

зеленого свечения после 400 ч испытаний приведены на рисунках 2 и 3.



Рисунок 2 – Светодиод HMNP-E1LR, время испытаний 400 ч.



Рисунок 3 – Светодиод HMNP-E1LG, время испытаний 400 ч

Как видно из фотографии на поверхности чашки, фокусирующей излучение, образуются пузырьки

УДК 621.382

ИМПУЛЬСНАЯ ФОТОННАЯ ОБРАБОТКА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИЛИЦИДОВ ПЛАТИНЫ ДЛЯ СБИС

Маркевич М.И.¹, Чапланов А.М.², Щербакова Е.Н.¹

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

²Физико-технический институт НАН Беларуси

Минск, Республика Беларусь

Создание высококачественных быстродействующих полупроводниковых приборов и сверхбольших интегральных схем (СБИС) требует внедрения в технологию их изготовления новых материалов. Одним из наиболее перспективных материалов современной микроэлектроники являются силициды металлов. Силициды различных металлов нашли широкое применение в изделиях твердотельной электроники в качестве материалов выпрямляющих и омических контактов, а также токопроводящих элементов интегральных схем [1, 2].

Одним из распространенных материалов

силикона, которые уменьшают отражательную способность поверхности чашки. Поэтому при оценке интенсивности излучения светодиодов было учтено уменьшение отражательной способности чашки (интенсивность уменьшалась на 10%).

Таким образом, исследованы деградационные процессы в светодиодах фирмы HELIO Optoelectronics Corp (HMNP-E1LR, HMNP-E1LG, HMNP-E1LU) при токовых и температурных нагрузках. Определен коэффициент ускорения для красных (HMNP-E1LR) и зеленых (HMNP-E1LG) светодиодов $K_u=330$. Средний срок службы светодиодов (HMNP-E1LR, HMNP-E1LG) $\tau = 48675$ ч. Обнаружено, что после 400 ч наработки при форсированных испытаниях на поверхности металлизированного диффузора образуются пузырьки силикона.

1. Манего С.А. Анализ переходных тепловых процессов в светодиодах / С.А. Манего, С.И. Лишик // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 8 Междунар. науч.-техн. конф., г. Минск, 15 апреля 2010 г. / под ред. Б.М. Хрусталева, Ф.А. Романюка, А.С. Калиниченко – Минск: БНТУ, 2010. – Т.3 – С.349.
2. Helixeon - Color Series Documents. No.: DS-04-09-01. Mode of access: <http://www.heliopto.com/en/product.htm> - Data of access: 09.03.2014.
3. Егоров Л.П., Никофоров С.С., Воротинский В.А. Форсированные испытания для оценки надежности светоизлучающих приборов. Электронная техника. Сер. Полупроводниковые приборы.-1989.-№7.-С.113-116

данного класса является силицид платины, отличающийся большей высотой потенциального барьера с кремнием p-типа проводимости (0,82 В) и легкостью получения путем твердофазной реакции с кремнием. Использование силицида платины в таких изделиях силовой электроники, как диоды Шоттки позволяет получать структуры с малыми обратными токами, высокими пробивными напряжениями и максимальной температурой эксплуатации до 200°C [3].

Отличительной особенностью изделий силовой электроники является большая площадь структуры, которая может достигать десятков

квадратных миллиметров, что обуславливает значительные механические напряжения структур, полученных твердофазной реакцией с кремнием при термическом воздействии. Снизить механические напряжения можно используя импульсную фотонную обработку (ИФО). Влияния параметров БТО на процесс формирования структуры может упростить технологические процессы и существенно повысить качество синтезированных материалов [4,5].

Режимы термообработки существенно зависят от плотности энергии и длительности обработки. Выделяют три наиболее важных случая [4]:

- адиабатический режим (10^{-10} - 10^{-6} с) реализуется в диапазоне коротких световых импульсов;
- режим теплового потока (10^{-6} - 10^{-2} с) реализуется, когда за время импульсной фотонной обработки область диффузионного перераспределения тепла становится больше толщины слоя, в котором происходит поглощение излучения, но не распространяется на всю толщину образца [4];
- режим теплового баланса (10^{-2} с и более) реализуется, когда тепловой фронт достигает необлучаемой стороны образца и выравнивает температурный профиль по толщине.

