

КАРТИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ НЕРАВНОВЕСНЫХ НОСИТЕЛЕЙ В КРЕМНИЕВЫХ ПЛАСТИНАХ СО СТРУКТУРОЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ ПОЛОСОК

В. А. Миляев, В. А. Никитин, А. В. Ширков

Институт общей физики Российской академии наук,
117942, Москва, Россия
(Получена 20.04.1992. Принята к печати 26.06.1992)

Бесконтактным неразрушающим методом СВЧ релаксометрии исследовалось пространственное распределение (разрешение ≈ 0.2 мм) эффективного времени жизни неравновесных носителей в серии пластин кремния с нанесенной структурой из алюминиевых полосок (шаг 2.9 мм), последующей перекристаллизацией сплава Al—Si в градиенте температур и заключительным внутренним геттерированием. Показано, что после перекристаллизации время жизни определяется дефектами, связанными с алюминием по всей площади пластины, в то время как геттерирование существенно уменьшает этот эффект.

Измерение времени жизни неравновесных носителей (ВЖНН) в кремнии дает богатую информацию о наличии дефектов, влияющих на захват и рекомбинацию неравновесных носителей. Без дополнительных измерений часто невозможно выяснить, с каким именно дефектом или примесью связано наблюдаемое уменьшение ВЖНН. Такими измерениями может служить снятие карты — распределение ВЖНН по площади пластины, на которой нанесены известные примеси. Снятие такой карты в технологическом процессе позволяет вскрыть динамике влияния исследуемой примеси.

В эксперименте измерялась серия пластин кремния, используемых при производстве солнечных батарей, изготовленных по следующей технологической цепочке.

1. Односторонняя полировка + химико-динамическая полировка (ХДП) + термическое окисление во влажном кислороде при $T = 1150^\circ\text{C}$ (толщина пленки окисла 0.3—0.4 мкм).

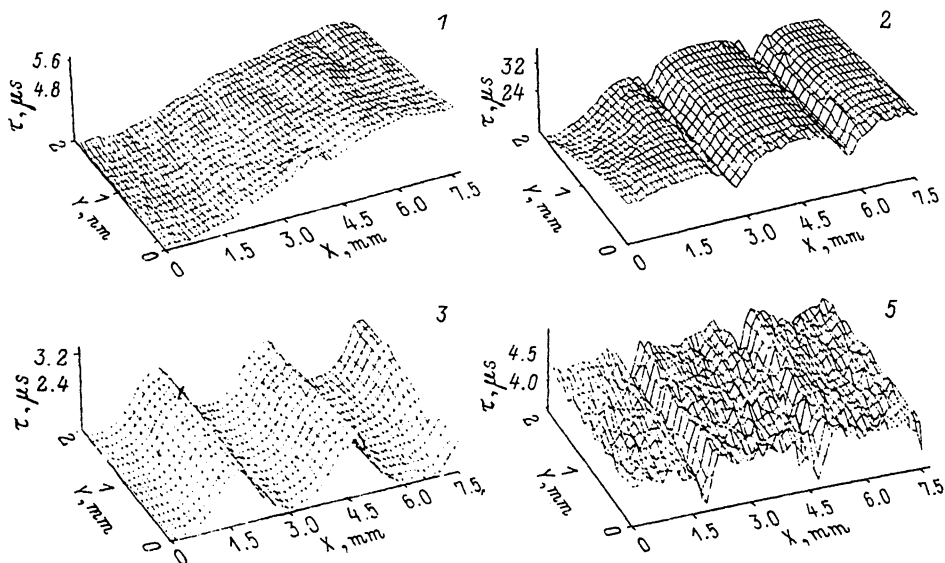
2. Формирование сетки (шаг 2.9 мм) вплавленных Al-зон шириной и глубиной 50—100 мкм при $T = 700^\circ\text{C}$.

3. Зонная перекристаллизация в градиенте температур, т. е. создание направленного движения расплава Al—Si при помощи перепада температур около 100°C до появления сети полосок на противоположной стороне пластины.

4. Двухсторонняя полировка, убирающая видимую сетку.

5. Геттерирование в потоке ($\text{O}_2 + \text{HCl}$) в течение 10 ч + ХДП.

