

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕТТЕРИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКОЛ

Литвиненко В.Н., Херсонский национальный технический университет;
Дощенко Г.Г., Херсонская государственная морская академия;
Самойлов Н.А., Институт физики полупроводников НАН Украины
(Херсонский филиал)

DEVELOPMENT OF LOW TEMPERATURE METHOD OF GETTERING ADMIXTURES IS IN TECHNOLOGY OF SILICIC DIODES

Litvinenko V.M., Kherson national technical university; Doshenko G.G., Kherson
state marine academy;
Samoilov N.A., Institute of physics of semiconductors of National academy of
sciences of Ukraine (Kherson branch)

Представлены экспериментальные результаты влияния геттерирования пленкой халькогенидного стекла $Ge_{28}Sb_{12}Se_{60}$ на выход годных диодных структур. Приведены технологические режимы проведения процесса геттерирования пленкой халькогенидного стекла примесей на поверхности диодных структур. Рассмотрены механизмы воздействия процесса геттерирования на обратные токи диода.

Ключевые слова: халькогенидные стекла, геттерирование, обратный ток, диодные структуры, отжиг, примеси.

Experimental results of the influence of heteronoma film $Ge_{28}Sb_{12}Se_{60}$ chalcogenide glass to a yield of diode structures. The technological regimes of the process of heteronoma film of chalcogenide glass impurities on the surface of the diode structures. The mechanisms of the impact process heteronoma on the reverse currents of the diode.

Keywords: chalcogenide glass, heteroneura, reverse current, diode structures, annealing, impurities.

1. Введение. Одной из причин, приводящих к ухудшению обратных характеристик полупроводниковых диодов, является загрязнение поверхности р-п перехода и пассивирующих его покрытий примесями металлов (Na, K и др.), что приводит к увеличению поверхностной составляющей обратного тока диодов [1, 2]. Очистка поверхности пластин химической обработкой нередко оказывается малоэффективной. Поэтому в настоящее время широко применяют различные методы геттерирования. В то же время большинство известных технологических приемов геттерирования нежелательных примесей [3 - 8] применяются с использованием высокотемпературного отжига ($T \geq 800^\circ\text{C}$). Однако высокотемпературный отжиг нежелателен для многих типов полупроводниковых приборов, так как приводит к деградации их характеристик. Примерами таких приборов могут служить варикапы с

обратным градиентом концентрации примесей в базе и некоторые типы полупроводниковых диодов. В связи с этим возникла необходимость проведения исследований по разработке низкотемпературных методов геттерирования нежелательных примесей без использования высокотемпературного отжига. Одним из таких направлений является использование пленок халькогенидных стекол для низкотемпературного геттерирования. Эта группа аморфных материалов охватывает широкий круг химических соединений, характеризующихся тем, что они содержат один или несколько элементов 6-й группы системы элементов - так называемых халькогенов (S, Se, Te) [9]. Стеклообразование возможно при сочетании халькогенов с различными элементами, такими как As, Ge, Si, Pb, Tl, P, Sb, Bi. Характерной особенностью халькогенидных стекол является возможность существенного отклонения состава от стехиометрического, т.е. соответствующего химической формуле. Для определенной, заданной системы элементов, как правило, невозможно получить стекла любого состава, т.е. существуют определенные области стеклообразования, в пределах которых аморфные материалы могут быть получены быстрым охлаждением расплава. В то же время образцы составов, лежащих вне области стеклообразования, могут быть получены, подобно аморфному кремнию, осаждением из неконденсированного состояния.

Стеклообразные халькогенидные соединения являются более термодинамически устойчивыми, по сравнению с аморфными германием и кремнием. Поэтому их отжиг обычно не приводит к существенным изменениям физических свойств.

Электропроводность халькогенидных стекол в основном подчиняется экспоненциальному закону:

$$\sigma = C \exp(-E_g/kT),$$

где E_g – энергия активации акта электропроводности; k – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура; C – коэффициент, зависящий от механизма электропроводности стекла.

При этом, детальное изучение процессов электропроводности заставляет говорить не о собственной проводимости, а о проводимости по распространенным состояниям вблизи края разрешенных зон.

В некоторых веществах малая величина коэффициента C свидетельствует о преимущественном вкладе прыжковой проводимости по локализованным состояниям вблизи края зоны. Края оптического поглощения халькогенидных стекол интересны тем, что коэффициент поглощения возрастает экспоненциально с ростом энергии фотонов, т.е. описывается спектральным правилом Урбаха (переходы с участием хвостов плотности состояний), а при дальнейшем увеличении энергии зависимость меняется: что характерно для прямых разрешенных переходов зона - зона. При этом величину E_g естественно, можно считать оптической шириной запрещенной зоны.

