

Электрофизические параметры подложек и эпитаксиальных структур $Cd_xHg_{1-x}Te/CdTe$ в целом при $T=77$ К

№ образца	ρ_{Π} , Ом · см	R_{Π} , МОм		ϵ	Y
		на мезе «плюс»	на мезе «минус»		
1	7.7	15	13	$1.6 \cdot 10^{-3}$	2.4
2	15	5.2	6.8	$2.8 \cdot 10^{-3}$	0.85
3	28	4.0	4.6	$3.6 \cdot 10^{-3}$	0.46
4	4200	1.2	1.1	$1.3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$
5	$3 \cdot 10^5$	17	3.3	$6.0 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-5}$
6	$8 \cdot 10^5$	23	14	$7.6 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$
7	$>10^6$	>100	>100	$<10^{-4}$	$<10^{-5}$
8	$>10^6$	>100	>100	$<10^{-4}$	$<10^{-5}$

стии барьера отношение тока утечки через подложку к току через слой (I_{γ}) равно

$$Y \equiv \frac{I_{\gamma}}{I_c} \approx \frac{\rho_c d_{\Pi}}{\rho_{\Pi} d_c}, \quad (7)$$

то наличие барьера, включенного последовательно с подложкой, может существенно уменьшить это отношение. В таблице приведены значения параметров ϵ и Y для исследованных образцов. Видно, что даже для низкоомных подложек, когда $Y \geq 1$, выполняется условие $\epsilon \ll 1$, что позволяет пренебречь влиянием подложки на электрофизические свойства структуры в целом при малых токах, протекающих через структуру.

Таким образом, потенциальный барьер, присутствующий в эпитаксиальных структурах $Cd_xHg_{1-x}Te/CdTe$ в области гетероперехода, весьма эффективно изолирует слой от подложки в случае малых токов. Это свойство может оказаться крайне полезным в практическом отношении при измерении электрофизических параметров слоя методом Ван-дер-Пау или аналогичным ему.

Список литературы

- [1] Bratt P. R., Casselman T. N. // J. Vac. Sci. Techn. 1985. V. A3. N 1. P. 238—245.
 [2] Madarsz F. L., Szmulovicz F. // J. Appl. Phys. 1987. V. 62. N 8. P. 3267—3277.

Государственный научно-исследовательский
и проектный институт
недкометаллической промышленности
Москва

Получено 19.07.1989
Принято к печати 20.12.1989

ФТП, том 24, вып. 5, 1990

ФОТОАКУСТИЧЕСКАЯ МИКРОСКОПИЯ
ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ КРЕМНИЕВЫХ СТРУКТУР

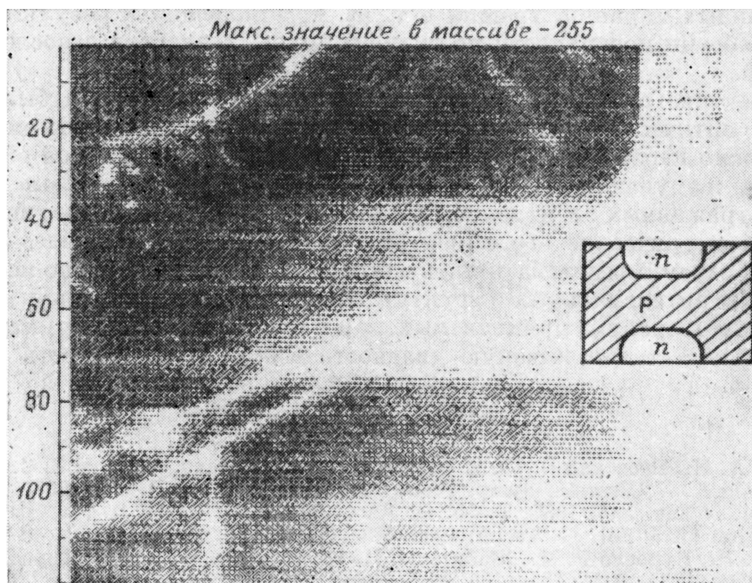
Булах Г. И., Бурбело Р. М., Гуляев А. Л., Кучеров И. Я.

Метод неразрушающего контроля материалов и изделий микроэлектроники, основанный на генерации тепловой волны оптическим излучением и регистрации возникающих при этом термоупругих колебаний, начинает находить все большее применение в технологии полупроводниковых приборов. Это связано с тем, что новая методика, получившая название фотоакустической (ФА) микроскопии, обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами исследования, имеющими ограничения в области визуализации микрообъек-

тов [1]. В настоящее время накоплен обширный экспериментальный материал по использованию метода ФА микроскопии в качестве инструмента неразрушающего исследования и контроля в технологии изготовления полупроводниковых приборов, обнаружения подповерхностных трещин, раковин, нарушений сплошности покрытий, отслоений на границах раздела Si—SiO₂, областей термодупругих напряжений и т. п. [1-3]. ФА микроскопия успешно применяется для визуализации областей ионного легирования и определения дозы имплантации [4].

Как известно, в настоящее время широкое применение в производстве изделий электронной техники находит эпитаксиальная технология. В связи с этим возрастает необходимость развития методов, позволяющих визуализировать топологию областей эпитаксии и нарушения их однородности.

