

1. Галлер В., Голата В. Высшие гармоники в асинхронных машинах.— М.: Энергия, 1981—220 с.
2. Шийский В. П. Расчет электрических машин.— М.: Энергия, 1968.—732 с.
3. Копылов Н. П. Проектирование электрических машин.— М.: Энергия, 1980.—496 с.
4. А. с. 1164254 СССР МКИ G 01 R 31/34 Устройство для исследования влияния эксцентриситета на характеристики электрических машин. / Никитян Н. Г. (СССР) № 1257993/22; Заяв. 25.12.87; Опубл. 7.03.89. Бюл. № 9.—241 с.

БрПН

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIII, № 5, 1990, с. 252—255.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.382.333

Г. Е. АПВАЗЯН, А. Г. БАХШЕЦЯН, Г. А. МАКАРЯН

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ НА КАЧЕСТВО ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Показана корреляция между структурными дефектами, в частности, дислокациями на линиях скольжения, и электрическими характеристиками высоковольтных транзисторов. Предложен способ повышения качества транзисторов серии ТК.

Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

Հայտնի է որպես համադրություն տրանզիստորների մասնագործական ստորի գծերի վրա եղած դիսլոկացիաների, և շարժմանը տրանզիստորների էլեկտրական չեզոքացրերի միջև կապը: Առաջարկված է 59 շարժի տրանզիստորների որակի բարձրացման մե կապակց:

Известно, что индуцированные термической обработкой структурные дефекты, в частности, дислокации на линиях скольжения (ЛС), отрицательно влияют на электрические характеристики интегральных схем и полупроводниковых приборов [1]. В ряде работ описана кристаллография ЛС, указаны отдельные причины, способствующие их возникновению и распространению [2, 3]. Там же перечислены конкретные способы ликвидации, или предотвращения образования дислокаций. Однако эти способы не всегда являются оптимальными применительно к созданию полупроводниковых приборов в условиях серийного производства.

В настоящей работе показана корреляция между ЛС и электрическими характеристиками выпускаемых промышленностью высоковольтных транзисторов, предложен способ улучшения их качества путем контролируемого расположения транзисторных структур на пластинах.

Транзисторные структуры серии ТК изготавливались по стандартной планарно-эпитаксиальной технологии. В качестве исходных использовались кремниевые полированные пластины диаметром 60 мм и ориентацией в плоскости (111). Эпитаксиальный слой толщиной 55 мкм и

удельным сопротивлением 20 Ом·см выращивался методом восстановления хлоридов при температуре 1200 °С. Формирование базовых и эмиттерных областей транзисторов осуществлялось последовательной диффузией акцепторной (алюминий, бор) и донорной (фосфор) примесей при температурах выше 1000° С. На пластинках располагались семь транзисторных структур диаметром 17 мм, одна в центре, остальные — по краям пластины, диаметрально противоположно друг другу. Было изготовлено и исследовано свыше 700 структур.

Качество транзисторов оценивалось по значениям обратных токов и пробивных напряжений на основании изучения полутангенсных характеристик (ВАХ) готовых приборов. Наличие дислокационных ЛС контролировалось методами оптической и рентгеновской дифракционной микроскопии. Степень дефектности транзисторных структур оценивалась коэффициентом заполнения ЛС по формуле

$$A_{\text{ЛС}} = 2,51 h_{\text{max}}^2 / r^2,$$

где h_{max} — максимальное радиальное удаление точки видимого пересечения двух ЛС от края пластины; r — радиус пластины.

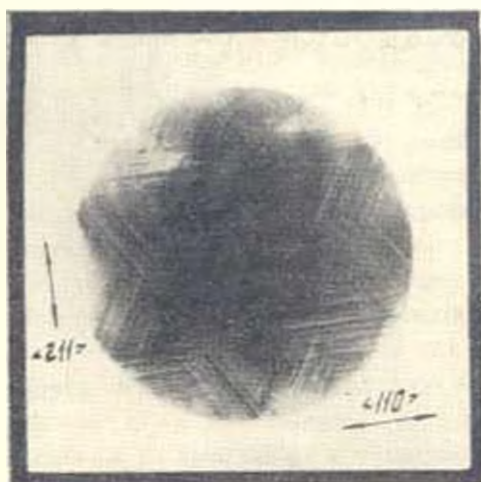


Рис. 1. Типичная картина распределения ЛС на пластине

На рис. 1 приведена типичная картина распределения ЛС на пластине, подвергнутой термической обработке. Видно, что под действием термоупругих напряжений ЛС распространяются от периферии вглубь пластины. Плоскости скольжения наклонены к поверхности под углом 70°32' (плоскости {111}) и пересекают поверхность по кристаллографическим направлениям типа $\langle 110 \rangle$, соответствующим векторам трансляции в решетке монокристаллического кремния. Между указанными направлениями (на $\langle 211 \rangle$) формируются отдельные поля с единичными дислокациями или совершенно свободно от них. Пооперационное наблюдение за ЛС показало, что их образование

