



“Fizika-2005”
Beynəlxalq Konfrans
International Conference
Международная Конференция



7 - 9 **İyun** **June** **2005** №141 **səhifə** **page** **546-548**
Июнь **стр.**

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

**ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМООБРАБОТКИ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И
МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ**

ГАШИМОВ А.М., ГУРБАНОВ К.Б., ГАСАНЛИ Ш.М., МЕХТИЗАДЕ Р.Н.

Институт Физики НАН Азербайджана
Az-1143, Баку, пр.Джавида,33
Тел.(994 12)439-44-02 E-mail: arif@physics.ab.az

В работе исследовано влияние технологических процессов на процент выхода годных полупроводниковых приборов и на механические характеристики кремниевых пластин.

ВВЕДЕНИЕ

В процессах формирования интегральных схем и других полупроводниковых приборов пластины кремния подвергаются различным механическим и термическим воздействиям. В результате этого возникает большая опасность генерации на этих пластинах дислокаций и ухудшения их механической прочности. Согласно работам [1,3], одним из основных факторов, ограничивающих выход годных интегральных схем (ИС), диодов транзисторов и других приборов микроэлектроники, наряду с другими дефектами, особое место занимают дислокации. Дело в том, что влияние дислокаций на электрические свойства ИС, транзисторов и р-п- переходов носит сложный характер. Согласно работам [1,4,8], наличие дислокаций может сопровождаться появлением энергетических уровней в запрещенной зоне. При этом дислокации могут быть областями рекомбинации носителей, что приведет к увеличению генерационных токов в области пространственного заряда при обратном смещении.

Работа посвящена выяснению влияния термических процессов на выход годных полупроводниковых приборов и на электрофизические и механические свойства кремниевых пластин.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА И ОБРАЗЦЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследованы кремниевые пластины с биполярными транзисторами и без них. Биполярные транзисторы были изготовлены по планарной технологии. Кроме того, кремниевые пластины без транзисторов были подвержены термоотжигу при температурах $t = 400^{\circ}\text{C}$, 600°C , 800°C и 1000°C . Термоотжиг исследованных пластин был осуществлен

в атмосфере воздуха. Для исключения прямого попадания тепловых лучей на пластины и равномерного их нагрева они были сверху защищены экранными пластинами. В качестве характеристических параметров были использованы: обратный ток $I_{кз}$, пробивное напряжение $U_{кз}$, микротвердость H , трещиностойкость K_{ic} и длина канала отпечатка d . Измерение микротвердости было выполнено с помощью прибора типа ПМТ-3. В качестве индентора была использована пирамида Виккерса. Трещиностойкость была определена по тем же отпечаткам, по которым определялась микротвердость. Механическая прочность была определена по методике, описанной в работе [7].

Расчеты микротвердости и трещиностойкости были проведены с помощью следующих формул [4,6]

$$H = 1854 \times 10^7 P/d^2 \quad (1)$$

$$K = 28 \times 10^{-6} a\sqrt{E/H/c^3} \quad (2)$$

где P -приложенная нагрузка (H), d -диагональ отпечатка (мкм), $a = d/2$ (мкм), H -микротвердость (МПа), E -модуль Юнга (МПа), c -длина трещин вокруг отпечатка (мкм).

Для выявления распределения указанных параметров по поверхности пластин готовые транзисторы были пронумерованы по горизонтали и разбиты на ряды, а пластины без транзисторов - на секторы и зоны.

Экспериментальные результаты были получены при комнатной температуре. Погрешность измерений микротвердости составляла около 5%, а трещиностойкости - около 10%.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований приведены на рисунках 1-5, из рисунков 1,2 видно, что:

1) приборы с наиболее высоким уровнем обратных токов $I_{кз}$ и низкими значениями пробивных напряжений $U_{кз}$ расположены в крайних областях пластины (темные квадраты рис.2) (светлыми квадратами обозначены годные приборы, рис.1); 2) уровень обратных токов для приборов, расположенных в дефектных областях пластины, в среднем на два-три порядка выше, чем для приборов, расположенных в областях, свободных от дефектов.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными работ [1,2,5]. Авторы работы [5] из сопоставления данных по рентгенодифракционного контраста с зависимостью распределения значений обратного тока по площади пластины делают вывод о том, что высокий уровень обратных токов и низкие значения пробивных напряжений располагаются, как правило, в периферийных областях пластины, где наблюдается большое число пересечений линий скольжения. В свою очередь, по мнению автора работы [5], источниками линий скольжения служат локальные механические повреждения по периферии пластины, образующиеся, главным образом, на подготовительных операциях: при обрезке монокристалла, резке кристаллов на пластины, шлифовке и полировке.

