и т е р а т у р а

- [1] Davari B., Das P. // J. Appl. Phys. 1982. V. 53. N 5. P. 3668—3672.
- [2] Бирюлин Ю. Ф., Голубев Л. В., Новиков С. В., Чалдышев В. В., Шмарцев Ю. В. // ФТП. 1987. Т. 21. В. 5. С. 949—952.
- [3] Wolfs C. M., Stillman G. M., Spears D. L. // J. Appl. Phys. 1973. V. 44. N 2. P. 732—734.
- [4] Котелевский А. А., Кулюткина Т. Ф., Лисовой Б. В., Марончук И. Е. // Тр. Респ. науч.-тех. совещ. «Функциональные оптоэлектронные элементы и устройства для аппаратуры средств связи». Минск, 1984. С. 86—89.

Херсонский индустриальный институт

Получено 27.06.1988
Принято к печати 9.09.1988

ФТП, том 23, вып. 2, 1989

АКУСТИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ УДЕРЖАНИЯ ФОТОВОЗБУЖДЕННОЙ НЕВЫРОЖДЕННОЙ ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНОЙ ПЛАЗМЫ ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ ГЕРМАНИЯ

Гусев В. Э., Жданов Б. В.,
Кузнецов В. И., Петросян Е. Г., Теленков С. А.

В связи с задачами лазерной обработки полупроводников (в частности, их отжига) внимание исследователей привлекает вопрос о глубинах нагрева кристаллов при поглощении мощных импульсов света вблизи поверхности [1, 2]. При межзонном оптическом воздействии на полупроводники существенную роль играет масштаб пространственной локализации фотовозбужденной электронно-дырочной (ЭД) плазмы, так как он определяет область рекомбинационного нагрева. Неоднократно дискутировался вопрос о том, приводит ли диффузия плазмы к существенному расширению области нагрева [3, 4] либо плазма эффективно удерживается в потенциальной яме, возникающей вблизи поверхности полупроводника из-за пространственно неоднородного повышения температуры [5, 6]. Известны косвенные экспериментальные указания на зажатие ЭД плазмы вблизи поверхности кремния при наносекундных лазерных воздействиях [7]. В работе [6] приведены численные расчеты, показывающие воз-