

Метод опто–акустического исследования аморфных металлических пленок

Ю. К. Алешин,* А. А. Карабутов (мл), М. А. Чоба, В. А. Сафонов

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, физический факультет
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2*

Проведены эксперименты по определению скорости акустического сигнала с помощью опто–акустического метода. Получены результаты, позволяющие предложить эту методику для изучения процессов перехода состояний поверхности металлических пленок хрома на медной подложке. Это позволяет предложить данную методику для контроля за так называемым «старением» поверхностной пленки.

PACS: 43.58.+z.

УДК: 53.082.4.

Ключевые слова: опто–акустика, металлические пленки, фазовая структура.

В начале 60-х годов XX века было начато активное изучение металлических сплавов, у которых отсутствовала кристаллическая структура [1, 2]. Металлы и сплавы с неупорядочным расположением атомов называются аморфными металлическими стеклами. Формирование аморфной структуры металлов и сплавов приводит к изменениям магнитных, электрических, механических, и других свойств. Как правило аморфное состояние образуется при быстром охлаждении расплава. В природе аморфное состояние (например: опал, обсидиан, янтарь, смолы) встречается гораздо реже, чем кристаллическое. Структура веществ в аморфном состоянии характеризуется ближним порядком взаимодействия звеньев или сегментов макромолекул, быстро уменьшающимся по мере их удаления друг от друга.

Одним из основных преимуществ аморфных металлических сплавов является их очень высокая коррозионная стойкость [1], которая у некоторых аморфных металлических сплавов на несколько порядков выше, чем у лучших нержавеющих сталей. Во многих агрессивных средах (морской воде, кислотах) аморфные металлы вообще не подвергаются коррозии. Например, скорость коррозии аморфного сплава, в котором содержится железо, хром и никель, в растворе соляной кислоты, практически равна нулю, а скорость коррозии классического коррозионностойкого сплава железа, хрома и никеля, находящегося в поликристаллическом состоянии, в такой же среде составляет более 10 мм/год. Предполагается, что основная причина высокой коррозионной стойкости аморфных сплавов заключается в отсутствии специфических дефектов кристаллической решетки — дислокаций и границ между зернами. Аморфные металлы обладают очень высокой твердостью и прочностью, в среднем металл в аморфном состоянии прочнее металла в кристаллическом состоянии в 5–7 раз. Для современных технологических процессов важно контролировать физическое состояние металлических поверхностных пленок, учитывая динамический характер изменения их структуры. Таким образом, приходим к практике сквозного по

времени контроля за фазовым состоянием поверхности для уверенного технологического использования материала. Опто–акустический метод основан на возбуждении ультразвука с помощью лазерного излучения. При использовании коротких лазерных импульсов в твердом теле могут возбуждаться частоты акустических волн в диапазоне от десятков кГц до 1011 Гц [2], что позволяет исследовать слои большой толщины. Также этот метод является не разрушающим методом исследования тонких пленок. Акустические волны достаточно слабо затухают с расстоянием, что позволяет их использовать для исследования неоднородностей на больших глубинах. На рис. 1 представлена схема опто–акустического преобразователя.

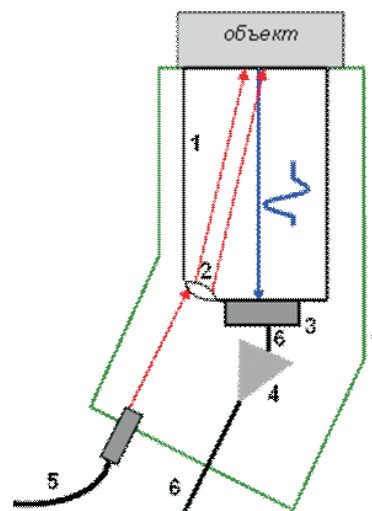


Рис. 1: Схема опто–акустического преобразователя: 1 — кварцевая призма; 2 — линза; 3 — пьезоэлемент; 4 — преусилитель; 6 — электрический провод; 7 — корпус

Лазерный импульс подается по оптоволокну в преобразователь, далее проходит через прозрачную призму и фокусирующую линзу и попадает на поверхность образца. В тоже время призма служит в качестве звукопровода широкополосного пьезоэлектрического приемника. После того как электрический сигнал проходит призму, он попадает на пьезоэлемент. Далее, от пьезо-

