

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОДЛОЖЕК ИЗ СПЛАВА АЛЮМИНИЯ НЕРАЗРУШАЮЩИМ МЕТОДОМ КОНТАКТНОЙ РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ

¹Научно исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н.Севченко» Белорусского государственного университета. ²Белорусский национальный технический университет. ³Государственное НПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника». Минск, Республика Беларусь. sharonov@hotmail.ru

Представлены результаты сравнительного исследования качества подложек из сплава АМГ-2, в том числе после обработки поверхностей алмазным наноточением. Неразрушающий контроль параметров поверхности реализован путем регистрации распределения работы выхода электрона (РВЭ) по контактной разности потенциалов с обработкой микропроцессорным измерительным преобразователем электростатических потенциалов. Соответствующее изменение РВЭ характеризует физико-химические и механические параметры поверхности подложек. Анализ значений РВЭ и их изменений по поверхности указывает на шероховатость, наличие различного типа и природы дефектов. В результате контролируется соответствие заданных эксплуатационных характеристик исходных подложек и оптимизируются технологические режимы обработки применительно к функциональным назначениям создаваемых приборов и устройств.

Подложки из сплавов алюминия широко используются в различных областях [1]. Качество подложек, применяемых при разработке оптических и оптоэлектронных устройств определяется рядом факторов, важнейшими из которых являются характеристики чистоты и однородности свойств их поверхности. Для устройств с высокой чувствительностью к электромагнитному излучению предпочтительно контролировать состояние поверхности бесконтактным неразрушающим методом. Среди таковых можно выделить методы, основанные на измерении контактной разности потенциалов (КРП) поверхности с помощью бесконтактного зонда Кельвина [2, 3]. Далее будут представлены результаты исследования качества подложек из сплава АМГ-2, в том числе после обработки поверхностей алмазным наноточением. Неразрушающий контроль параметров поверхности выполнен путем регистрации распределения работы выхода электрона (РВЭ) по контактной разности потенциалов, регистрируемых микропроцессорным измерительным преобразователем электростатических потенциалов.

Изменение влияющих на оптические свойства физико-химических и механических параметров поверхности подложек отражается в соответствующем изменении РВЭ. Регистрация данных изменений осуществлялась с помощью микропроцессорного измерительного преобразователя электростатических потенциалов, реализующего сканирующий режим измерения [4]. В основу работы преобразователя положен метод измерения КРП, известный как метод Кельвина-Зисмана. Методика экспериментальных исследований включала в себя построение визуализированного изображения пространственного распределения КРП по поверхности образцов на основании результатов сканирования, построение гистограммы распределения значений КРП и определение статистических характеристик распределения, таких как математическое ожидание значений КРП и полуширина гистограммы распределения (для каждой моды при многомодальном распределении). Измерения выполнялись для двух поверхностей каждого образца, условно называемых верхней и нижней.

Классификация выявленных на визуализированной карте дефектов осуществлялась с учетом следующих общих принципов. Участки с пониженными значениями КРП на поверхностях классифицировались как места концентрации остаточных механических напряжений и/или пластических деформаций в материале образца. Участки с повышенными значениями КРП на поверхностях классифицировались как прочие внутренние дефекты (микротрещины, инородные включения и др.). Учитывалось, что области концентрации механических напряжений, как правило, характеризуются вытянутой, часто линейной, формой [5]. Участки с пониженными значениями КРП только на одной поверхности металлического либо полупроводникового образца классифицировались как локальные дефекты поверхности, связанные с

ухудшением механических свойств (микротвердости, поверхностной прочности) [5, 6]. Участки с повышенными значениями КРП только на одной поверхности металлического либо полупроводникового образца классифицировались как места загрязнения поверхности адсорбированными инородными атомами или молекулами [7]. Участки металлических поверхностей с наибольшими градиентами КРП классифицировались как коррозионные дефекты либо области с пониженной коррозионной стойкостью [8].

