

## ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДЛОЖКИ НА СВОЙСТВА НАПЫЛЯЕМОЙ ПЛЕНКИ

Хапов А.С., Поротников Л.К., Чеканов С.В., Военнов А.В., Лосенко Д.С.  
Всероссийский научно – исследовательский институт автоматики  
им. Н.Л. Духова, г.Москва, Россия, [vnii4@vnii.ru](mailto:vnii4@vnii.ru)

### Аннотация

В настоящее время к материалам выдвигаются все более серьезные требования по их свойствам и характеристикам. Для осуществления на практике необходимых качеств материалов используются разнообразные методы получения и контролирования структуры материалов.

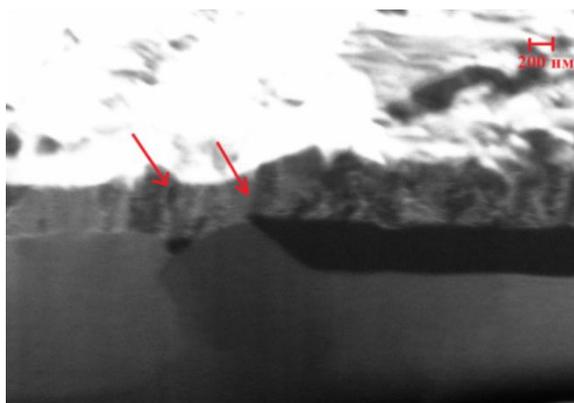
### 1. Введение

Для осуществления на практике необходимых качеств материалов используются разнообразные методы получения и контролирования структуры материалов [1]. Одним из способов получения заданной структуры покрытия материала является метод электронно–лучевого напыления. Метод заключается в следующем: при различных высоких температурах капля напыляемого металла под действием тепла электронного пучка испаряется и осаждается на материал – подложку, таким образом, реализуется механизм перевода кинетической энергии пучка в тепловую [2]. Перемещение нагретой зоны в результате отклонения потока электронов, возможность регулирования и контроля мощности нагрева, а также скорости осаждения создают предпосылки для автоматического управления процессом. Метод позволяет получить высокую чистоту, плотность покрытия и однородность осаждаемой пленки.

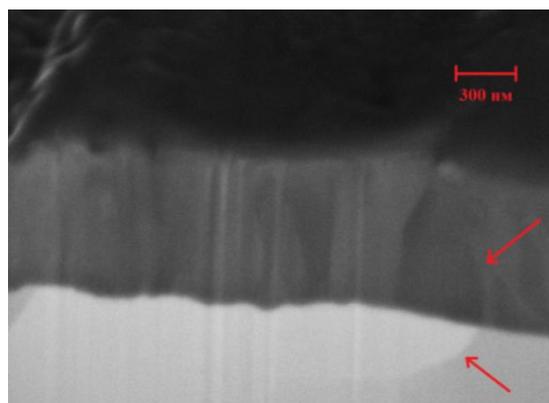
### 2. Эксперимент

Эксперимент проводили на поли– и монокристаллических подложках Мо (марок МЧ и МЧВП соответственно). Электронно–лучевым методом на поверхность дисков напылялся слой Ti марки BT1–0. Методами рентгеновского дифракционного анализа установили ориентационные соотношения между сопрягаемыми слоями подложки и слоя сорбента.

Для проведения анализа влияния выбора структуры подложки (поли- или монокристаллическая) на напыляемый слой титанового сорбента сначала была рассмотрен образец с поликристаллическим исполнением. Для достижения вышеописанных целей, проведено наблюдение образцов в двулучевой станции электронного микроскопа с ионной приставкой. Возможности установки позволяют вырезать в образцах клиновидные углубления, тем самым сильно упрощая изучение поверхностного слоя, так как при высоком вакууме микроскопа не происходит образования оксидной пленки титана. Как можно видеть из рисунка 1, вследствие отсутствия полировки шероховатость подложки передается в слой титана, образуя аналогичный рельеф и дробя кристаллиты титана в местах наиболее резкого его изменения. Используя большие увеличения, а также возможность получать изображение в отраженных ионах, можно добиться более наглядного примера явления наследования границ молибдена титаном, что также представлено на рисунке 1. Стрелками обозначены переходящие границы.