*E-mail: vovur@mail.ru

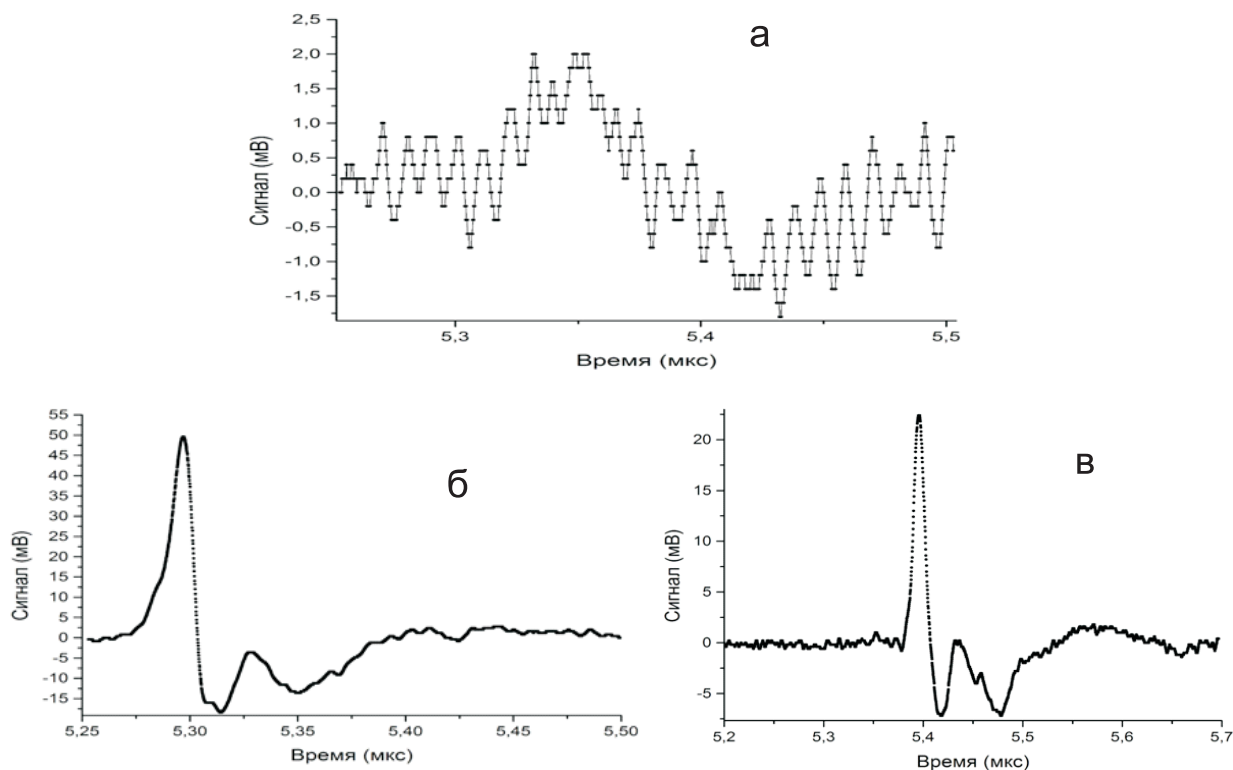


Рис. 2: (а) Оптико-акустический отклик от медной подложки, сигнал которого больше похож на шумовую засветку. (б) Оптико-акустический отклик от аморфной пленки Сг–С. (в) Оптико-акустический отклик от поликристаллической пленки Сг–С

элемента, электрический сигнал подается на регистрирующий цифровой осциллограф. В качестве иммерсионной жидкости использовалась дистиллированная вода, так как таким образом улучшался акустический контакт, и улучшались условия прохождения лазерного импульса.

По измеренным данным, при учете постоянства толщины пленки, определены времена, за которое сигнал проходит через аморфную и поликристаллическую пленку Сг–С и скорость распространения сигнала.

1. Аморфная пленка: $t = 15$ нс, $V = 4 \cdot 10^3$ м/с.
2. Поликристаллическая пленка: $t = 10$ нс, $V = 6 \cdot 10^3$ м/с.

Разные показатели времени отклика и соответственно скорости подтверждают наличие различий в аморфной и поликристаллической структуре вещества.

Проведены эксперименты по определению скорости акустического сигнала с помощью оптоакустического метода. Получены результаты, позволяющие предложить эту методику для изучения процессов перехода состояний поверхности металлических пленок хрома на медной подложке. Изменение скоростей акустического сигнала для аморфной пленки $V = 4 \cdot 10^3$ м/с, для поликристаллической — $V = 6 \cdot 10^3$ м/с. Это позволяет предложить данную методику для контроля за так называемым «старением» поверхностной пленки.

[1] Золотухин И.В. Аморфные металлические материалы. Соросовский образовательный журнал. №4. С.73. (1997).

[2] Гусев В.Э., Карабутов А.А. Лазерная оптоакустика. (Москва: Наука, 1991).

Method opto–acoustical study of amorphous metal films**Yu. K. Aleshin, A. A. Karabutov (jr), M. A. Choba, V. A. Safonov***Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russia**E-mail: vovur@mail.ru*

The experiments on determination of the velocity of acoustic signal using optoacoustic method. The obtained results allows to offer this method to study of processes of state transition metal films chromium copper substrate. This allows you to offer this method to control the so-called «ageing» of the surface film.

PACS: 43.58.+z.

Keywords: opto-acoustic, metal film, phase structure.

Сведения об авторах

1. Алешин Юрий Константинович, канд. физ.-мат. наук, доцент; +7-495-939-30-40, e-mail: vovur@mail.ru,
2. Карабутов Александр Александрович, канд. физ.-мат. наук, младший научный сотрудник.
3. Чоба Мария Алексеевна, канд. хим. наук, старший научный сотрудник.
4. Сафонов Виктор Алексеевич, докт. хим. наук, ведущий научный сотрудник.