

УДК: 621.3.082.782

*Набиев М.Я.
Старший преподаватель
Наманганский инженерно-строительный институт
Узбекистан, Наманган*

ПРОБЛЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЕГРАДАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ В КРЕМНИИ

Аннотация: Проблема управления деградационными свойствами в кремнии в настоящее время полностью не решена, несмотря на то, что она всегда была одной из главных проблем как в технологии получения полупроводниковых материалов, так и приборов на их основе.

Ключевые слова: Деградация, кремний, полупроводник, дефект, термообработка, концентрация

*Nabiev M.Y.
Senior lecturer
Namangan engineering constructional institute
Uzbekistan, Namangan*

THE PROBLEM OF MANAGING DEGRADATION PROPERTIES IN SILICON

Abstract: The problem of controlling the degradation properties in silicon is currently not completely resolved, despite the fact that it has always been one of the main problems in the technology for producing semiconductor materials and devices based on them.

Key words: Degradation, silicon, semiconductor, defect, heat treatment, concentration.

Деградация кремния - изменение его основных электрофизических параметров: удельного сопротивления (ρ), концентрации (n), подвижность (μ) и времени жизни носителей заряда (τ). Величины изменений указанных параметров зависят от технологических режимов получения кремния, режимов эксплуатации, условий хранения, а также от технологии изготовления приборов на его основе. Проблема управления деградационными свойствами в кремнии в настоящее время полностью не

решена, несмотря на то, что она всегда была одной из главных проблем как в технологии получения полупроводниковых материалов, так и приборов на их основе [1,2].

Наиболее часто встречающимися методами в технологии получения полупроводниковых материалов являются термообработка и радиационное облучение, рисунок 1. Полупроводниковые материалы и приборы подвергаются термообработке на различных этапах технологии их изготовления (создание *p-n* перехода и контактов, окисление, изготовление корпуса прибора и т.д.), а также в процессе эксплуатации (высокотемпературные режимы). При этом в решетке кристалла происходят различные процессы, стимулированные нагревом: диффузия, перезарядка активных центров (изменяется τ), активация нейтральных примесей, образование и распад различных комплексов и ассоциатов (изменяется *p* и *n*), возникновение локальных флуктуаций механических напряжений (изменяется μ), различные взаимодействия, обусловленные химическими реакциями, структурные превращения и т.д. Все эти явления, как правило, протекают в неравновесных условиях и приводят к изменениям в тонкой структуре полупроводникового материала, что обуславливает деградацию его свойств и приборов на его основе.

В процессе термообработки в интервале температур 300-1300°C в монокристалле кремния возникают различные виды термодфектов (ТД), создающие мелкие и глубокие энергические уровни, которые существенно изменяют электрические, рекомбинационные и другие характеристики кремния. В зависимости от кинетики образования, концентрации и природы ТД из всего температурного интервала можно условно выделить три температурных диапазона возникновения ТД: 1) 300-500°C, 2) 600-800°C, 3) 900-1300°C.

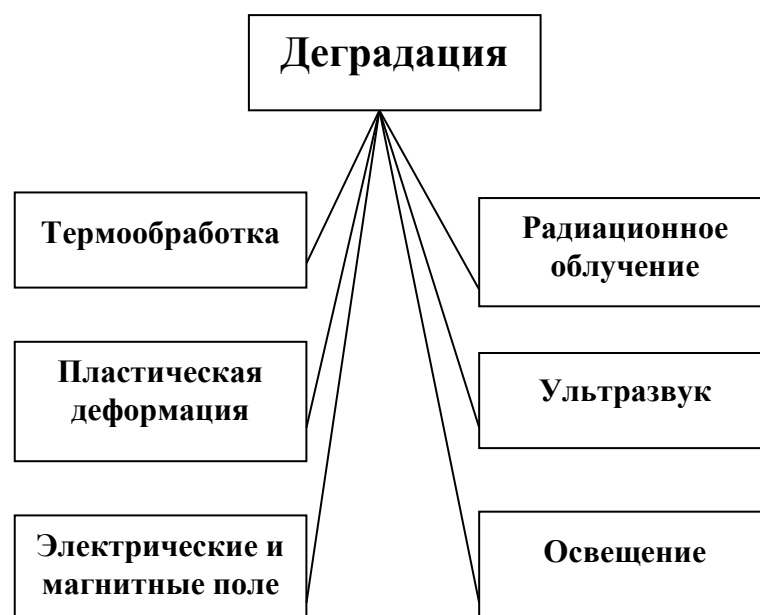


Рис. 1. Основные методы введения дефектов в кристаллическую решетку

Образование ТД при термообработке кремния в 1 диапазоне температур связывается с наличием растворенного в нем кислорода и происходит, согласно модели Кайзера, вследствие объединения атомов кислорода, находящегося в решетке кремния в диспергированном состоянии, в комплексы Si-O_4 с концентрацией до $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, обладающие донорными свойствами.