Цель настоящей работы состояла в изучении возможности применения ФА микроскопии для визуализации областей эпитаксии в пластинах монокристаллического кремния.



Исследовались пластины монокристаллического кремния *p*-типа проводимости с различной поверхностной топологией эпитаксиального слоя *n*-типа. Толщина эпитаксиального слоя составляла ~40 мкм. Измерения были выполнены на лазерном ФА микроскопе, а для целей сравнительного анализа были использованы методы оптической и электронной растровой микроскопии.

В разработанном нами ФА микроскопе луч аргонового лазера фокусировался в пятно диаметром менее 10 мкм. Регистрация ФА сигнала производилась с помощью дискового пьезоэлектрического преобразователя из керамики ЦТС-19. С учетом влияния на качество ФА топограмм неоднородности позиционной чувствительности преобразователя [5] были определены оптимальные режимы измерения для конкретных исследуемых объектов. Измерялась амплитуда ФА сигнала на пьезодатчике с помощью синхронного усилителя при различных значениях угла фазового сдвига относительно опорного сигнала модуляции. Процесс получения ФА изображений полностью автоматизирован с помощью управляющего вычислительного комплекса «Искра-1256». Минимальный шаг сканирования образца, осуществляемый шаговым приводом, составлял 10 мкм, а максимальный массив измеряемых данных — 128×128 элементов. ФА изображение выводилось на печатающее устройство в виде твердой копии полутонового изображения с десятью градациями плотности.

На рисунке представлено ФА изображение исследуемой кремниевой эпитаксиальной структуры (в правой части — схема ее топологии). Частота модуляции излучения аргонового лазера составляла в данном случае 78 кГц, что определяет глубину подповерхностной визуализации для Si порядка 22 мкм.

Зона обзора составляла 1.2×1.2 мм. Из рисунка видно, что проявляются как топология областей эпитаксии, так и неоднородность теплофизических свойств по объему эпитаксиальной области. Наблюдается различный контраст от областей p - и n -типа проводимости, однако степень контраста на различных участках исследуемой эпитаксиальной структуры существенно различается. Так, топология p - n -областей визуализируется либо резким перепадом контраста ФА топограммы, либо только контуром границы этих областей. Сильное падение уровня ФА сигнала от p -области в правой части образца связано с позиционной чувствительностью пьезодатчика на данной частоте модуляции. Дальнейшие исследования кремниевых эпитаксиальных структур с паспортизированными данными, по-видимому, позволят однозначно связать степень контраста ФА топограмм с конкретными параметрами p - и n -областей. Кроме топологии p - и n -областей, хорошо визуализируются подповерхностные нарушения, проявляющиеся в виде светлых линейных областей высокого контраста. Подобные линейные области могут быть обусловлены наличием структурных нарушений типа заполированных царапин, трещин и т. п., возникающих в результате механической обработки поверхности полупроводниковых пластин с последующей их полировкой.

В заключение отметим, что визуально области эпитаксии были неразличимы, т. е. оптический контраст не наблюдался. При специальном освещении образца можно наблюдать лишь контур границы эпитаксиальной области. При наблюдении же указанных структур в растровом электронном микроскопе в режиме отраженных электронов контраст p - и n -областей практически неразличим. Фотометрические его измерения дали величину не более 0.12.

Таким образом, представленные в данной работе результаты по исследованию кремниевых эпитаксиальных структур иллюстрируют уровень качества технологических операций, применяемых при получении таких структур, а также показывают достаточно высокую диагностическую эффективность метода ФА микроскопии.

Список литературы

- [1] Морозов А. И., Раевский В. Ю. // Зарубеж. электрон. техн. 1982. № 2. С. 46—71.
- [2] Rosencwaig A. // Ultrason. Symp. Proc. Boston, 1980. V. 1. P. 600—607.
- [3] Рау Э. И. // Зав. лаб. 1987. Т. 53. В. 10. С. 31—38.
- [4] Smith W. et al. // Sol. St. Techn. 1986. V. 1. P. 85—92.
- [5] Булах Г. И., Бурбело Р. М., Жабитенко Н. К., Кучеров И. Я. // Лазерная технология. Вильнюс, 1988. № 6. С. 153—154.

Киевский
государственный университет
им. Т. Г. Шевченко

Получено 6.06.1989
Принято к печати 2.01.1990

ФТП, том 24, вып. 5, 1990

«ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КВАЗИБАЛЛИСТИКА» В МИКРОСТРУКТУРАХ НА GaAs ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Дубровский Ю. В., Ларкин И. А., Морозов С. В., Борисов А. В.,
Бунин Г. Г., Иноземцев С. А., Лалин В. Г., Малахов Б. А.

В результате развития технологии эпитаксии и микроstructuring в последние годы появились экспериментальные исследования короткоканальных эффектов в полупроводниках, проявляющихся в тех случаях, когда размеры исследуемой структуры L в направлении движения электронов меньше характерных длин в твердом теле или порядка их. При $L \sim \lambda_B$ (λ_B — длина волны Де Бройля) наблюдаются интерференционные явления [1], при $L \lesssim l_p$ (l_p — длина