

НЕСТАЦИОНАРНОСТЬ ПЛАНАРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФОТО-ЭДС В СИСТЕМЕ *p*-КРЕМНИЙ — ЭЛЕКТРОЛИТ

Методика контроля однородности полупроводников, основанная на измерении топограмм поверхностной фото-ЭДС, предполагает наличие устойчивой связи между распределениями локальных значений фото-ЭДС и электрофизических параметров кремния. Измерения выполняются в ряде случаев в системе полупроводник — электролит. Применение электролитического контакта к поверхности позволяет реализовать однородный токосъем со всей поверхности и обеспечивает неразрушающий характер контроля [1, 2]. Нами установлено, что планарное распределение фотоотклика не является стационарной характеристикой пластины. Оно может существенно изменяться во времени даже при отсутствии специальных воздействий на планарную поверхность пластины, а в случае контроля однородности пластины непосредственно после выполнения операций химической обработки поверхности кремния нестационарность распределения является закономерной. Исследование нестационарности распределения фото-ЭДС по площади пластин Si и составило предмет данной работы. Измерения фото-ЭДС выполнялись в 0,5—1 %-ном водном растворе фтористого аммония непосредственно после обработки пластины в течение 2—3 мин в концентрированной плавиковой кислоте. Ранее нами показано [3], что эти условия позволяют выполнять воспроизводимые исследования, связанные с долговременной релаксацией второго рода, на кремнии *p*-типа.

Измерения топограмм фото-ЭДС осуществлялись по схеме, аналогичной [2], при следующих параметрах зондирующего излучения: длина волны 0,63 мкм, мощность около 2 мВт, частота модуляции 180 Гц, диаметр зонда 1 мм, скорость сканирования зонда по поверхности пластины 6 мм/с. Эксперименты выполнены на пластинах кремния, выращенного по методу Чохральского, удельное сопротивление 10 Ом · см, легирующая смесь — бор, толщина пластины 400 мкм, диаметр 76 мм. Контроль за кинетическим изменением распределения фото-ЭДС выполнялся путем непрерывного сканирования зондом вдоль одного из диаметров пластины.

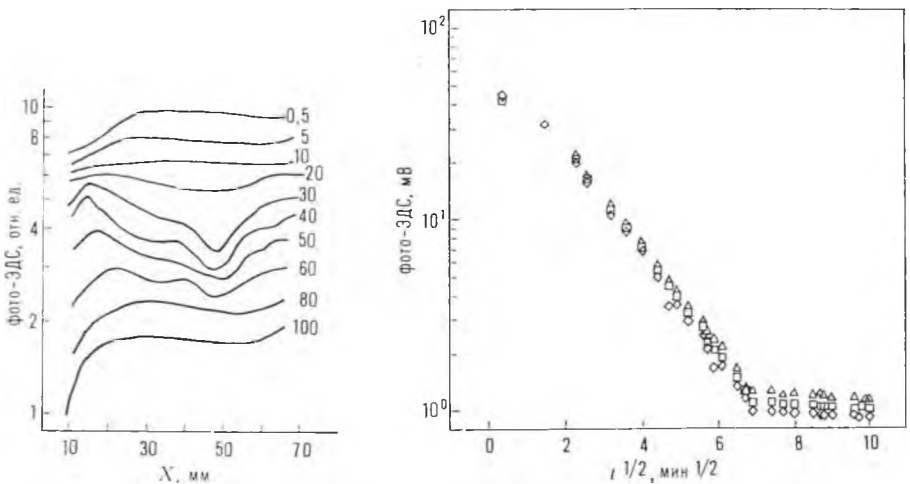


Рис. 1. Изменение во времени распределения фото-ЭДС по пластине *p*-Si

Рис. 2. Релаксация фото-ЭДС полупроводник — электролит для трех выбранных точек линии сканирования:

$\tau = 2,3$ мин (Δ); 1,9 (\square) и 1,7 (\diamond)

Типичная динамика изменения профилограммы фото-ЭДС для использованных режимов подготовки поверхности проиллюстрирована на рис. 1. Время начала записи каждой профилограммы, начиная от момента погружения пластины в электролит, приведено в минутах справа от каждой из профилограмм. Приведенные результаты характерны для кремния *p*-типа с различным удельным сопротивлением. Особенностью релаксационных характеристик для трех локальных областей, выбранных на линии сканирования для этой же пластины (рис. 2), является то, что за время до 60 мин исходная профилограмма с относительно равномерным распределением фото-ЭДС трансформируется в профилограмму с четко выраженными локальными экстремумами. Дальнейшее изменение профилограммы со временем приводит к сглаживанию ее формы.

Релаксационные характеристики локальных значений фото-ЭДС подчиняются общему закону долговременной релаксации второго рода [4]:

$$U = U_0 \exp(-t/\tau), \quad (1)$$

где U , U_0 — текущее и начальное значения фото-ЭДС в j -й локальной области; t — время релаксации, мин; τ — параметр релаксации, мин.

Параметр τ различен для локальных областей пластины, так что наблюдаемые кинетические изменения распределения фото-ЭДС можно связать с неодинаковой скоростью релаксации фото-ЭДС в областях пластины. Эти различия могут отражать структурное совершенство данных областей кремния или качество обработки поверхности кремния в указанных областях.

