

Изучение возможности синтеза нанопленок многокомпонентных сплавов на стеклянной поверхности методом лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии

Д. А. Шариков¹⁾, С. П. Шепелев¹⁾, Н. Х. Чинь²⁾, М.П. Патапович¹⁾

¹⁾ Белорусская государственная академия связи, Минск, Беларусь,
e-mail: mpetpat@mail.ru

²⁾ Университет Винь, Винь, Вьетнам

В ходе исследований был проведен послойный анализ металлов и сплавов и изучена возможность напыления нанопленок на поверхность стекла при воздействии лазерных импульсов на мишень в атмосфере воздуха. Эксперименты проводились с помощью лазерного двухимпульсного атомно-эмиссионного многоканального спектрометра LSS-1. Проведенные исследования иллюстрируют возможность получения наноструктур и чистых металлов, и композиционных сплавов с перспективой дальнейшего создания газочувствительных сенсоров.

Ключевые слова: нанопленки; послойный анализ; сдвоенные лазерные импульсы; лазерная атомно-эмиссионная многоканальная спектроскопия.

Studying the possibility of synthesis of nanofilms of multicomponent alloys on a glass surface by laser atomic emission spectrometry method

D. A. Sharikov¹⁾, S. P. Shepelev¹⁾, N. H. Trinh²⁾, M. P. Patapovich¹⁾

¹⁾ Belarusian State Academy of Communications, Minsk, Belarus, e-mail: mpetpat@mail.ru

²⁾ Vinh University, Vinh, Vietnam

During the research, a layer-by-layer analysis of metals and alloys was carried out and the possibility of depositing nanofilms on the surface of glass when exposed to laser pulses on a target in an air atmosphere were studied. The experiments were carried out using a laser double-pulse atomic emission multichannel spectrometer LSS-1. The conducted studies illustrate the possibility of obtaining nanostructures of both pure metals and composite alloys with the prospect of further creation of gas-sensitive sensors.

Keywords: nanofilms; layer-by-layer analysis; double laser pulses; laser multichannel atomic emission spectrometry.

Введение

Оксиды различных полупроводниковых материалов, которые характеризуются определенными свойствами (высокая чувствительность к составу газовой фазы, каталитическая активность, высокая реакционная способность поверхности), могут использоваться в качестве активных элементов устройств газового контроля [1–3]. Поэтому такие материалы находят широкое применение, например, при изготовлении сенсоров, в состав которых могут содержаться олово, медь, цинк. В частности, оксиды меди и цинка широко используются в качестве активных элементов газовых сенсоров. Улучшение сенсорных свойств таких полупроводников (чувствительность, селективность, стабильность) достигается пу-

тем их легирования различными металлами. Следовательно, развитие методов синтеза наночастиц с требуемыми свойствами является очень важной практической задачей.

В различных промышленных отраслях медь часто используется в качестве основы для изготовления элементов и деталей электроприборов. Она меньше алюминия подвержена коррозии и будет меньше реагировать с водой. Это позволит применять медные составляющие в системах домашнего отопления. Благодаря высокой теплопроводности, медь и ее сплавы могут быть использованы в теплообменниках и холодильных установках, для никелирования и хромирования стали [4].

Для развития микроэлектроники требуется создание качественных нанопленок, в состав которых входит олово, у которого имеется два вида оксидов: станнат (оксид олова (II)), в качестве исходного продукта используемый в производстве других соединений олова, и станнит (диоксид олова (IV)), пленки из которого, нанесенные на различные виды поверхности могут служить датчиками горючих газов в воздухе. При нагревании до температуры в несколько сотен градусов Цельсия в присутствии горючих газов электрическое сопротивление такой наноструктуры снижается [5, 6].

Следовательно, основной задачей данной работы являлось проведение послойного анализа различных многокомпонентных сплавов и исследование возможностей создания качественных нанопленок с необходимыми свойствами на поверхности стекла сдвоенными лазерными импульсами.

1. Материалы и методы

При проведении исследования возможности получения нанопленок на поверхности стекла методом лазерного спектрального анализа использовался лазерный атомно-эмиссионный многоканальный спектрометр LSS-1, где в качестве источника возбуждения плазмы представлен двухимпульсный неодимовый лазер с возможностью регулирования временного интервала между импульсами, который в данном эксперименте равнялся 10 мкс, а энергия импульсов находилась в диапазоне от 20 до 60 мДж. Расфокусировка проводилась смещением мишени по отношению к фокусу и при изменении параметра расфокусировки от нуля до 5 мм интенсивность может изменяться на два порядка. Для корректной работы в ходе проведенных предварительных исследований были выбраны следующие длины волн аналитических линий: для меди – Cu (510,798 нм); для олова – Sn (452,56 нм).