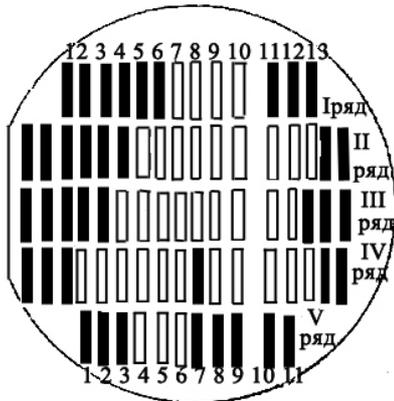


Рис.1. Карта распределения по площади кремниевой пластины годных транзисторов

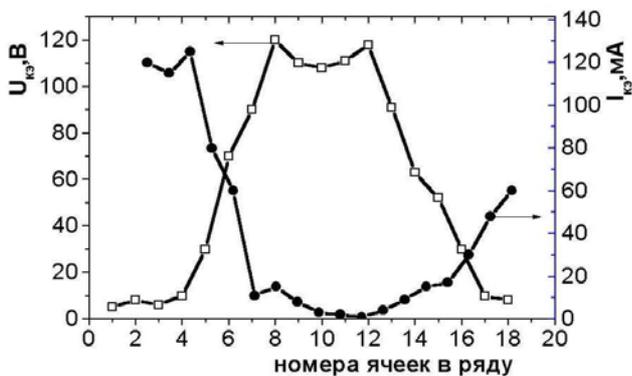


Рис.2. Распределения значений обратного тока $I_{кз}$ и пробивного напряжения $U_{кз}$ (для примера взята III ряд рис.1)

Особая роль дефектов, возникающих в процессе производства полупроводниковых приборов, проявляется также в неравномерном распределении по поверхности пластины микротвердости и трещиностойкости (см.рис.3).

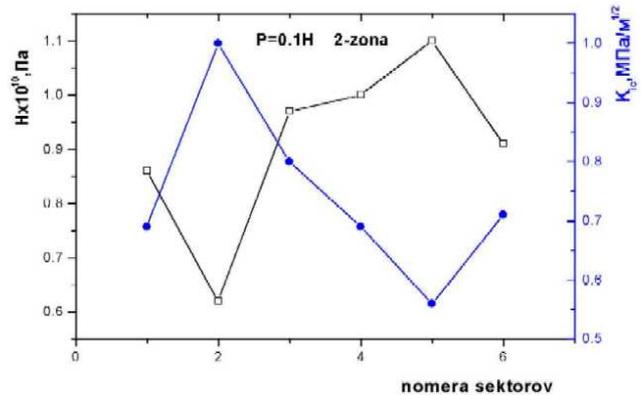


Рис.3. Распределение микротвердости и трещиностойкости по поверхности кремниевой пластины.

Из рисунка видно, что: 1) распределение этих параметров по площади пластины носит неравномерный характер, а именно, в периферийных областях величина микротвердости в 1.5 раза меньше, чем в центральной части пластины, 2) к периферийным частям величина микротвердости уменьшается, а трещиностойкости увеличивается, 3) длина диагонали отпечатка канала с ростом температуры отжига до $T \sim 450^\circ\text{C}$ уменьшается (при $F(H) = \text{const}$), а затем, с дальнейшим увеличением температуры отжига, резко увеличивается. Причем, на краях пластины (зоны 1 и 3) при $T = 25^\circ\text{C}$ и $T = 1000^\circ\text{C}$ величина диагонали отпечатка канала больше, чем в середине пластины (рис.4).