Как показали исследования, аморфные пленки халькогенидных стекол обладают геттерирующим действием по отношению к различного рода

нежелательным примесям на поверхности структур полупроводниковых приборов.

Очистку поверхности кремниевых пластин от нежелательных примесей с помощью аморфных пленок халькогенидных стекол можно проводить практически на любом этапе технологического процесса изготовления структур полупроводниковых приборов, так как напыление пленок стекол обычно проводят при комнатной температуре, а последующий отжиг проводится при сравнительно низких температурах, не вызывающих деградацию параметров приборов.

2. Цель и задачи исследования. Данная работа посвящена исследованию возможности применения пленок халькогенидных стекол для геттерирования примесей, загрязняющих поверхность р-п структур.

3. Материалы и методы исследования. Исследования были проведены на кремниевом диоде. Структуры исследуемого диода были изготовлены по стандартной эпитаксиально-планарной технологии [10-14]. Для их изготовления использовали кремниевые эпитаксиальные пленки, легированные фосфором, с удельным сопротивлением $3,5 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ и толщиной 12 мкм . Р-п переход создавался диффузией бора из твердого источника B_2O_3 , его глубина составила $3,9 \text{ мкм}$. Защита р-п перехода осуществлялась термически выращенной пленкой SiO_2 , толщиной $0,7 \text{ мкм}$. Невыпрямляющий контакт к р-п переходу формировался напылением алюминия в вакууме. Толщина пленки алюминия составила $1,0 \text{ мкм}$. Затем проводилась фотолитография по слою алюминия. Геттерирование осуществлялось следующим образом. На рабочую сторону пластин методом термического испарения в вакууме осаждалась аморфная пленка халькогенидного стекла $\text{Ge}_{28}\text{Sb}_{12}\text{Se}_{60}$ толщиной $0,4\text{-}0,5 \text{ мкм}$ при температуре подложки 27°C , проводился отжиг структур при 300°C в атмосфере аргона. Очевидно, что в процессе отжига диодных структур подвижные ионы щелочных металлов, попадающие на поверхность пластин из травильных растворов, кварцевых труб и другой технологической оснастки, «поглощаются» пленкой стекла. После этого пленка халькогенидного стекла вместе с нежелательными примесями удаляется с поверхности пластин в травителе на основе серной кислоты и трехоксида хрома. После завершения геттерирования проводилась операция «вжигание алюминия» - отжиг пластин при $T = 550^\circ\text{C}$ в инертной среде и измерение электрических параметров диодов.

4. Экспериментальные данные и их обработка.

В таблице 1 приведены сравнительные результаты разбраковки по обратному току диодных структур, изготовленных по базовой (партии №1, 2) и разработанной (партии №3, 4) технологиям. Критерий годности: $I_{\text{обр}} \leq 0,3 \text{ мкА}$ при обратном напряжении 35 В .

Сравнительные характеристики базовой и разработанной технологий

Технология изготовления диодных структур	Номер партии пластин	Выход годных диодов по обратному току, %
Без использования геттерирования	1	74
	2	77
С геттерированием пленкой халькогенидного стекла	3	83
	4	82

Как видно из таблицы 1, проведение геттерирования с помощью аморфной пленки стекла $\text{Ge}_{28}\text{Sb}_{12}\text{Se}_{60}$ перед вжиганием алюминия дает возможность повысить выход годных диодных структур в среднем на 7%.

На рис. 1 представлены обратные ветви ВАХ диодных структур, изготовленных на частях одной пластины: с использованием геттерирования пленкой халькогенидного стекла $\text{Ge}_{28}\text{Sb}_{12}\text{Se}_{60}$ (кривая 1) и по базовой технологии (без использования геттерирования, кривая 2). Видно, что применение геттерирования дает возможность значительно уменьшить уровень обратных токов диодов.