2. Результаты и обсуждение

Чтобы оценить воздействие лазерных импульсов на поверхность сплава, необходимо провести послойный анализ исследуемого материала и обратиться к зависимости интенсивности спектральных линий химических элементов от номера лазерных импульсов. В качестве примера, на рис. 1, представлена приведена зависимость интенсивности линий олова и меди от номера лазерных импульсов.

При этом энергия первого импульса составила 49 мДж, второго – 46 мДж, временной интервал между импульсами равнялся 10 мкс. Общее число сдвоенных импульсов в серии равнялось 50.

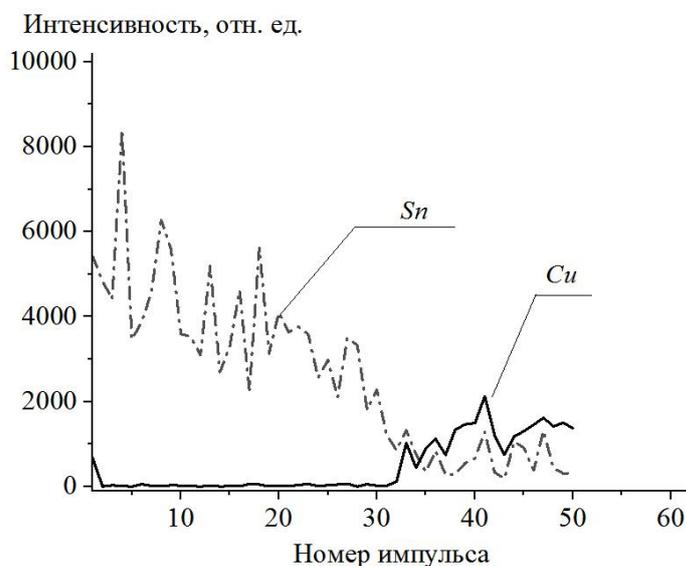


Рис. 1. Зависимости интенсивности линий атомов меди и олова от номера лазерного импульса

Приведенные результаты демонстрируют проявление линии меди после 33-го импульса, что указывает на пробой напыленной оловянной пленки. Этот элемент начинает равномерно поступать в лазерный факел после 42-го импульса, когда интенсивность линии становится практически одинаковой. Что касается олова, то оно также хорошо поступает в лазерный факел [6].

В качестве иллюстрации возможности напыления частиц олова на поверхность стекла на рис. 2 приведено изображение полученной нанопленки при энергии накачки лазера 20 Дж. В ходе процесса лазерной абляции происходит вынос массы вещества, и при большой плотности мощности физическая картина сопутствующих процессов усложняется.



Рис. 2. Изображение полученной нанопленки на поверхности стекла

Результат проведенного эксперимента отражает тот факт, что при формировании поверхности пленки после окончания действия лазерного импульса имеет место гидродинамическое расширение плазмы. В облаке, образованном над мишенью, содержатся наночастицы, которые формируются в результате инициирования ряда процессов (конденсация в расширяющемся облаке, фазовый взрыв, гидродинамическое распыление). Следовательно, картина, описывающая динамику и механизм формирования таких структур, достаточно противоречива.

Заключение

Таким образом, спектроскопические исследования лазерной плазмы вблизи мишени, содержащей частицы олова, при воздействии на нее серии мощных сдвоенных лазерных импульсов, показывают возможность контролировать и управлять компонентным составом плазмы. А с помощью подбора оптимальных условий проведения эксперимента можно менять состав и свойства полученных наноструктур.

Библиографические ссылки

1. *Samsonov V. M., Sdobnyakov N. Yu.* A Thermodynamic approach to mechanical stability of nanosized particles // *Central European Journal of Physics*. 2003. V. 1. Iss. 2. P. 344–354.
2. Особенности физико-химических свойств нанопорошков и наноматериалов: учебное пособие / А. П. Ильин [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. Томск: Изд-во ТПУ, 2017. 212 с.
3. *Sdobnyakov N. Yu.* On the mechanical stability conditions for nanoparticles in vacuum and under an external pressure / N. Yu. Sdobnyakov, V. M. Samsonov, A. N. Bazulev // *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. V. 1352. № 1. Art. № 012045. 4 p.
4. *Григорьянц А. Г.* Основы лазерной обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1989. 304 с.
5. Исследование влияния формы канала на процессы образования нанокластеров AlN и AlO в плазме при воздействии серий сдвоенных лазерных импульсов на алюминиевую мишень в воздушной атмосфере / Х. Баззал [и др.]. // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. 2019. Вып. 11. С. 57–64.
6. Особенности методов получения аморфных нанопленок для создания газочувствительных сенсоров при воздействии сдвоенных лазерных импульсов на поверхность мишени, содержащей олово / А. П. Зажогин [и др.]. // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. 2022. Вып. 14. С. 602–608.