



Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9
İyun
June 2005
Июнь

№29
səhifə
page 131-133
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

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

ГАШИМОВ А.М., 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 рекомбинаций 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 $K_{тс}$ 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]

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

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

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.

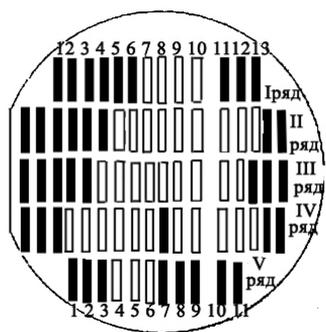


Рис.1. Карта распределения по площади кремниевой пластины годных транзисторов

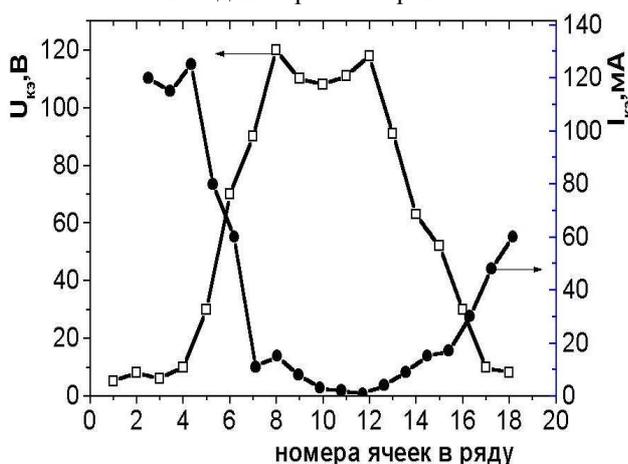


Рис.2. Распределения значений обратного тока $I_{кз}$ и пробивного напряжения $U_{кз}$ (для примера взята III ряд рис.1)

Особая роль дефектов, возникающих в процессе производства полупроводниковых приборов, проявляется также в неравномерном распределении по

поверхности пластины микротвердости и трещиностойкости (см.рис.3).

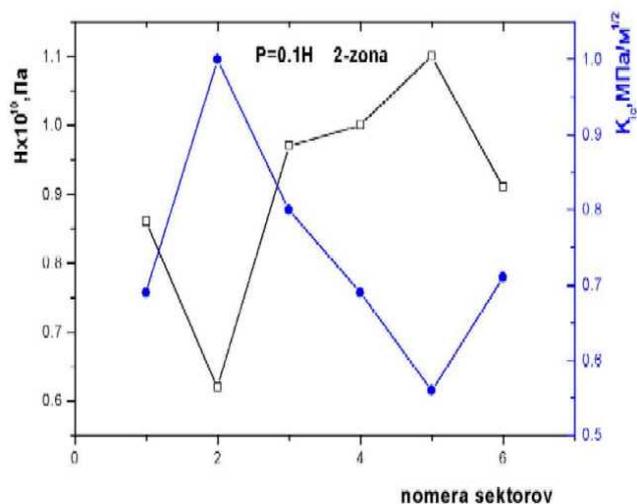


Рис.3. Распределение микротвердости и трещиностойкости по поверхности кремниевой пластины.

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

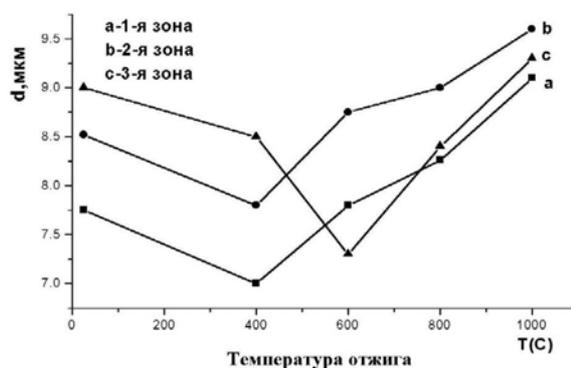


Рис.4. Зависимость длины отпечатка канала от температуры отжига

(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.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]. Трауи Я. Основы технологии сверхбольших интегральных схем. Перевод с японского под ред. Ржанова В.Г. М.: «Радио и связь», с. 474.
- [2]. Чернышев А.А. Основы надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем.1988, с.113.
- [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]. 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]. 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]. 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]. Kontsevov Yu.A. et al. Plasticity and durability of semiconductor materials and structures, 1982, p.103.