

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°С, а при плотности энергии 255 Дж/см² и длительности воздействия 1,8 с температура достигает ~ 810°С. 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

температурных параметрах могут быть получены другие более сложные формы.

Ранее было разработано устройство для оценки радиальной жесткости нитинолового каркаса стент-графта [1], схема которого показана на рисунке 1.

Стентграфт помещается на призму 4 и сжимается плоской пружиной 1 до определенного диаметра. По прогибу пружины, который измеряется датчиком перемещения 2, можно получить силу, необходимую для сжатия, либо зависимость силы от деформации. Вертикальное перемещение плоской пружины по направляющему 5 осуществляется с помощью микровинта 3.

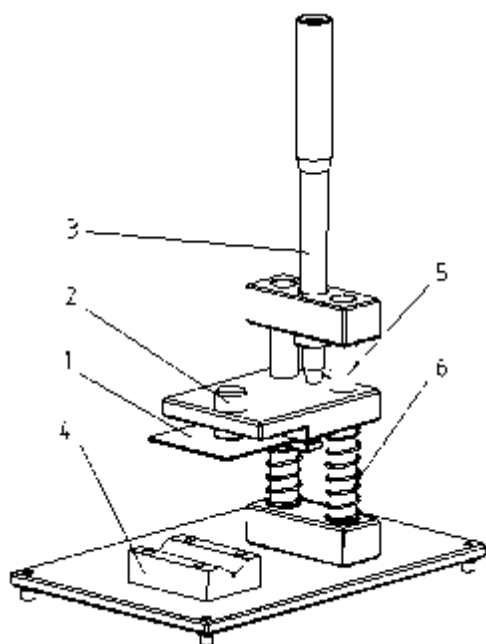


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Недостатком описанной конструкции является достаточно высокая трудоемкость градуировки, трудность определения действительной жесткости самих опорных элементов и оценки остаточного гистерезиса образца, хотя наличие электрического датчика перемещения позволяет автоматизировать процесс измерений. Поэтому для установления влияния геометрических параметров, температуры отжига нитинола, температуры окружающей среды на радиальную жесткость кольцевых элементов нами предложена другая конструкция устройства представленная на рисунке 2. Кольцо из нитинола 1 укладывается в прозрачный держатель 2, состоящий из двух плоскопараллельных пластинок и призматической опоры. Держатель установлен на платформе цифровых лабораторных весов 3 связанных с персональным компьютером (PC). К основанию весов прикреплен кронштейн 4, в котором установлены винт 5 с керамической вставкой 9 изготовленного из материала с минимальной

теплопроводностью и цифровой микроскоп USB Digital Microscope 6 связанной с персональным компьютером через USB-порт. Измерительное устройство помещалось в термостатированную камеру 8 со встроенными системами охлаждения и нагрева, и с помощью специального электронного терморегулятора устанавливалась заданная температура. Измерение радиальной жесткости кольцевых элементов из нитинола осуществляли при трех значениях температур: 15 °С, 36,6 °С и 42 °С. Такие значения температур необходимы, исходя из трех условий: 1 – при имплантации стент-графта, его охлаждают до температуры ниже 15 °С, при которой жесткость должна быть минимальной; 2 – нормальная температура человека 36,6 °С, при которой элементы из нитинола саморасширяются; 3 – повышенная температура тела человека при заболеваниях до 42 °С, радиальная жесткость стент-графта максимальная. Следует заметить, что все применяемые в устройстве приборы по паспортным данным могут работать в этом диапазоне температур.

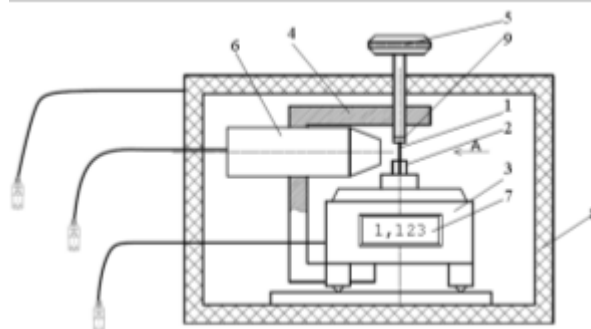


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

В процессе измерения кольцо 1 устанавливалось в держатель 2 на призму, винтом 5 задавалась нагрузка, которая контролировалась по индикатору 7 цифровых весов 3, и измерялась деформация кольца с помощью цифрового микроскопа по калиброванной шкале на экране монитора. Для измерения с помощью цифрового микроскопа использовалось специальное программное обеспечение для обработки полученной информации. При измерении производился захват изображения, и при перемещении кольца от приложенной нагрузки на выходе отображались значения перемещений в долях миллиметра от начального состояния. После снятия нагрузки определялась величина остаточной деформации.