В следующем температурном диапазоне - наблюдается повторное образование термодоноров, отличных от тех, что формируются в 1 диапазоне температур. Образованные при низких температурах термодоноры при температурах $600-800^\circ\text{C}$ разрушаются; новые термодоноры, получившие название «новых кислородных доноров», представляют собой образования новой фазы (SiO_x). Однако при $T \geq 900^\circ\text{C}$ наблюдается аннигиляция оставшихся после выращивания термодоноров. Преобразования в системе кислородосодержащих преципитатов определяются наличием зародышей, соответствующего строения, критических размеров, концентрация которых, в свою очередь, зависит от температуры и концентрации межузельного кислорода. На эти

процессы влияет и наличие углерода, который может выходить из узельного состояния за счет замещения его междузельным кремнием, образовавшимся при снятии напряжения при росте кислородного преципитата (осадка); этот междузельный углерод может легко диффундировать к кислородному преципитату, присоединяться к нему и менять его электрическую активность.

На рисунке 2 приведена температурная зависимость максимальной концентрации электронов проводимости, появление которых обусловлено образованием ТД в кристаллах кремния с разной концентрацией кислорода за 1 ч. отжига в атмосфере азота. Первый максимум при 450°C относится к ТД, а второй, более широкий, в области 750°C связан с образованием новых ТД.

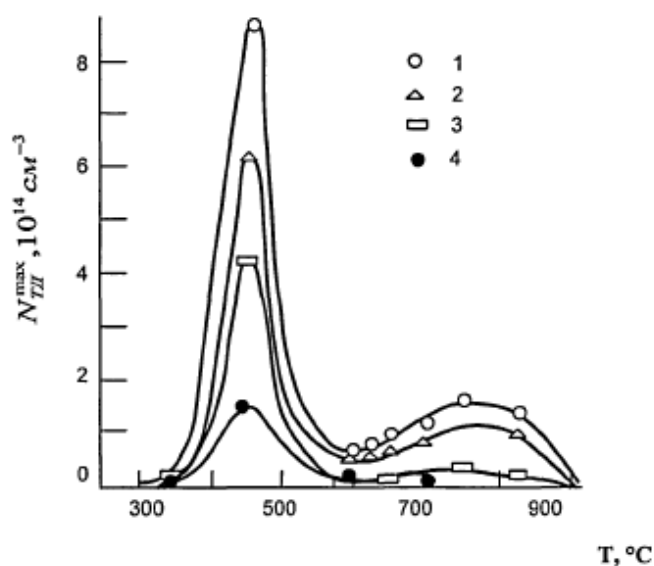


Рис. 2. Концентрация ТД, образованных за 1 час отжига в интервале температур 300-900°C в кристаллах кремния с различным содержанием кислорода N_0 , 10^{18}см^{-3} : 1 - 2,0; 2 - 1,85; 3-1,6; 4 - 1,2.

Также при повышении температуры выше 900°C образуются высокотемпературные или закалочные дефекты. Концентрация таких дефектов зависит от температуры, времени отжига и скорости охлаждения: - с ростом последних она увеличивается и достигает $\sim 10^{15} \text{см}^{-3}$. Эти ТД в

основном связывают с диффузией различных металлических примесей (Fe, Au, Cu, Cr и т.д.) с поверхности образцов и «активацией» их в объеме кристалла. Однако на основе комплексного исследования свойств кремния, термообработанного в интервале температуры 800-1300°C с различной скоростью охлаждения ($\sim 10^1 - 10^2$ °C/c), показано, что ТД не могут быть образованы лишь электрически активными примесями типа Fe, Au, Cu, Cr и т.д. или вакансиями, дивакансиями, вакансионно-примесными комплексами, а связаны с комплексами точечного и неточечного типа, в образовании которых принимают участие электрически неактивная примесь кислорода и атомы основного вещества - кремния.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что проблема управления деградационными свойствами полупроводников, и, в особенности, кремния, являющегося самым широко используемым полупроводниковым материалом, далека от своего решения.

Список использованной литературы

1. Мильвидский М.Г. Полупроводниковый кремний на пороге XXI века. // Известие ВУЗов, Материалы электронной техники, 2000 г., №1, с. 1-14.
2. Тимошина М.И. Влияние термообработки и легирования на свойства монокристаллического кремния.//Автореферат кандидат технических наук, Москва, МИСиС, 2011 г.
3. Набиев М., Жабборов А. Построения ассиметричных дельта-функций //Экономика и социум. – 2019. – №. 12. – С. 735-738.
4. Юлдашев Ш. С., Саидов С. М., Набиев М. Я. Распространение вибраций в грунтах, возникающих при движении железнодорожных поездов //Молодой ученый. – 2015. – №. 11. – С. 481-483.
5. Набиев М. Я. Проблемы и перспективы развития электроэнергетики в современных условиях //Экономика и социум. – 2020. – №. 5-2. – С. 3-5.
6. Murodov M. K., Nabiev M. Y. USE OF THE 4-STEP METHOD IN PRACTICAL LESSONS ON THE SUBJECT OF ELECTRICAL ENGINEERING AND THE INTRODUCTION OF AN INNOVATIVE DEMO OPTICAL INSTALLATION //CURRENT RESEARCH JOURNAL OF PEDAGOGICS. – 2021. – Т. 2. – №. 11. – С. 76-82.
7. Набиев М. Я., Содиков Т. Б. Солнечная сушка хлопка //Экономика и социум. – 2020. – №. 12-1. – С. 835-838.