РОЛЬ КОМПОНЕНТОВ МОП – СТРУКТУР В ФОРМИРОВАНИИ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Ш.Х.Йулчиев, В.А.Абдуазимов

Мақолада электрон қурилмалар ва интеграл схемалар таркибини ташкил этувчи моддаларнинг тузилиши, олиниш технологиялари ва физикавий-кимёвий хусусиятлари ҳақидаги маълумотлар таҳлиллари келтирилган. Олдиндан белгиланган махсус хусусиятларга эга бўлган МОЯ турдаги қурилмаларни, улар асосида интеграл схемаларни ҳосил қилиш учун таркибий қисми моддаларини мос ҳолда танлаш, махсус киришма элементлари билан легирлашнинг оптимал шароитларини аниқлаш зарур эканлиги кўрсатилган.

***Калит сўзлар**: интеграл схема, кремний оксиди, киришма, диэлектрик қатлам, нуқсон, сирт.*

В статье приводятся результаты анализа структуры, технологии получения и физико-химических свойств материалов, используемых для создания МОП-структур, основы производства электронных изделий и интегральных схем. Показано, что для получения МОП-структур с заданными свойствами необходим подбор вида материалов каждого из компонентов, оптимальные условия легирования их отдельными примесными элементами, которые позволят получить структуры со спецификическими свойствами.

***Ключевые слова**: интегральная схема, оксид кремния, примесь, диэлектрический слой, дефект, поверхность*

The article presents the results of the analysis of the structure, technologies physical and chemical properties of materials used to create the MOS – structures, basis of production of electronic products and integrated circuits. It is shown that to obtain MOS - structures with specified properties, it is necessary to select the type of materials for each component, the optimal conditions for alloying them with individual impurity elements, which allow obtaining structures with specific properties.

***Key words**: integrated circuit, silicon oxide, impurities, dielectric layer, defect, surface*

Современный этап интенсивного развития электронной промышленности и микроэлектронной технологии требует создания новых и совершенствования наиболее массово применяемых материалов. Известно, что основой большинства электронных изделий и интегральных схем (ИС) является металл-диэлектрик–полупроводниковые (МДП) структуры типа металл–двуокись кремния-кремний (МОП). Такая ситуация объясняется физико-химическими свойствами, большими резервами кремния (~25% земной коры) и ее эксплуатационными параметрами [1]. Поэтому одним из наиболее изученных и технологически освоенных материалов в настоящее время является электронный кремний. Однако, несмотря на достаточную изученность технологии получения моно- и поликристаллов кремния для получения наиболее совершенной структуры кристаллов, удовлетворяющих строгим требованиям, предъявляемым к функциональным характеристикам электронных приборов, а значит к параметрам МДП структур, следует более глубокое изучение физико-химических процессов, происходящих как в подложке и в диэлектрической пленке, так и на границе их раздела. В этом случае важную роль в формировании свойств структур играет очистка кремния от исходных дефектов типа примесные атомы кислорода, углерода, дефектов упаковки и продуктов их взаимодействия при технологических условиях роста кристаллов и производства ИС, т.е. качество кремния [2].

Другой важный компонент МДП-структуры – диэлектрический слой двуокиси кремния используется для изоляции проводящих слоев, в качестве масок при диффузии или ионной имплантации, в качестве герметизирующих покрытий легированных пленок с целью предотвращения потери в них легирующих элементов, для геттерирования примесей из объема Si, защиты приборов от внешних примесей, влаги и механических повреждений [2]. Очень полезным в технологии микроэлектроники оказалось легирование фосфором пленок двуокиси кремния, которое предотвращает диффузию примесей щелочных металлов. Кроме того, при традиционной технологии получения диэлектрических слоев SiO_2, отжиг при температуре 1000-1100^{0}C, поверхность Si размягчается и формируется гладкий рельеф, который благоприятно

сказывается на последующих этапах технологии создания металлического электрода [2].

Диэлектрическая пленка нитрида кремния (Si_3N_4) является более эффективным барьером для диффузии примесей щелочных металлов, почти не проницаемым для влаги, и обладает низкой скоростью окисления. Стехиометрический нитрид кремния, осаждаемый при 700-900^{0}С, применяется в качестве маски для травления окисла при создании планарных структур и как подзатворный диэлектрик совместно с термически выращенной двуокисью кремния в электронных изделиях с двойным изолятором. Низкая температура осаждения Si_3N_4(200-350^{0}С) позволяет использовать этот материал поверх слоя алюминиевой или золотой металлизации [3].

В последнее время проводятся исследования по использованию для производства электронных изделий на основе МДП-структур, прежде всего для пассивации поверхности и формирования двухслойных диэлектриков, оксинитрид кремния (Si_2N_2O). Оксинитрид кремния получают путем реакции между силаном, закисью азота и аммиаком путем подбора оптимальных условий осаждения, при этом имеется возможность получения пленки различного состава между SiO_2 и Si_3N_4 .