начинается при эпитаксиальном выращивании ($K = 0.09-0.16$) и развивается на последующих термодиффузионных операциях ($K_{\text{эп}} = 0.35-0.6, 0.42-0.95, 0.42-1.1$ соответственно после диффузии алюминия, бора и фосфора). При этом, определяющими являются температура и скорость нагрева-охлаждения пластин. Источниками ИС служат локальные механические повреждения по периферии пластины, образующиеся, главным образом, на операциях механической подготовки полированных пластин.

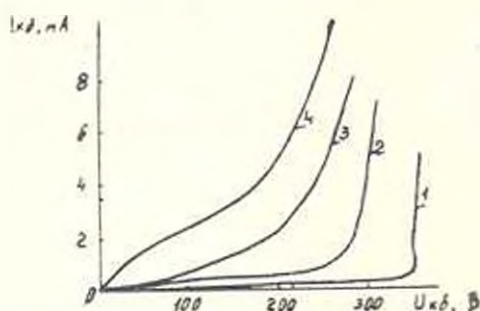


Рис. 2. Зависимость обратных ВАХ транзисторов от степени дефектности $K_{\text{эп}}$ (1 — 0, 2 — 0.43, 3 — 0.8, 4 — 1.1).

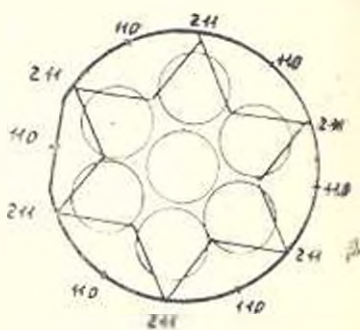


Рис. 3. Оптимальное кристаллометрическое распределение транзисторных структур на пластине

Характерная серия ВАХ коллекторного перехода транзисторов с различными значениями $K_{\text{эп}}$ представлена на рис. 2. Хорошо видно, что наличие И в активной области транзистора приводит к уменьшению значений пробивных напряжений и увеличению обратных токов. Наиболее высокие значения пробивных напряжений при фиксированных токах утечки имеют приборы с наименьшим числом пересечений ИС. Именно этим объясняется тот факт, что практически всегда центральные приборы, для которых $K_{\text{эп}} \approx 0$, имеют лучшие электрические характеристики по сравнению с крайними приборами.

Был предложен способ повышения качества транзисторных структур путем их расположения в свободных от дислокаций зонах пластины. Для транзисторов серии ТК их оптимальное кристаллометрическое расположение на пластине показано на рис. 3. Отметим, что в серийном производстве контролируемое расположение транзисторных структур легко реализуется на операциях фотолитографии заданной фиксации фотошаблона относительно базового среза или ориентационных меток на торце пластины.

На рис. 4 приведено сопоставление гистограмм распределения пробивных напряжений коллекторного перехода транзисторов при оптимальном (сплошная линия) и произвольном (штриховая линия) расположении структур на пластинках. Видно, что наибольшая доля высоковольтных приборов, для которых $U_{\text{кб}} \geq 200\text{В}$, получается при контролируемом расположении транзисторных структур. При этом процент выхода годных повышается на 20%.

Предложенный способ был опробован в заводских условиях в ИПО «Транзистор» и дал положительный результат.

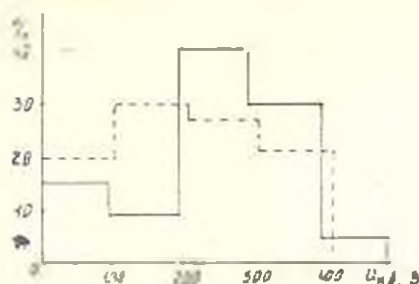


Рис. 1. Гистограммы распределения пробивных напряжений коллекторного перехода транзисторов при их оптимальном (сплошная линия) и произвольном (штриховая линия) расколении на пластинках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рейн К. Дефекты и примеси в полупроводниковом кремнии: Пер. с англ. Под ред. С. Н. Гирина. — М.: Мир, 1984. — 475 с.
2. Ковцевой Ю. А., Литвинов Ю. А., Фигачев Э. А. Пластичность и прочность полупроводниковых материалов и структур. — М.: Радио и связь, 1982. — 240 с.
3. Fisher A. W. Deformation-free cooling of silicon wafers. Exp. Techn. Phys. — 1981. V. 29, № 1. — P. 95 - 102.