

Summary

The temperature and pressure influence on basic characteristics (disruptive pressure, prestrike time, prestrike consumptions) of high-voltage discharge initiation in water-oil emulsion of different degrees of oil saturation with water is experimentally researched and compared with the discharge characteristics in water. The results obtained would be useful for improvement of the electric discharge technology of oil-well treatment under the temperatures up to 100°C and pressures up to 50 MPa.

А.П. Достанко, В.В. Баранов, Л.П. Ануфриев, А.А. Костюкевич, В.А. Зеленков

ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР ПРИ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКЕ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220027, Республика Беларусь*

Примесно-дефектное взаимодействие имеет важное значение при создании твердотельных структур методами диффузии, ионного легирования и твердофазных реакций, например, при формировании высококачественных невыпрямляющих контактов и контактов Шоттки на монокристаллическом кремнии [1].

С целью повышения стабильности и надежности контактов металл–полупроводник в процессе их эксплуатации в составе изделий полупроводниковой электроники используется целый ряд методов, среди которых можно выделить формирование контактов на основе силицидов металлов платиновой группы [2], введение редкоземельных и изовалентных примесей, которое оказывает существенное влияние на характер структурных несовершенств в приконтактных слоях кремния, проведение термообработок, обеспечивающих отжиг радиационных дефектов структуры монокристаллического кремния, например, методами изотермического отжига, быстрого термического отжига, в том числе лазерного [3, 4] и др. При этом различные методы термообработки являются в ряде случаев средством формирования внутренних геттеров для фоновых технологических примесей, выступающих одним из факторов нестабильности твердотельных структур.

Цель данной работы – выяснение вопроса о том, как на стабильность твердотельных структур влияет дозированная бомбардировка ионами инертного газа в сочетании с последующей термообработкой.

В качестве объекта исследований выбраны контакты Шоттки типа Si/Mo, которые формировали методом магнетронного распыления в среде аргона при давлении $2 \cdot 10^{-2}$ Па на пластинах кремния, ориентированных в плоскости (111). Толщина пленки Mo составляла 0,1 мкм. Для обеспечения последующего контактирования создаваемых тестовых структур поверх пленки Mo магнетронным распылением наносили пленку сплава Al-1,5%Si. Нанесение пленок Mo и сплава Al-Si для одной части образцов проводили в едином вакуумном цикле. Другую часть образцов формировали в отдельных вакуумных циклах; при этом после нанесения пленки Mo ее подвергали бомбардировке ионами Ar^+ в вакууме $\sim 10^{-2}$ Па. Доза облучения лежала в пределах $2 \cdot 10^{15} - 3 \cdot 10^{16}$ см⁻². Заключительной операцией формирования твердотельных структур являлся изотермический отжиг различной продолжительности либо быстрый отжиг ИК излучением, проводимый с помощью блока галогенных ламп КГ-220-1000. В последнем случае излучение направлялось как со стороны кремния, так и со стороны металлической пленки (Mo/Al-Si).

Образцы со сплошными пленками исследовали электронографическим методом с целью определения структурных изменений в переходном слое контактов. Измерение интенсивностей дифракционных рефлексов и диаметра колец проводилось с помощью микрофотометра МД 100.

Использовали также рентгенографический метод идентификации фаз по схеме Брегга-Брентано, реализуемой на аппарате ДРОН-2. Ряд образцов проходили операцию фотолитографии для получения топологического рисунка, обеспечивающего после подсоединения проволочных выводов возможность контроля электрофизических параметров контактов Шоттки.

В ходе исследований установлено, что при бомбардировке поверхности структур ионами Ag^+ происходит частичное распыление пленки, модификация структуры Мо и повышение степени совершенства кристаллической структуры приконтактного слоя кремния. Изменение толщины пленки Мо оценивали в процессе обработки по уменьшению величины тока электронного диагностического пучка. После завершения бомбардировки значение толщины пленки фиксировали методом оптической интерферометрии (на микроинтерферометре МИИ-4) и лазерной эллипсометрии (на лазерном эллипсометре ЛЭМ-11).

На рис. 1 приведены штрих-диаграммы, иллюстрирующие отмеченные результаты.

По мере ионной бомбардировки наблюдается постепенная модификация структуры пленки Мо – из ОЦК в ГЦК.

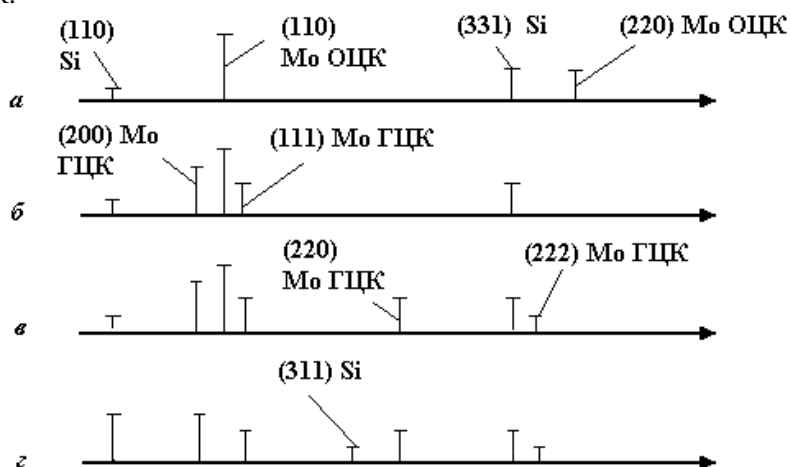


Рис. 1. Штрих-диаграммы твердотельных структур, полученные после различного времени ионной бомбардировки: а – исходная структура; б – после расчетного распыления $\sim 30\%$ толщины Мо плёнки; в – после расчётного распыления $\sim 80\%$ толщины Мо пленки; г – при дозе $1,5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$.