В процессе эксперимента регистрировался спад СВЧ фотопроводимости после импульсного светового возбуждения. Основная блок-схема установки [1] представляла собой тракт для измерения СВЧ проводимости небольшой части полупроводниковой пластины. Световое возбуждение осуществлялось ИК светодиодом, нагруженным на световод диаметром 480 мкм, свободный конец которого подносился практически вплотную к исследуемой точке. Картирование осуществлялось с помощью двухкоординатного оптического столика с шагом 25 мкм и ходом 75×75 мм. Опытным путем установлено, что максимум информации реализуется



Карты эффективного времени жизни неравновесных носителей на разных стадиях обработки кремниевых пластин. Нумерация соответствует стадиям обработки.

при измерении через 5 шагов (0.125 мм). Картировалась площадка 7.5 × 1.875 мм.

На рисунке представлены карты эффективного времени жизни неравновесных носителей на разных стадиях обработки пластин (номера соответствуют стадиям обработки в технологической цепочке). Видно, что на исходной пластине 1 имеет место плавное увеличение ВЖНН от левого к правому краю площадки, что связано, вероятнее всего, с неоднородностью объема пластины, так как влияние поверхности на эффективное время жизни при наличии слоя окисла несущественно. После нанесения сетки царапин (на 2 видны две царапины, расположенные вдоль оси Y) указанная выше пространственная неоднородность распределения ВЖНН остается. Общее повышение значений времени жизни (τ) можно объяснить существенным изменением электрофизических свойств объема в случае термообработки при 700 °С. Уменьшение τ в области царапин может быть связано как с появлением дефектов — центров рекомбинации в объеме, так и с изменением эффективной скорости поверхностной рекомбинации, так как длина диффузии носителей сравнима с толщиной пластины.

После зонной перекристаллизации (3) картина существенно изменяется. Во-первых, исчезает общая пространственная неоднородность. Это позволяет заключить, что объемное время жизни (диффузионная длина в данном случае много меньше толщины, и влияние поверхности несущественно) определяется исключительно продуктами перекристаллизации сплава Al—Si. Во-вторых, наблюдается значительное уширение полосок, что свидетельствует о макроскопическом (расстояние между полосками 2.9 мм) распространении процесса перекристаллизации не только по толщине, но и по площади пластины. После полировки распределение ВЖНН не изменяется, что подтверждает предположение о несущественном влиянии поверхности.

После операции внутреннего геттерирования (5) наблюдается существенное изменение кинетики экспериментального сигнала — ее можно приблизительно описать двумя экспонентами. Это связано с появлением процесса прилипания вследствие разделения электронно-дырочных пар на границе кислородных преципитатов. Условно можно считать, что время короткой экспоненты несет информацию о ВЖНН, вес длинной экспоненты — о концентрации кислородных

преципитатов (т. е. о мощности геттера, подробнее см. в [2]), а ее характерное время связано с природой центров прилипания. На рисунке (5) представлено распределение времени короткой экспоненты. Видно, что наряду с общим повышением τ вследствие эффекта геттерирования уменьшилась ширина полосок. Таким образом, можно утверждать, что несмотря на то что время жизни по-прежнему вследствие общей однородности определяется продуктами перекристаллизации, зависимость эта стала ступенчатой. Одно из возможных объяснений — предположение, что продукты перекристаллизации явились центрами образования кислородных преципитатов, но в процессе роста последних застекловались в них и вышли из электрофизической игры за исключением области собственно полосок, где, возможно, остался избыточный алюминий и эти процессы не имели места. Вес второй экспоненты — мощность геттера — практически не изменяется по площади. Время длинной экспоненты также практически постоянно с небольшими резкими всплесками в области полосок. Это свидетельствует о постоянной мощности геттера по всей площади и подтверждает предположение, что в области полосок наряду с кислородными преципитатами находятся принципиально другие центры захвата.

Интересную информацию несет также вес короткой экспоненты и вообще амплитуда измеряемого сигнала. Во всех образцах регистрируемые распределения не всегда совпадают с распределением времени жизни, что требует дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] В. А. Заварицкая, А. В. Кудинов, В. А. Миляев, В. А. Никитин, А. М. Прохоров, А. В. Ширков. ФТП, 18, 2160 (1984).
- [2] В. И. Думбров, Д. Н. Гулидов, В. А. Миляев, В. А. Никитин, В. Н. Степченков, А. В. Ширков, Б. Л. Эйдельман. Микроэлектроника, 17, 19 (1988).

Редактор Л. В. Шаронова
