

Рисунок 1. Структурная схема нанобиоинтерфейса в составе простейшего миотонического протеза

С наносенсоров информация поступает на усилитель биосигналов и передается в блок обработки сигналов, преобразующий усиленные биопотенциалы в цифровой код, удобный для обработки в блоке формирования команд, который обычно содержится в любом миотоническом протезе и служит для управления электромеханической его частью (рисунок 1).

На данный момент проводятся исследования, направленные на разработку оптимальной формы наносенсора, анатомически совместимой с конечностями человека.

По проведенным исследованиям будет разработан экспериментальный макет наносенсора. Полученный в результате исследований макет будет внедрён в структуру разрабатываемого в дальнейшем нанобиоинтерфейса.

#### Список литературы:

1. О реализации мер, направленных на развитие трудовой занятости инвалидов// Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. [Официальный сайт] URL:<http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/migration/12> (дата обращения: 10.02.2014);
2. Max Ortiz-Catalan, Rickard Branemark, Bo Hakansson, Jean Delbeke. On the viability of implantable electrodes for natural control of artificial limbs: Review and discussion. BioMedical Engineering OnLine, 2012, 11:33. doi:10.1186/1475-925X-11-33;
3. Турушев Н. В. , Кашуба И. В. , Южаков М. М. Электронейромиограф [Электронный ресурс] // Современные техника и технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 т., Томск, 15-19 Апреля 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - Т. 1 - С. 417-418. - Режим доступа: <http://portal.tpu.ru:7777/science/konf/ctt/proceedings/2013>

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ СПЛАВА TiNi С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ТА

Захарова М.А.  
maz1@tpu.ru

*Научный руководитель: ассистент, к.ф.-м.н М.Г.Остапенко  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050*

Никелид титана как конструкционный материал широко применяется в современной имплантологии, что делает его объектом множества исследований, направленных на улучшение биосовместимости сплава. В частности, одной из проблем, возникающих при контакте имплантов с биосредой, может быть выход ионов никеля, провоцирующих повышение вероятности возникновения злокачественных новообразований. Для предотвращения этого эффекта могут быть

использованы покрытия субмикронной толщины, структурные состояния которых можно формировать с помощью электронно-лучевых обработок. Тантал, обладающий высокими показателями биосовместимости и рентгеноконтрастности, необходимой при проведении эндоскопических операций, является одним из наиболее перспективных материалов в области медицины [1]. Как показали исследования, покрытия из тантала не нарушают морфологию поверхности и обладают высокой адгезионной прочностью [2]. При нанесении покрытий из тантала возможно образование двух фаз ( $\alpha$ - $\beta$ -Ta), обладающего ОЦК и тетрагональной кристаллическими решетками соответственно. Образование  $\beta$ -фазы изучено не полностью, однако установлено, что преобладание той или иной фазы тантала при нанесении покрытий зависит от субстрата. Обладая различной структурой данные фазы проявляют различные свойства [3].

Целью данной работы являются исследование влияния электронно-пучковой обработки на структурно-фазовые состояния никелида титана с покрытием из тантала.

В качестве подложки был использован сплав  $Ti_{49,5}Ni_{50,5}$ . Толщина покрытий из Ta составила ~400 нм. Импульсная электронно-пучковая обработка поверхности образцов никелида титана с покрытиями из тантала проводилась в Институте сильноточной электроники СО РАН с использованием источника сильноточных электронных пучков низких энергий с плотностью энергии пучка электронов  $E=15$  Дж/см<sup>2</sup>. Исследование параметров структуры проводили методами рентгеноструктурного анализа (РСА) на дифрактометре ДРОН-7 (ЦКП «НАНОТЕХ» ИФПМ СО РАН, г. Томск) с использованием симметричной и асимметричной схем съемок [4] на  $Co-K_{\alpha}$  излучении.

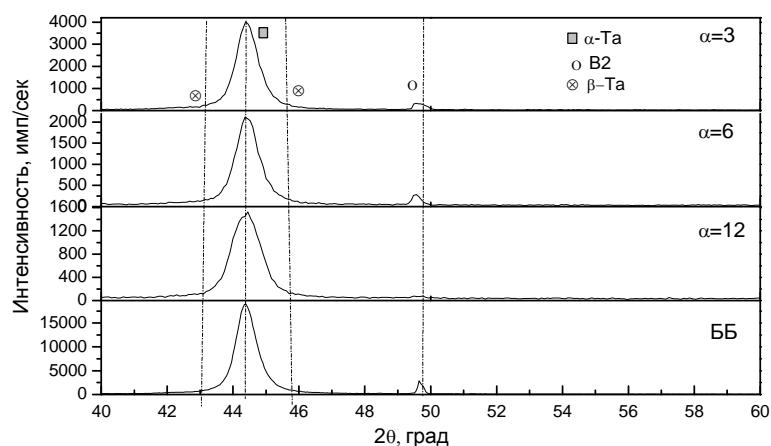


Рис.1. Фрагменты рентгенограмм, полученных на исходном образце с покрытием.

Симметричная (ББ) и асимметричные ( $\alpha=3, 6, 12^\circ$ ) схемы съемок,  $CoK_{\alpha}$ -излучение.