Увеличение длительности импульса выше 0,1 с приводит практически к равномерному нагреву пластины по всей ее толщине, разность температур не превышает 1°C [4]. Это допускает, что при проведении расчетов температуры при таких режимах ИФО можно считать температуру по толщине пластины постоянной.

Перспективность импульсной фотонной обработки в режиме теплового баланса связана с равномерным нагревом пластины по толщине, что обеспечивает отсутствие ее деформаций. При такой обработке кремниевой пластины и гетероструктур на основе кремния с использованием секундных импульсов следует учитывать потери тепла на излучение от самой пластины. Процесс нагрева гетероструктуры Pt/Si импульсами секундной длительности можно описать при допущениях [4]:

- импульс излучения имеет прямоугольную форму;
- перед облучением температура гетероструктуры постоянна по всему объему;
- отсутствует теплообмен между пластиной и подложкодержателем;
- отсутствуют градиенты температуры по всем координатам.

Процесс нагрева исследуемой структуры может быть описан уравнением теплового баланса [4]:

$$\rho c h \frac{dT}{dt} = (1 - R)E - 2 \varepsilon \sigma (T^4 - T_0^4), \quad (1)$$

где ρ – плотность кремния, c – теплоемкость кремния, h – толщина структуры, E – плотность мощности светового потока, падающего на структуру, R – отражательная способность, T_0 – температура окружающей среды, t – время, ε – степень черноты, σ – постоянная Стефана-Больцмана, T – температура.

В данной работе исследовалось изменение температуры от времени в системе Pt/Si при импульсной фотонной обработке излучением ксеноновых ламп, что необходимо для выбора режимов синтеза силицида платины.

Быстрый термический отжиг проводился ксеноновыми лампами на установке УОЛП-1М в вакууме при остаточном давлении в рабочей камере $3 \cdot 10^{-3}$ Па.

Характерные зависимости изменения температуры от времени в исследуемых режимах приведены на рисунках 1-2.

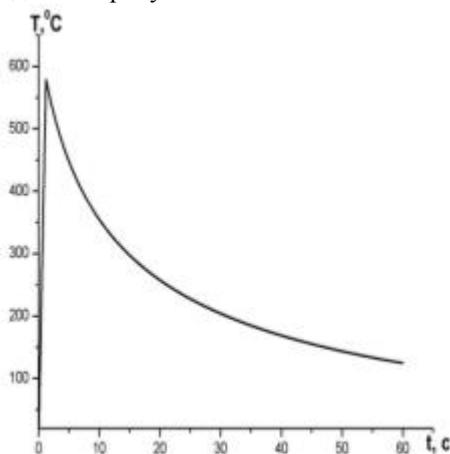


Рисунок 1 – Зависимость температуры от времени при длительности импульса 1,2 с, плотности энергии 170 Дж/см².

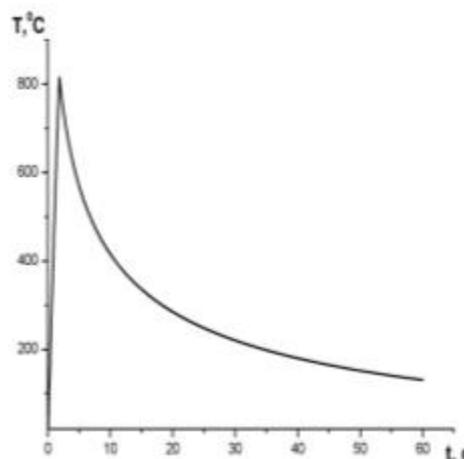


Рисунок 2 – Зависимость температуры от времени при длительности импульса 1,8 с, плотности энергии 255 Дж/см².