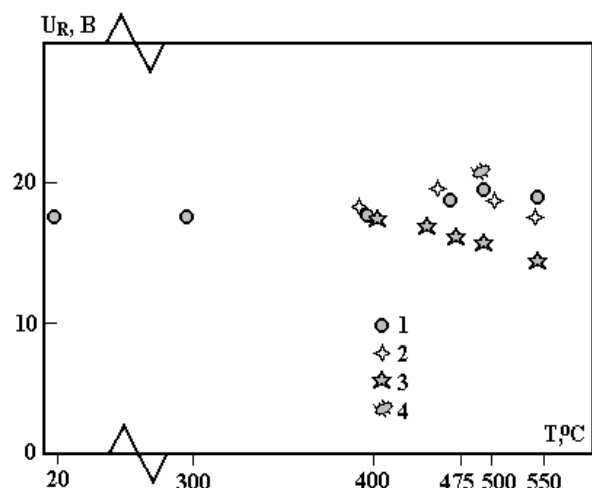


Рис. 2. Зависимости величины обратного напряжения диодов Шоттки Si/Mo/Al-Si от температуры изотермического отжига при длительности 15 (1), 30 (2) и 45 минут (3); а также при импульсном ИК отжиге (4).

Кроме того, важно отметить, что повышение степени совершенства кристаллической структуры приконтактного слоя кремния проявляется также в тех случаях, когда пленка Мо распылена не полностью, например, при дозе $\sim 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$. Другими словами, структурные изменения в результате ионной бомбардировки происходят на глубине, превышающей среднестатистический пробег ионов Ag^+ . Согласно оценочному расчету физическое распыление пленки Мо должно происходить при дозе облучения $\sim 10^{16} \text{ см}^{-2}$, однако на электронограммах обнаруживается наличие Мо (ГЦК) даже при дозах $\sim 1,5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$. На этом основании сделан вывод о том, что в процессе ионной бомбардировки имеет место “восходящая” ионно-стимулированная диффузия кремния, при которой формируется стабильная граница раздела.

Возникающие при этом радиационные точечные дефекты в кремнии удастся практически полностью устранить в результате последующего отжига по описанной выше технологии. Об этом свидетельствуют данные рентгеноструктурного анализа.

Косвенным свидетельством могут также служить результаты исследований электрофизических характеристик диодов Шоттки на полученных тестовых образцах. Типичные зависимости величины обратного напряжения диодов Шоттки приведены на рис. 2. Некоторое снижение величины обратного напряжения обусловлено влиянием верхнего слоя сплава Al-Si, так как при относительно высоких значениях температуры и времени отжига пленка Mo уже не является совершенным диффузионным барьером. Поэтому требуемые электрофизические свойства и стабильность диодов Шоттки на основе контактов Si/Mo можно обеспечить сочетанием ионной бомбардировки и изотермического отжига при умеренных температурах (до $\sim 450^\circ\text{C}$) либо импульсного ИК отжига.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Достанко А.П., Баранов В.В., Шаталов В.В.* Пленочные токопроводящие системы СБИС. Минск, 1989. С. 189–193.
2. *Мьюрарка Ш.* Силициды для СБИС. М., 1986. С. 120–125.
3. *Стриха В.И., Бузанева Е.В.* Физические основы надежности контактов металл–полупроводник в интегральной электронике. М., 1987. С. 202–207.
4. *Dervos C.T., Michaelides J.M.* The Effect of Contact Capacitance on Current-Voltage Characteristics of Stationary Metal Contacts. // IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology. 1998. Part A. Vol. 21. P. 530–540.

Поступила 08.08.2000

Summary

Some parameters, including bombardment by noble gas ions in conjunction with thermal treatment, that influent on solid-state structures stability have been discussed. The ion-stimulated diffusion of silicon was occurred during the ion bombardment and a stable interface was formed. The required electrical-physical properties and stability of Si/Mo Schottky diodes might be achieved by combining ion bombardment and isothermal annealing at temperatures up to $\sim 450^\circ\text{C}$ or infrared treatment.

Ю. М. Рычков, А. Е. Василевич

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОНВЕКЦИЯ СЛАБОПРОВОДЯЩИХ ЖИДКОСТЕЙ В ИМПУЛЬСНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

*Гродненский государственный университет им. Я. Купалы,
ул. Ожешко 29, г. Гродно, 230023, Республика Беларусь*

Введение

Постоянное усовершенствование систем тепло- и массообмена, работающих в условиях невесомости, требует интенсификации конвекции слабопроводящих жидкостей в электрическом поле. Традиционные пути решения этого вопроса посредством увеличения напряженности электрического поля и подбора состава рабочей жидкости на сегодняшний день уже не дают желаемого результата, что побуждает к поиску новых решений. В качестве одного из них ниже предложен метод интенсификации и управления электрической конвекцией слабопроводящих жидкостей импульсным электрическим полем.

Метод основан на использовании закономерностей молекулярного строения приэлектродного слоя в жидких диэлектриках [1, 2] и регулировании уровня инжекции эмитирующего электрода (катода) за счет импульсного электрического поля дополнительного иницирующего электрода (сетки).