

- [1] И с х а к о в Р.С., К и р к о В.И., К у з о в н и -
к о в А.А. и др. Труды IХ NERF, Новосибирск, 1986.
С. 70-74.
- [2] Г о г у л я Н.Ф., В о с к о б о й н и к о в И.М., П р о -
с т о с е р д о в А.И. // ФГВ. 1985. № 3. С. 110-113.
- [3] Б а у м Ф.А., О р л е н к о Л.П., С т а н ю к о в и ч К.П.
и др. // Физика взрыва. М.: Наука, 1975. 704 с.
- [4] К и р к о В.И., К у з о в н и к о в А.А. // ФГВ. 1988.
№ 6. С. 19-24.

Красноярский государственный
университет

Поступило в Редакцию
8 января 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 10

26 мая 1989 г.

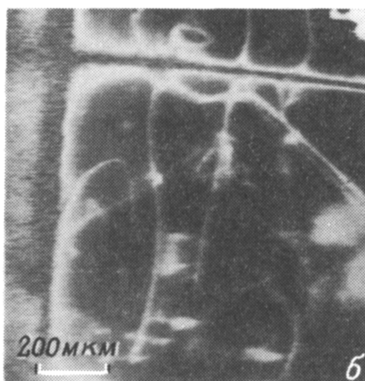
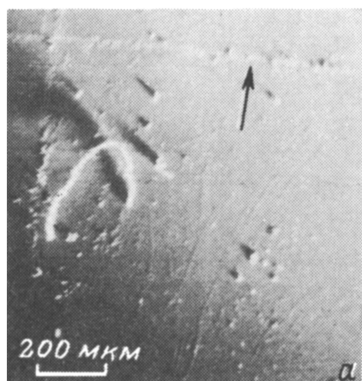
06.2; 11

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕКОМБИНАЦИОННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛАСТИН В РЭМ
С СВЧ-ДЕТЕКТИРОВАНИЕМ

А.Е. Л у к ь я н о в, А.А. П а т р и н,
А.М. Я н ч е н к о

Электрически активные неоднородности в полупроводниковых пластинах и структурах традиционно выявляются в растровом электронном микроскопе, работающем в режиме наведенного тока (см., например, [1]). Для осуществления таких измерений в пластине, на их поверхности формируют энергетический барьер (например, барьер Шоттки или р-п переход). Технологические операции формирования барьера, как правило, являются разрушающими. Кроме того, чувствительность к рекомбинационно-активным центрам в барьерных структурах снижается вследствие особенностей процессов миграции носителей к барьеру и условий разделения на нем.

Нами выполнены эксперименты на примере кремния по визуализации чисто рекомбинационной неоднородности в пластинах, не содержащих барьерных структур. Эксперименты базируются на описанной в работах [2-4] СВЧ-методике и аппаратуре анализа рекомбинационных параметров полупроводниковых пластин. В данном случае электронный зонд сканирующего электронного микроскопа *JSM-V-3*, прерываясь во времени с частотой 500 Гц, обеспечивал генерацию неравновесных носителей заряда в кремниевой пластине на участке $\sim 2 \text{ мм}^2$ на глубину до 9 мкм. Пластина закрывала отверстие малогабаритного СВЧ-преобразователя трехсантиметрового диапазона, введенного в камеру РЭМ. Переменный из-за модуляции электропроводности СВЧ-сигнал, пропорциональный



Микрофотографии участка поверхности кремниевой пластины в режимах упруго-отраженных электронов (а) и СВЧ-детектирования (б). Светлое поле на фото (б) соответствует меньшим значениям времени жизни носителей заряда.

концентрации избыточных носителей заряда и времени их жизни τ , после детектирования и усиления подавался на вход видеоусилителя РЭМ.

На рисунке приведены микрофотографии участка поверхности кремниевой пластины КЭФ-20 толщиной 400 мкм после стандартной химико-механической обработки, полученные в РЭМ в режимах упруго-отраженных электронов (а) и СВЧ-детектирования (б). Микрофотография в режиме упруго-отраженных электронов выявила слабый рельеф поверхности. На поверхности видны две взаимно пересекающиеся, полученные с помощью алмазного скрайбера, царапины (обозначены стрелками), а также надповерхностные дефекты (частицы пыли), оставленные для этих экспериментов в качестве маркеров. На микрофотографии в режиме СВЧ-детектирования в этой области наблюдается более сложная картина. Темное поле здесь соответствует повышенному значению τ . Картина контраста, как и в предыдущем случае, отслеживает царапины на поверхности и затенения надповерхностными дефектами. Дополнительно наблюдается развитая сеть линий, отражающих локальное понижение значения τ вдоль них, по всему полю кадра. Такого типа топография дефектов не была обнаружена с помощью стандартной методики НТ в структуре с барьером Шоттки.

Полученные результаты имеют принципиальное значение для проблемы диагностики качества полупроводниковых материалов. Отметим, что при использовании в регистрирующем тракте фазового детектирования СВЧ-сигнала [4] возможно получение в микромасштабе визуализированного распределения по поверхности пластины

параметра \mathcal{Z} в абсолютных единицах. Используемая методика легко может быть распространена на другие полупроводниковые материалы - германий, арсенид галлия и др.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] L e a m y Н.Д. // J. Appl. Phys. 1982. V. 53(6). P. R51-R80.
- [2] П а т р и н А.А., С е р н о в С.П., Я н ч е н к о А.М. // Электронная техника. Сер. 6, Материалы. 1984. В. 1 (186). С. 79-81.
- [3] Т а р а с и к М.И., Я к у б е н я С.Н., Я н ч е н к о А.М. // Электронная техника. Сер. 6, Материалы. 1985. В. 8 (207). С. 48-50.
- [4] Б у р а к о в А.В., Я к у б е н я С.Н., Я н ч е н к о А.М. // Приборы и техн. эксперимента. 1986. № 5. С. 226.

Поступило в Редакцию
8 февраля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 10 26 мая 1989 г.

06; 09

СТИМУЛИРОВАННОЕ УСИЛЕНИЕ СИГНАЛОВ ЯДЕРНОГО СПИНОВОГО ЭХА В МАГНЕТИКАХ

Т.М. Ш а в и ш в и л и, К.О. Х у ц и ш в и л и,
Н.П. Ф о к и н а, Г.В. Л а в р е н т ь е в

В работе [1] была осуществлена когерентная генерация РЧ сигналов предварительно инвертированными ядерными спинами, взаимодействующими с высокочастотным колебательным контуром, в катушку которого помещен парамагнитный образец. Контур обладал временем радиационного затухания T_R [2], значительно превышающим время звона T_C , но гораздо меньшим времени фазовой памяти спинов T_2 . Генерация начиналась при настройке контура на резонансную частоту ядер. В работе [3] аналогичный эксперимент также обнаруживал стимулированное РЧ излучение. Физическая причина этого явления представляется следующим образом: Известно, что прецессирующая поперечная намагниченность наводит в катушке ЭДС индукции [2]. Если же предварительно перевести систему ядерных моментов в более высокое энергетическое состояние путем создания отрицательной ядерной поляризации, то прецессирующие ядерные моменты наводят в катушке ЭДС индукции, поддерживающую прецессию поперечной намагниченности. В работах [1, 3] с ядерными спинами был связан пассивный контур (ПК), не связанный с источниками питания.