На рисунке 1 приведены карты распределения КРП верхней и нижней поверхности исходной пластины из сплава АМГ-2. Можно видеть, что обе поверхности исходного образца характеризуются многочисленными дефектами с повышенными значениями КРП кромки образца, что может быть отнесено на счет остаточных механических напряжений после технологических операций, связанных с первичным формообразованием образца. Чистовая обработка алмазным наноточением, включающая полное удаление нарушенного предыдущими операциями поверхностного слоя материала, приводит к повышению качества поверхности по параметру однородности распределения ее электрофизических свойств. Карты распределения КРП для образца, подвергнутого такой обработке, показаны на рисунке 2. Видно, что поверхность в целом не содержит значительных дефектов, в том числе отсутствуют локальные точечные дефекты. Краевые области имеют повышенные (на 25-30 мВ для верхней и на 15-25 мВ для нижней поверхностей) значения КРП. С определенной долей вероятности это может быть объяснено неполным удалением наклепанного слоя, глубина которого превышала глубину обработки алмазным наноточением, либо небольшим вторичным наклепом, связанным с особенностями закрепления образца при обработке. Независимо от причин формирования, степень дефектности краев пластины оценивается как значительно более низкая, чем для необработанного образца, исходя из сопоставления величин отклонения КРП этих областей поверхности.

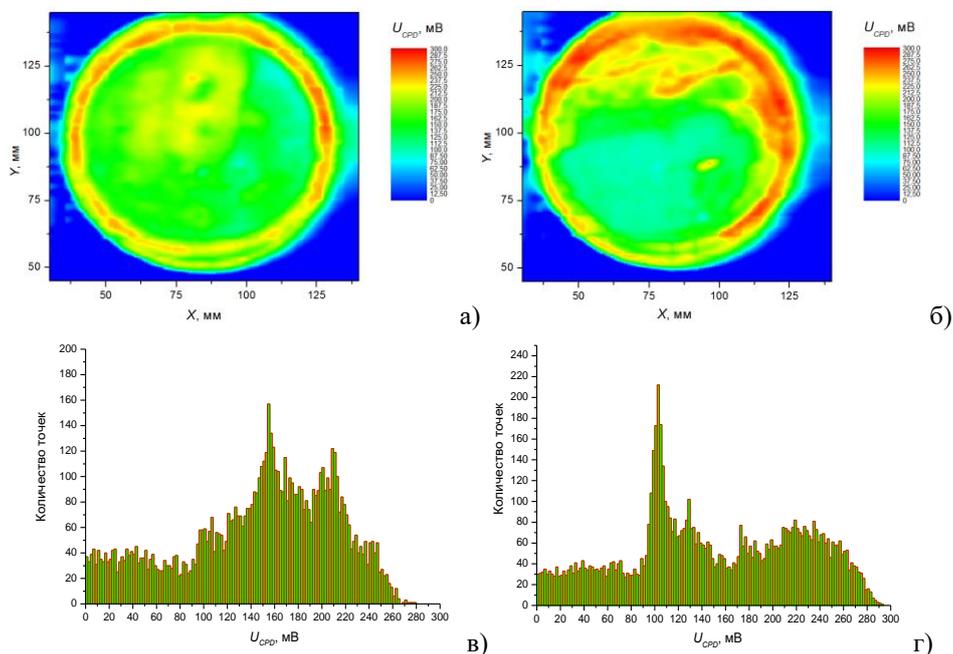


Рисунок 1 – Карты распределения КРП: а) верхней поверхности, б) нижней поверхности и гистограммы распределения значений КРП: в) верхней поверхности, г) нижней поверхности исходной пластины АМГ-2 без обработки.

Таким образом, анализ значений РВЭ и их изменений по поверхности, оцениваемых по отклонениям КРП поверхности, характеризуют шероховатость, наличие различного типа и природы дефектов. В результате контролируется достижение заданных эксплуатационных характеристик исходных подложек для оптимизации технологических режимов обработки в соответствии с функциональными назначениями формируемых приборов и устройств. Результаты проведенных экспериментальных исследований наглядно демонстрируют повыше-

ние качества поверхности в процессе чистовой обработки, определяемое неразрушающим способом по изменению электрофизических свойств поверхности, при этом выявляются вторичные дефекты, вносимые обработкой. В частности, из полученных результатов следует, что операции алмазного наноточения, связанные с механическим удалением нарушенного поверхностного слоя, обеспечивают более высокое качество обработанной поверхности.