Обнаружено, что при электронной модификации поверхности исследуемого образца происходит изменение фазового состава с образованием мартенситной фазы  $B19'$  (рис.3) и частичное растворение покрытия из Ta в подложке из TiNi (рис.2).

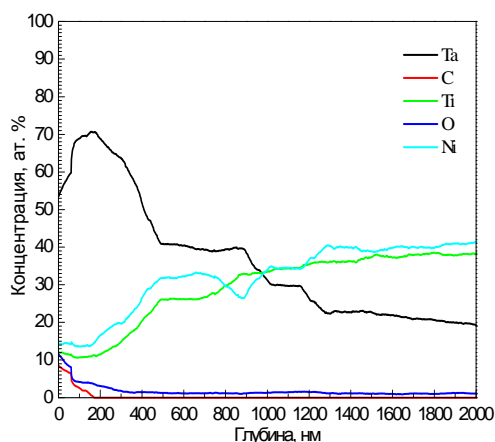


Рис.2. Результаты Оже-спектроскопии для образца, подвергнутого электронно-пучковым обработкам с плотностью энергии в пучке 15 Дж/см<sup>2</sup>.

Фазовый анализ рентгенограмм, полученных при использовании ассиметричных схем съемок, позволяющих исследовать приповерхностные слои образца, показал преобладание фазы  $\beta$ -Ta в приповерхностных слоях, претерпевших модификацию электронным пучком. Рефлексы же  $\alpha$ -Ta обладают наибольшей интенсивностью при наиболее глубоком проникновении рентгеновских лучей в образец, что видно на рентгенограмме, снятой при помощи симметричной схемы съемок. Также на данной рентгенограмме большой интенсивностью обладают рефлексы B2 фазы подложки из TiNi.

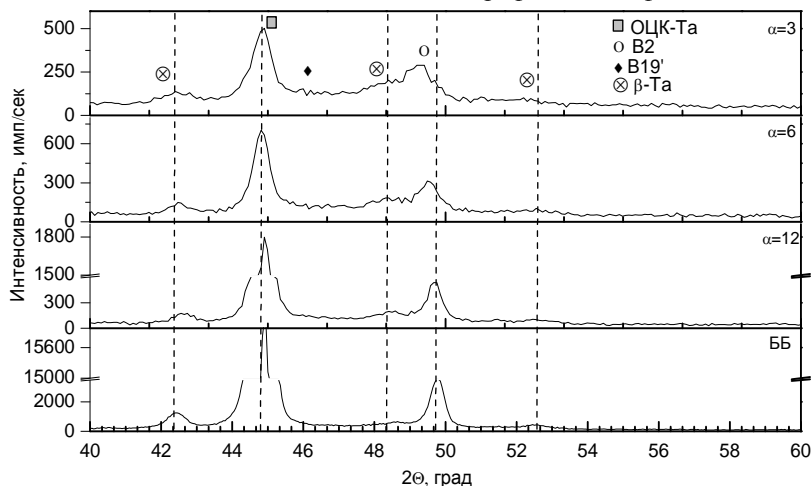


Рис.3. Фрагменты рентгенограмм, полученных на образце, подвергнутом электронно-лучевым обработкам с плотностью энергии в пучке 15 Дж/см<sup>2</sup>. Симметричная (а) и ассиметричные (б-г) схемы съемок,  $\text{CoK}_\alpha$ -излучение.

По результатам исследования в таблице 1 показано, что в исходном образце преобладает  $\alpha$ -фаза тантала, однако  $\beta$ -фаза также присутствует в более глубоких слоях образца. Однако после модификации электронным пучком количество фаз выравнивается с преобладанием  $\beta$ -фазы в приповерхностных слоях. Фазы B19' и B2, как и ожидается, преобладают в глубинных слоях подложки.

Таблица 1

Объемные доли фаз исследованных образцов

Образец	Фаза	Объемная доля фазы, %			
		Б-Б	$\alpha=1$ 2°	$\alpha=6^\circ$	$\alpha=3$ °
исходный 400Ta/TiNi	B2	10	5	4	2
	$\alpha$ -Ta	65	80	88	90
	$\beta$ -Ta	25	15	8	8
модифицированный 400Ta/TiNi E=15 Дж/см <sup>2</sup>	B2	12	16	15	14
	$\alpha$ -Ta	48	54	46	34
	B19'	10	-	-	-
	$\beta$ -Ta	30	30	39	52

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белла В.К., Бозе С., Девиес Н.М., Бендиопадхуай А. Тантал – биоактивный металл для имплантов // Минералы, металлы и материаловедение. – 2010. – Т.1 - №.4 – С. 54-57
2. Мейснер Л.Л., Гудимова Е.Ю., Остапенко М.Г., Лотков А.И. Адгезионная прочность и структурно-фазовые состояния покрытий из тантала и поверхностных слоев никелида титана. – 2013. – Т. 1. - № 1. - С. 472-474.
3. Йоханнон А. Характеристика альфа- и бета- фаз покрытий из тантала. – Диссертация канд. физ.-мат. наук. – Нью-Джерси, 2001. – 107 с.
4. Иванов А. Н., Ягодкин Ю. Д. Рентгеноструктурный анализ поверхностного слоя // Заводская лаборатория. – 2000. – Т.66. – №5. С.24-35.