Распределения по диаметру одной из исследуемых пластин параметра τ , а также локальных значений плотности дислокаций N_d и примесных комплексов N_k приведены на рис. 3. Значения N_d , N_k определялись по результатам оптической микроскопии поверхности пластин кремния после их обработки в селективном травителе Сиртла (примесные комплексы идентифицировались как мелкие ямки травления). Следует отметить заметное снижение параметра τ в областях пластины с высокой плотностью структурных дефектов, т. е. структурно несовершенные области пластины кремния характеризуются ускоренной релаксацией фото-ЭДС, а это, в свою очередь, приводит к кинетическим изменениям распределения локального фотоотклика.

Долговременная релаксация фото-ЭДС полупроводник — электролит в конкретных условиях эксперимента вызвана дрейфом величины поверхностного потенциала кремния, а значит, и величины межфазного барьера на границе полупроводник — электролит. Указанный дрейф обусловлен перезарядкой медленных поверхностных состояний, характерных для поверхности кремния после обработки в плавиковой кислоте [4, 5]. Химическая природа поверхностных центров, обуславливающих наличие таких состояний, может быть связана с фторированием поверхности и

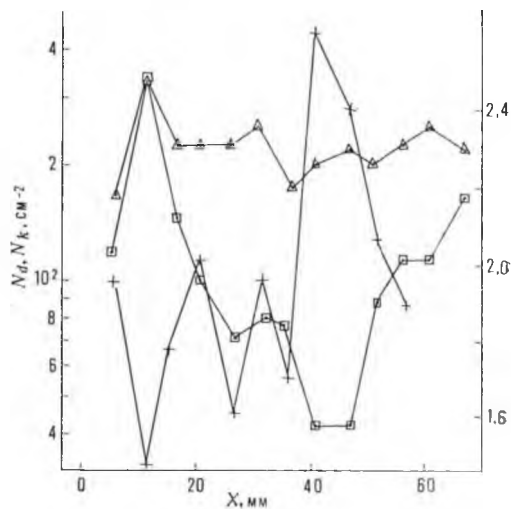


Рис. 3. Распределение τ , N_d и N_k по диаметру одной из исследуемых пластин

последующей ее гидратацией при измерении фото-ЭДС в водном электролите [4, 5].

Нестационарность планарного распределения фото-ЭДС, измеряемой в системе полупроводник — электролит, необходимо учитывать при реализации контроля однородности полупроводниковых материалов. Объективно оправданным является поиск способа предварительной обработки поверхности пластин и состава измерительного электролита, стабилизирующих поверхностный потенциал полупроводника на период измерений в наивыгоднейших условиях (максимальный контраст по структурным дефектам и т. п.). Возможен также анализ планарной однородности полупроводника по распределению параметра релаксации τ , в этом случае обработка поверхности и состав электролита должны стимулировать устойчивую долговременную релаксацию поверхностного потенциала.

Список литературы

1. Lile D. L., Davis N. M. // Solid. State Electron. 1975. V. 18. № 7—8. P. 699.
2. Патрин А. А., Сернов С. П. Микроэлектроника. 1982. Т. 11. Вып. 5. С. 402.
3. Суслов В. А., Хоанг Суан Хонг, Хоанг Шон // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 1: Физ. Мат. Мех. 1988. № 1. С. 14.
4. Киселев В. Ф., Крылов О. В. Электронные явления в адсорбции и катализе на полупроводниках и диэлектриках. М., 1979.
5. Моррисон С. Химическая физика поверхности твердого тела. М., 1980. С. 488.

Поступила в редакцию 08.02.90.

УДК 621.315.592

Д. И. БРИНКЕВИЧ, ФАРИД НАССУР (САР),
В. В. ПЕТРОВ, В. С. ПРОСОЛОВИЧ

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГЕТТЕРОВ НА ПРОЦЕССЫ ГЕНЕРАЦИИ ТЕРМОДОНОРОВ В КРЕМНИИ

Использование термообработок (ТО) в производстве приборов на основе кремния предъявляет повышенные требования к его термической стабильности и определяет необходимость поиска новых путей управления процессами термического дефектообразования. В настоящей работе исследованы процессы генерации термодоноров (ТД) в пластинах кремния, на поверхность которых наносились пленки Au и W или создавались имплантированные иттербием слои. В качестве контрольных использовались *n*-Si (111) пластины с исходным удельным сопротивлением $\rho = 20 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

Параметры образцов приведены в таблице. Содержание кислорода (N_0) в междоузельном положении определялось по полосе ИК поглощения при 1106 см^{-1} [1], концентрация Na (N_{Na}), Cu (N_{Cu}) и Au (N_{Au}) — методом нейтронно-активационного анализа [2]. Количество углерода в положении замещения, измеренное по полосе ИК поглощения при 607 см^{-1} , во всех исследовавшихся образцах $\leq 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Концентрация ТД рассчитывалась путем измерения эффекта Холла и проводимости при 300 К. На поверхность части образцов методом магнетронного распыления наносились пленки W и Au (образцы 3, 6—8) толщиной $\sim 80 \text{ нм}$, другая часть имплантировалась ионами Yb (образец 4) с энергией 35 кэВ дозой $200 \text{ мкКл} \cdot \text{см}^{-2}$. Предварительная высокотемпературная обработка (ПВО) в диапазоне температур 850—1200 °С осуществлялась в потоке водорода. Диффузия Au из нанесенных пленок осуществлялась в процессе ПВО длительностью 10—24 ч при 850—900 °С, последующее охлаждение осуществлялось со скоростью $< 1 \text{ К} \cdot \text{мин}^{-1}$. После ПВО приповерхностный слой толщиной 50 мкм сошлифовывался,