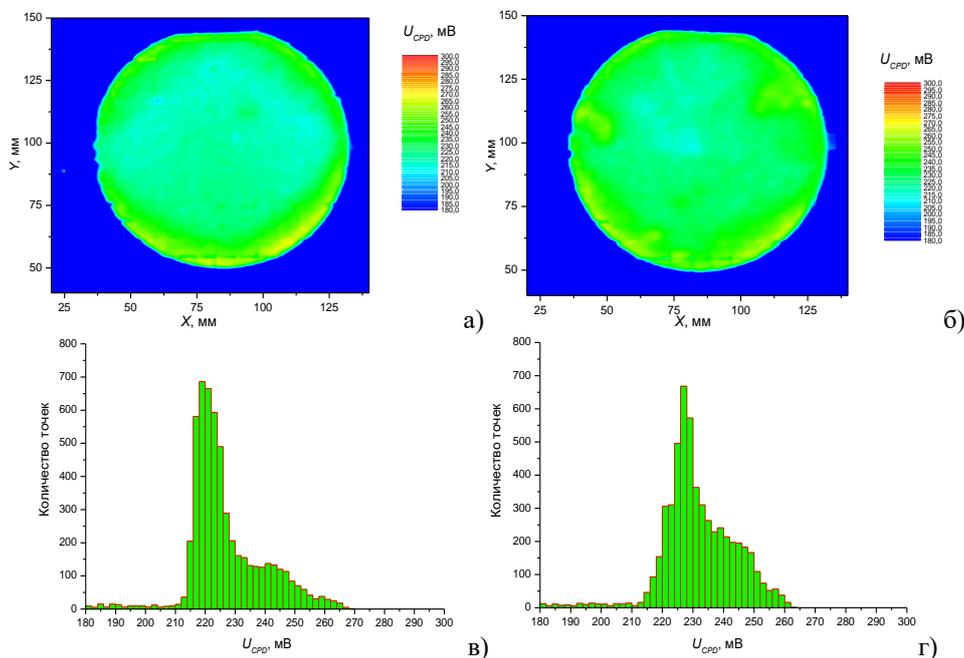


Рисунок 2 – Карты распределения КРП и гистограммы распределения значений КРП: а), в) верхней поверхности, б), г) нижней поверхности пластины АМГ-2 с обработанными алмазным наноточением поверхностями.

Список литературы

1. Материалы в приборостроении и автоматике: Справочник / Под ред. Ю. М. Пятина. – М.: Машиностроение, 1982. – 528 с.
2. Вудраф, Д. Современные методы исследования поверхности / Д. Вудраф, Т. Делчар. – М.: Мир, 1989. – 564 с.
3. Zharin, A.L. Contact Potential Difference Techniques as Probing Tools in Tribology and Surface Mapping // Applied Scanning Probe Methods. – 2010. – Vol. 14. – P. 687-720.
4. Тявловский, А.К. Методы зондовой электрометрии для разработки и исследования свойств перспективных материалов / А.К. Тявловский, К.В. Пантелеев, А.Л. Жарин (под ред. В.В. Клубовича) // Перспективные материалы и технологии: монография. В 2 т. – Т 1. – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ». – 2015. – 398 с.
5. Воробей, Р.И. Неразрушающий контроль изделий с прецизионными поверхностями на основе методов зондовой электрометрии / Р.И. Воробей, О.К. Гусев, А.В. Дубаневич и [др.] // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2016. – № 1. – С. 4-17.
6. Киселев, М.Г. Влияние режимов и условий электроконтактной обработки поверхности образцов металлических имплантатов на работу выхода электрона / М.Г. Киселев, А.В. Дроздов, А.К. Тявловский, С.Г. Монич // Метрология и приборостроение. – 2014. № 1 (64). – С. 28-32.
7. Воробей, Р.И. Контроль дефектов структуры кремний-диэлектрик на основе анализа пространственного распределения потенциала по поверхности полупроводниковых пластин / Р.И. Воробей, А.Л. Жарин, О.К. Гусев и [др.] // Приборы и методы измерений. – 2013. – № 2(7). – С. 67-72.
9. Белый, А.В. Работа выхода электрона и физико-механические свойства хромсодержащих ионно-легированных сталей / А.В. Белый, А.Л. Жарин, А.Н. Карпович, А.К. Тявловский // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. – 2016. № 1. – С. 21-27.