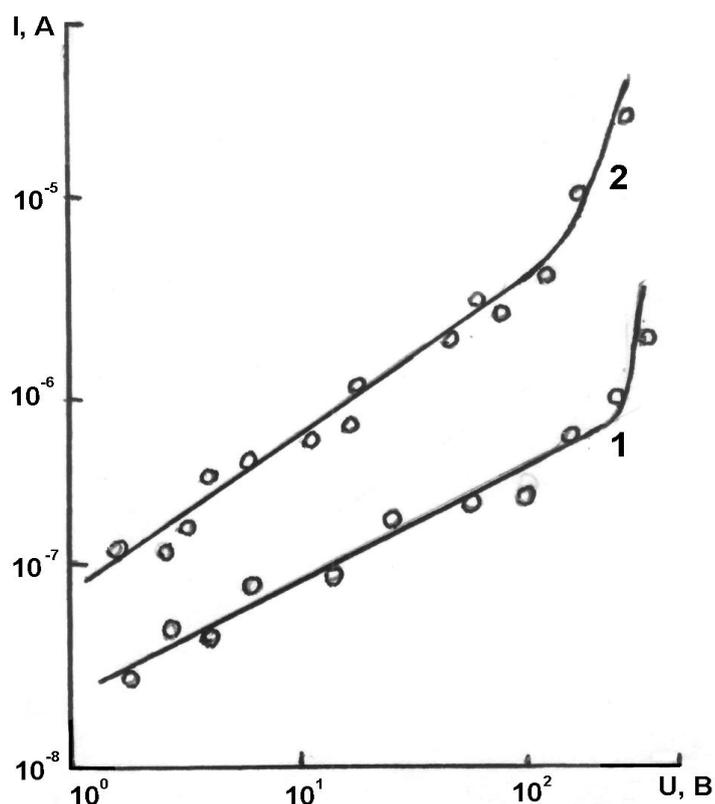


Рис. 1. Обратные ВАХ диодных структур

5. Выводы. Таким образом, использование геттерирования, путем нанесения аморфной пленки халькогенидного стекла $\text{Ge}_{28}\text{Sb}_{12}\text{Se}_{60}$ на поверхность структур диодов перед вжиганием алюминия и последующего отжига структур в инертной среде при температуре порядка 300°C дает возможность повысить выход годных диодных структур за счет снижения

уровня их обратных токов. Положительный эффект от применения геттерирования можно объяснить уменьшением поверхностной составляющей обратного тока диодов в результате «поглощения» пленкой халькогенидного стекла в процессе отжига нежелательных примесей на поверхности диодных структур.

Литература:

1. Агаларзаде П.С. Основы конструирования и технологии обработки поверхности р-п перехода / П.С. Агаларзаде, А.И. Петрин, С.О. Изидинов. – М.: Сов. радио, 1978. - 224с.
2. Блихер А. Физика силовых и биполярных транзисторов / А. Блихер. – Л.: Энергоатомиздат, 1986.- 248с.
3. Смутьский А.С. Бездислокационный кремний и создание современных полупроводниковых приборов / А.С. Смутьский // Обзоры по электронной технике. Сер. 2. Полупроводниковые приборы. – Вып. 12(668). – М: ЦНИИ «Электроника», 1979. – С. 43-51.
4. Лабунов В.А. Современные методы геттерирования в технологии полупроводниковой электроники /В.А. Лабунов, И.Л. Баранов, В.П. Бондаренко, А.М. Дорофеев //Зарубежная электронная техника. – № 11(270), 1983. – М.: ЦНИИ “Электроника”. - С. 3-66.
5. Богач Н.В. Геттерирование дефектов и примесей тяжелых металлов в кремнии / Н.В. Богач, В.А. Гусев, П.Г. Литовченко // Полупроводниковая техника и микроэлектроника. – К., 1981. – Вып. 34. – С. 3-20.
6. Бурмистров А.Н. Геттерирование точечных дефектов в кремнии нарушением абразивной обработкой флором / А.Н. Бурмистров, А.И. Пекарев, А.Ф. Яремчук // Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника. - Вып. 5(111), 1984. - С. 66-72.
7. Верховский Е.И. Методы геттерирования примесей в кремнии / Е.И. Верховский // Обзоры по электронной технике. Ч.1. Сер. 2. Полупроводниковые приборы. – Вып. 8(838). – М: ЦНИИ «Электроника», 1981. – С. 2-45с.
8. Медведев В.С. Геттерирующие свойства пленок нитрида кремния, полученных методом ВЧ реактивного распыления / В.С. Медведев // Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника. - Вып. 1(97), 1982. - С. 42-46.
9. Довгошей Н.И. Кристаллические и аморфные пленки новых сложных полупроводников / Н.И. Довгошей. – Ужгород: издательство Ужгородского госуниверситета, 1986. - 110с.
10. Курносое А.И. Технология изготовления ПП и ИМС / А.И. Курносое, В.В. Юдин. – М.: Радио и связь, 1986. - 368 с.
11. Пичугин И.Г. Технология полупроводниковых приборов / И.Г. Пичугин, Ю.М. Таиров. – М.: Высшая школа, 1984. - 288с.
12. Мазель Е.И. Планарная технология кремниевых приборов / Е.И. Мазель, Ф.П. Пресс. – М.: Энергия, 1974. - 384с.
13. Новиков А.А., Новиков В.А., Ляшенко Н.В. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАТОРА

РАДИОЭЛЕМЕНТОВ // Биомедицинская инженерия и электроника. – 2015. – № 2;

URL: biofbe.esrae.ru/202-997 (дата обращения: 15.11.2016).

14. Новикова Л.В., Жаркова Д.Г. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОВЕРКИ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ // Биомедицинская инженерия и электроника, 2014, № 2(6). - с. 1-15;

URL: biofbe.esrae.ru/199-968 (дата обращения: 15.11.2016).