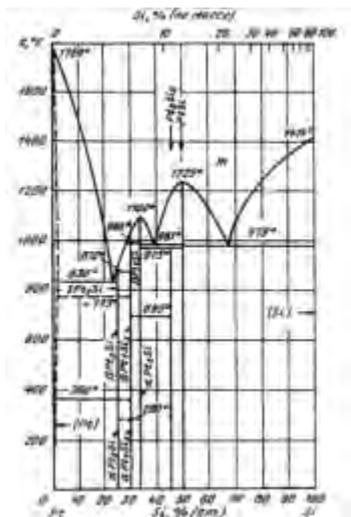


Рисунок 3 – Диаграмма состояния платина-кремний

Из приведенных рисунков видно, что в процессе импульсной фотонной обработки происходит резкий подъем температуры за короткий промежуток времени. Из рисунков 1 и 2 следует, что за время 1,2 с и при плотности энергии 170 Дж/см² температура достигает ~ 580°C, а при плотности энергии 255 Дж/см² и длительности воздействия 1,8 с температура достигает ~ 810°C. При достижении такой температуры в обрабаты-

ваемых гетероструктурах согласно диаграмме состояния платина-кремний (рисунок 3) создаются условия для формирования силицидов платины.

Таким образом, в результате проведенных исследований определены режимы импульсной фотонной обработки для формирования на кремнии тонких пленок силицидов платины.

- 1 Мьюрарка, Ш. Силициды для СБИС/ Ш. Мьюрарка -М., : Мир. - 1986. -176 с.
- 2 Formation of platinum-based silicide contacts: Kinetics, stoichiometry, and current drive capabilities /G. Larrieu [et al.] //J. Appl. Phys. - 2003. -V. 94, № 12.- P. 7801–7810.
- 3 Особенности формирования границы раздела Si/PtSi в диодах Шоттки для силовой электроники /А.С. Турцевич [и др.] //Доклады БГУИР. - 2003. - №4 (16).- С.53-58.
- 4 Пилипенко, В.А. Быстрые термообработки в технологии СБИС /В.А Пилипенко. - Минск: Изд. центр БГУ. - 2004. - 531 с.
- 5 Иевлев, В.М. Формирование пленок силицидов металлов методами импульсной фотонной обработки /С.Б. Куцев//Вес. ВГТУ. Сер. Материаловедение.- 1997.- Вып.1.- С.8-12.

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМООБРАБОТАННОЙ НИТИНОЛОВОЙ ПРОВОЛОКИ

Минченя В.Т.¹, Савченко А.Л.¹, Минченя Н.Т.¹, Минченя А.В.²

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

В настоящее время в Республике Беларусь имеется и все возрастает потребность в расходных материалах для сосудистой хирургии. Это связано с ростом сердечно-сосудистых патологий и появлением новых методик их лечения. Такие методики связаны с использованием специальных эндопротезов и других изделий, выполненных из никелида титана (нитинола) – стентов, стентграфтов, клапан-содержащих стентов, фильтров-ловушек и др. Все эти изделия представляют собой достаточно сложные по форме пространственные структуры, получаемые гибкой из нитиноловой проволоки с использованием дополнительных операций сварки, соединения пластическим деформированием с помощью трубок. На настоящий момент такие изделия в Республике Беларусь практически не производятся, а иностранные образцы имеют крайне высокую стоимость, что делает операции с их использованием недоступным широким массам пациентов. Разработка технологий фор-

мообразования нитиноловых структур позволит внедрить их в производстве импортозамещающих аналогов медицинских изделий.

Технология формообразования изделий из нитинола должна обеспечивать заданные механические характеристики изделий, поэтому при выборе режимов термической обработки требуется оперативная оценка упругих свойств. В конечном итоге это позволит установить связь между параметрами термообработки (температурный режим, химический состав среды) и механическими параметрами (жесткость, упругий и остаточный гистерезис) и даст возможность управлять процессом формообразования. Для экспериментальных исследований выбрана форма образца в виде кольца из нитиноловой проволоки, полученное гибкой с соединением концов стальной трубкой. Такая форма является наиболее простым симметричным контуром, из которого формообразованием при определенных