

8. Denisova Y., Leonov A., Denisov V., Ostroverkhov E. Influence of nitrogen content in the working gas mixture on the structure and properties of the nitrided surface of die steel // 2020 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE). – 2020. – P.522-525.
9. Денисов В.В., Денисова Ю.А., Варданян Э.Л. и др. Осаждение многослойного покрытия в газометаллическом пучково-плазменном образовании при низком давлении // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2021. – Т. 64. – № 1 (757). – С. 125–129.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ, ВЫПОЛНЯЮЩИХ РОЛЬ КОНТЕЙНЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

А.В.ЛУЧИН^{1,2}

¹ Томский политехнический университет

² Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: luchin250398@yandex.ru

В работе представлены результаты экспериментов по получению поверхностных слоев пористого кремния на нитиноле. Кремниевое покрытие получали тремя различными методами нанесения покрытия, далее формировалась пористая структура электрохимическим методом.

При магнетронном напылении возможно получение кремниевого покрытия толщиной 5 мкм при времени обработки 120 мин. В методе магнетронного нанесения покрытия ключевым фактором, влияющим на толщину, является – время обработки, мощность оказывается менее значима. К сожалению, покрытие, полученное данным методом, имеет слабую адгезию: происходит растрескивание уже при небольших нагрузках, рисунок 1а.

В методе ПИИИ показано, что наибольшее содержание Si в поверхностных слоях (а следовательно наибольшая толщина кремниевого слоя) соответствует режиму с наименьшим импульсным напряжением $U_s = 200$ В. Несмотря на хорошие адгезионные свойства, в составе покрытия присутствует SiO_2 , который не позволил в дальнейшем получить пористую структуру в кремниевом покрытии, рисунок 1б.

С использованием оборудования для МЛЭ получено сплошное покрытие из кремния толщиной до $(4 \pm 0,5)$ мкм на подложке из поликристаллического NiTi. Кремниевое покрытие имеет субмикроструктурную структуру с размером кристаллитов 0,1-0,2 мкм и обладает высокой трещиностойкостью. МЛЭ позволяет формировать покрытие, которое имеет наибольшую адгезию, кристаллическую структуру кремния и его высокую чистоту, рисунок 1в. Этот метод показался наиболее перспективным для дальнейших исследований и был использован для покрытия стента, рисунок 2.

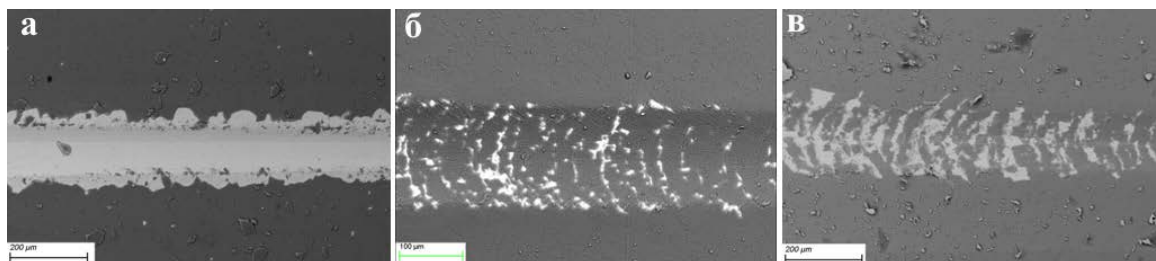


Рисунок 1 – СЭМ-изображения результатов скретч-тестирования:

а) магнетронное напыление; б) плазменно-иммерсионная ионная имплантация (ПИИИ); в) молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ)

Отработка режима получения пористой структуры в монокристаллическом кремнии показала возможность использования метода электрохимического травления непосредственно на кремниевом покрытии. Далее отработанная технология применялась на кремниевом покрытии, полученном тремя различными методами: ПИИИ, магнетронным напылением и МЛЭ. Определено, что наиболее предпочтительным методом получения пористого кремниевого покрытия является комбинация МЛЭ с последующим электрохимическим травлением, так как именно в этом случае формируется покрытие с пористой структурой (щелевидных поры в покрытии и поры между кристаллитами кремния, первые имеют толщину до 200 нм, вторые до 2 мкм), удовлетворяющей дальнейшей загрузке лекарствами, рисунок 3. Однако существует необходимость в дальнейшем исследовании механических, адгезионных и адсорбционных характеристик данного пористого покрытия. На основе полученных данных по получению пористого кремниевого покрытия была построена технология, которая может быть применена в дальнейшем непосредственно на нитиноловом стенте. Также можно предположить возможность использования таких покрытий не только на стентах из NiTi, но и на прочих медицинских имплантах, тем самым повысив их биосовместимость.

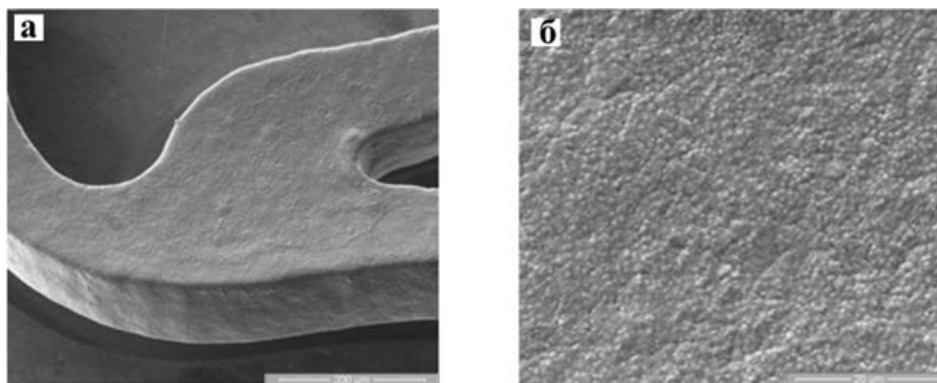


Рисунок 2 - СЭМ-изображения покрытого NiTi стента (МЛЭ): а) – $\times 500$; б) – $\times 5000$



Рисунок 3 - СЭМ-изображение структуры пористого кремниевого покрытия, нанесенного на подложку из никелида титана $\times 3000$

Рассмотренная совокупность технологий позволит в будущем формировать пористые кремниевые покрытия, которые смогут быть использованы в качестве носителей для лекарственных средств.