Вследствие того, что пленки SiO_2 обладают сжимающими напряжениями, а пленки нитрида кремния- растягивающими, они приводят к образованию промежуточного состава оксинитрида кремния, при котором упругие напряжения отсутствуют. Такие свойства этих диэлектрических материалов используются для пассивирования поверхности электронных приборов.

Для пассивирования поверхности МОП-структур можно так же использовать фосфоро-боро-силикатные$(P_xB_2O_3)_y(SiO_2)_Z$и свинцово – силикатные стекла $(PbO)_x(SiO)_y$ [4]. Такие стекла можно осаждать при невысоких температурах (300-350^0), а процесс их размягчения и растекания по поверхности происходит при температурах ниже 1000^{0}С.

В качестве диэлектрического слоя в МОП-структурах возможно так же использование пленок окиси алюминия, нитрида алюминия и окиси титана. Эти окиси осаждают на поверхности химическим способом в температурном диапазоне 800-1100^{0}С. К их преимуществам следует отнести большое удельное сопротивление, высокие значения диэлектрических постоянных и уровней напряженности поля пробоя.

Очень малые размеры активных элементов и мелкие глубины их залегания налагают новые требования на процессы осаждения различных диэлектрических пленок. К таким требованиям прежде всего относятся низкая температура осаждения для предотвращения диффузионного размытия границ активных элементов, конформное произведение рельефа на поверхности, подвергнутой анизотропному травлению, низкая плотность технологических дефектов и себестоимость конечного продукта. Анализ производственных процессов изготовления электронных изделий показывает, что удовлетворительные результаты лучше всего получаются при осаждении из парогазовых смесей или плазмохимического осаждения при пониженном давлении [6].

Важным фактором формирования эксплуатационных параметров электронных изделий на основе МОП-структур является физико-химическое состояние границы раздела полупроводник-диэлектрик. Это, прежде всего, нарушение периодичности структуры приповерхностной области полупроводника, внедрение в переходный слой атомов посторонних примесей, образование «напряженных» и оборванных валентных связей. Эти и другие факторы, в конечном счете, приводят к перераспределению подвижных ионов и носителей зарядов.

Исследованиями показано, что легирование подложки МОП-структур различными примесями с глубокими уровнями приводит к различным эффектам. Например, легирование кремниевой подложки Cu, Au, и Ni увеличивает величины плотности поверхностных состояний (N_{SS}). При диффузии Au и Pb в МДП-структуры со стороны кремния наблюдается изменение знака эффективного поверхностного заряда, а при диффузии этих атомов со стороны окисла наблюдается только увеличение положительного заряда в объеме диэлектрического слоя [6].

Примесные атомы Fe, Co, Ni, Jn, Cd, Rb и ряда других по-разному влияют на величину и распределение N_{SS}по ширине запрещенной зоны кремния. Введение атомов Al заметно уменьшает N_{SS} на границе раздела Si-SiO_2, которое объясняется образованием наночастиц Al_2SiO_2, обладающих отрицательным избыточным зарядом [7].

Таким образом, анализ свойств отдельных компонентов МОП- структур на основе кремния, который является базовым элементом большинства электронных изделий и ИС, типа, свойства, технологии их получения показали, что они играют важную роль в формировании функциональных свойств готовых изделий. Выбор оптимальных технологических условий, необходимых параметров материалов для конкретных целей является важной задачей исследователей и производственников электронной промышленности.

Литература:

1. Зайнобидинов С. Полупроводниковый кремний: современное состояние и перспектива. // Узб. физ.журнал.- 2005.- Т. 7, в.4.- С.237-246

2. Технология СБИС. Под ред. С.Зи. в 2-х книгах.- М.: Мир, 1986.

3. Корзо В.Ф., Черняев В.Н. Диэлектрические пленки в микроэлектронике.- М.: Энергия, 1977.- 368 с.

4. Парчинский П.Б., Власов С.И. Генерационные характеристики границы раздела кремний-свинцово-боросиликатное стекло. // Микроэлектроника.- 2001.- Т.30, №6.- С.403-406

5. Франкомб М.Х., Джонсон Дж. Е. Получение и свойства полупроводниковых пленок. // Тр.науч. конф. «Физика тонких пленок».- М., 1972 .- С. 140-145

6. Зайнабидинов С.З., Власов С.И., Насиров А.А. Неравновесные процессы на границе раздела полупроводник-диэлектрик.- Т.: Университет, 1995.- 112 с.

7. Йулчиев Ш.Х. Влияние легированного кремния нетрадиционными примесями и ионизирующего облучения на характеристики границы раздела Si-SiO_2. Автореф. канд. дисс.- Андижан, 2003.

Андижон давлат университети,
2018 йил 10 июлда қабул қилинган
(Тақризчи: акад. С.Зайнобидинов)