Такая конструкция позволяет легко и оперативно получать зависимость деформации кольца от приложенной радиальной нагрузки и температуры окружающей среды. С помощью разработанного устройства были оптимизированы режимы отжига деталей из нитинола, с целью получения заданной жесткости при температурах 36,6 и 42 °С.

На рисунке 3 представлены полученные зависимости жесткости кольцевых элементов из

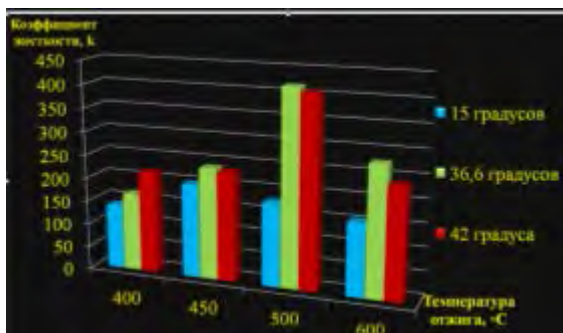


Рисунок 3 – Результаты эксперимента

нитинола в зависимости от температуры окружающей среды для колец с различными режимами отжига при температурах 400, 450 и 500 °С и в течение 15 минут. Оптимальным вариантом является сохранение кольцевым изделием жесткости в диапазоне температур от 36,6 до 42 °С и его минимально возможная жесткость при тем-

УДК 621.382: 535.376

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ МОЩНЫХ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Нисс В.С.¹, Васьков О.С.¹, Турцевич А.С.²,

Рубцевич И.И.², Соловьев Я.А.², Керенцев А.Ф.², Кононенко В.К.³

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

²ОАО «ИНТЕГРАЛ», Минск, Республика Беларусь

³Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

Параметры теплового сопротивления мощных биполярных транзисторов различных производителей в корпусах ТО-252 и ТО-126, изучены методом тепловой релаксационной дифференциальной спектроскопии (ТРДС). Тепловые постоянные элементов корпусов приборов и распределение структуры теплового сопротивления определены в виде дискретного и непрерывного спектра с использованием релаксационного импеданс-спектрометра, разработанного в Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) [1]. Непрерывный спектр рассчитан на основе производных высшего порядка динамического теплового импеданса и соответствует модели Фостера, а дискретный – модели Кауэра.

Анализ растекания теплового потока в исследуемых структурах проводился на основе концепции температуропроводности. Из послойных значений компонентов теплового сопротивления R_{th} и тепловой емкости C_{th} определена активная площадь сечения теплового потока S_a транзисторных структур и профиль ее распределения [2, 3].

Спектры ТРДС получены при естественном охлаждении приборов с используемыми корпусами ТО-126 и ТО-252 в воздушном пространстве. Максимумы спектров определяются площадью границы металл–воздух и сдвинуты на вре-

мпературе 15 °С. Как видно из полученных графиков, оптимальная жесткость получена при температуре отжига 500 °С.

Работа выполнена в рамках задания 4.1.08 «Разработка и исследование технологии задания формы материалам на основе никелида титана для получения изделий медицинского назначения» ГПНИ «Функциональные и композиционные материалы, наноматериалы», подпрограмма «Материалы в технике».

1. Разработка методики оценки радиальной жесткости эндоваскулярных стентграфтов / В.Т. Минченя, Д.А. Степаненко, Н.Т. Минченя, Савченко А.Л., Чигарев А.В., Островский Ю.П., Шкет А.П. // Теоретическая и прикладная механика. Международный научно-технический сборник. – Минск, БНТУ, 2012. – Вып. 27. – С. 137 – 141.

менной оси в соответствии с различной тепловой массой корпусов. Как правило, приборы в корпусе ТО-126 крепятся к теплому радиатору, что позволяет существенно увеличить выделяемую тепловую мощность, рассеиваемую прибором.

Корпус ТО-252 (DPAK) предназначен для поверхностного монтажа, при креплении к площадке на плате 6 см². Он обладает существенным тепловым сопротивлением в окружающую среду $R_{jc} \approx 50^\circ\text{C}/\text{Вт}$, что при допустимой температуре перегрева кристалла прибора 150°С ограничивает рассеиваемую мощность $P < 3$ Вт [4].

Дискретные и непрерывные спектры ТРДС и сравнение транзисторов с разным качеством посадки представлены на рис. 1(а, б) и рис. 2(а, б). Рисунки сгруппированы по типам транзисторов и показана связь послойного теплового сопротивления R_{th} с послойной тепловой емкостью C_{th} транзисторов с разным качеством посадки.