Как зависимость длины диагонали канала отпечатка от температуры отжига (рис.4), так и разбег дислокаций и линий скольжения от отпечатка индентора (рис.5) являются подтверждением того, что при высокотемпературных отжигах происходит релаксация упругих напряжений. Из рисунков 5,6 видно, что после отжига на окрестности отпечатка в процессе вдавливания индентора при комнатной температуре возможен разбег дислокаций и линий скольжения.

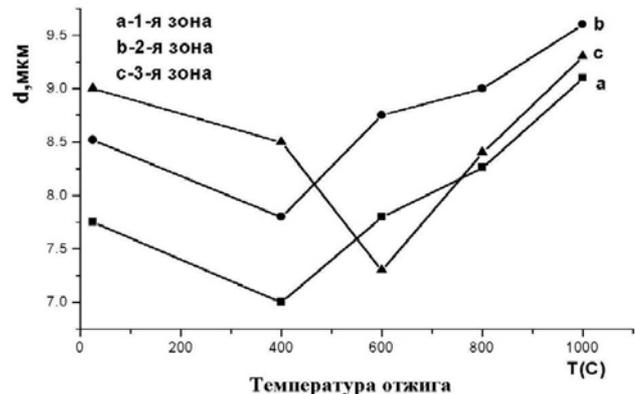


Рис.4. Зависимость длины отпечатка канала от температуры отжига



Рис.5. Разбег дислокаций от отпечатка индентора после температурного отжига($T=600^{\circ}\text{C}$).

Причем этот разбег дислокаций и линий скольжения происходит в определенном кристаллографическом направлении. Причиной этому является релаксация упругих напряжений. Согласно работам [1,7], разбегание дислокаций у поверхности больше, чем в глубине кристалла. Это еще раз указывает на облегченность перемещения дислокаций вблизи поверхности пластины.

Кроме того, характер зависимости $d=f(T)$ свидетельствует также о существовании определенных стадий начала релаксаций упругих напряжений. Как видно из рисунка, первая стадия релаксации напряжений становится заметной в интервале температур $(25-400)^{\circ}\text{C}$ (d уменьшается), вторая - при $(400-800)^{\circ}\text{C}$ (монотонный рост d) и третья - при $T > 800^{\circ}\text{C}$, где наблюдается резкий рост длины диагонали канала отпечатка.



Рис.6. Разбег полос скольжения от отпечатка после температурного отжига ($T=1000^{\circ}\text{C}$)

Отметим, что в последнее время в направлении получения кристаллов без дислокаций проведен ряд успешных работ, однако, несмотря на это, не удалось существенно увеличить процент выхода годных микроэлектронных приборов. Это отчасти связано с тем, что растет количество дефектов, возникающих в производстве приборов по мере усложнения технологии изготовления и топологии полупроводниковых приборов, а также интегральных схем. Согласно работам [1,7], одним из возможных вариантов уменьшения дефектов является способ геттерирования исходной полупроводниковой подложки.

Из анализа полученных данных можно сделать вывод о том, что процент выхода годных полупроводниковых приборов большей степенью связан с режимом технологических процессов.

-
- [1]. 1.Трауи Я. Основы технологии сверхбольших интегральных схем. Перевод с японского под ред. Ржанова В.Г. М.: «Радио и связь», с. 474.
- [2]. 2. Чернышев А.А. Основы надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем.1988, с.113.
- [3]. 3. Меженный М.В., Мильвидский М.Г., Павлов В.Ф. Динамические свойства дислокаций в термообработанных при низких температурах пластинах кремния. Физика твердого тела. 2001, т. 43, вып.1, стр.47.
- [4]. 4.Герасимов А.Б., Чирадзе Г.Д., Кутивадзе Н.Г. О распределении величины микротвердости по глубине образца. Физика твердого тела.1999, т.41, вып, 7, стр.1225.
- [5]. 5. Борисенко В.Е., Дорофеев А.М., Яшин К.Д. Особенности образования линий скольжения в пластинах кремния при импульсной обработке некогерентным светом.ЭТ серия материалы, 1985, в.7(206),с.3.
- [6]. 6. Lawn B.R. et al. Model for crack initiation in elastic/plastic indentation fields. Journal of materials science, 1977, v.12, N11, p.2195.
- [7]. 7.Kontsevoy Yu.A. et al. Plasticity and durability of semiconductor materials and structures, 1982, p.103.