а) изображение в отраженных ионах



б) в отраженных электронах

Рисунок 1 – Явление наследования границ подложки сорбентом

На рисунке 1 величина кристаллитов молибдена в приповерхностном слое составляет в среднем  $\sim 5$  мкм, что сильно меньше полученного значения при исследовании структуры самой подложки, где оно составляло 30-40 мкм и было обусловлено технологией получения материала. Измельчение зерна и появление субзерен с малой кристаллографической разориентировкой связано с возможностью протекания рекристаллизационных процессов при нагреве электронным лучом во время напыления. Дефекты, образованные во время полировки являются центрами начала рекристаллизации в приповерхностных слоях образца.

Проводилось изучение влияния выбора монокристаллической подложки на получаемый напыленный слой сорбента. Из монокристаллического слитка молибдена на электроэрозионном станке вырезались образцы трех основных кристаллографических ориентаций ( $\{100\}$ ,  $\{110\}$  и  $\{111\}$ ). Соответствие вырезанных из слитка образцов указанным на рисунке кристаллографическим граням проверялось при помощи рентгенографического текстурного анализа. Далее химическим и механическим способом проводилась отработка технологии обработки поверхности материала.

На рисунке 2 показан поперечный срез образца полированного монокристалла с напыленным слоем титана. Таким образом, приповерхностный слой подложки при выполнении указанных выше технологических операций теряет свойство монокристалличности. Новая партия образцов изготавливалась аналогично предыдущей, за исключением указанной выше механической обработки, то есть, после вырезания на электроэрозионном станке подложки подвергались химическому травлению и затем на них напылялся титан. На рисунке 3 показан поперечный срез образца, полученного без выполнения операций полировки.

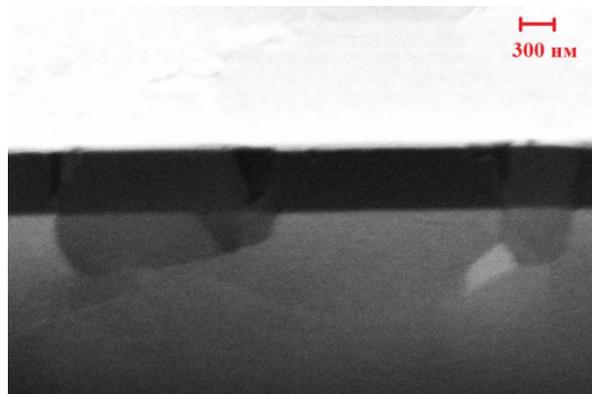


Рисунок 2 – Торцевой вид полированного образца монокристалла Мо с напыленным Тi

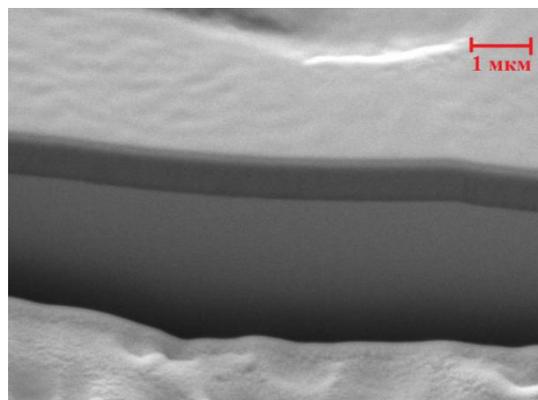


Рисунок 3 – Торцевой вид образца монокристалла Мо без полировки с напыленным Тi

Как видно из рисунка 3, на образце Мо без механической полировки отсутствуют заметные границы зерен подложки и, кроме того, напыленный слой титана выглядит более однородным, а также внутри этого слоя не наблюдаются границы. Отсутствие изменений в характере поверхности позволяет сделать вывод, что тонкий слой титана не оказывает влияния на структуру поверхностного слоя и последний полностью определяется молибденом.

### **3. Выводы**

В ходе выполнения работы установлено: механическая полировка подложки перед технологическим процессом напыления приводит к рекристаллизации приповерхностного слоя; дефекты подложки, а именно границы зерен, полностью унаследуются напыленным слоем сорбента; кристаллографические ориентации при химическом травлении влияют на морфологию поверхности образца. Предложен метод получения подложек из монокристаллического молибдена с различными значениями шероховатостей и ориентациями {100}, {110}, {111}.

#### Литература

1. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. В 7 т. / Под общей ред. Б.А. Калина / 2 –е изд. перераб.– М.: НИЯУ МИФИ, 2012. Том 5. Материалы с заданными свойствами. / М.И. Алымов, Г.Н. Елманов, Б.А. Калинин, А.Н. Калашников, А.А. Полянский, А.В. Шульга. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 672 с.
2. Иванов. А., Смирнов. Б. Электронно – лучевое напыление: технология и оборудование // Наноиндустрия. – 2012. – №6. – С.28–34.