

УДК 669-1

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВ МИКРО И НАНОРАЗМЕРНОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ

Вероника Семеновна Афонина

Студент 6 курса,

кафедра «Материаловедение»,

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Научный руководитель: В.В. Коледов,

доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ИРЭ РАН

им. В.А.Котельникова

Сплавы с эффектом памяти формы (ЭПФ) нашли широкое применение в микромеханике, электронике, приборостроении и медицине [1], их используют для получения обратимых гигантских управляемых деформаций, которые обусловлены структурными фазовыми термоупругими превращениями под действием внешних полей: температуры, давления или магнитного поля. Свойство обратимого деформирования не является внутренне присущим сплавам с ЭПФ, и для его достижения требуется нетехнологичная операция тренировки на «двустороннюю» память. Использование биморфных слоистых материалов позволяет достигнуть обратимых деформаций без использования такой тренировки.

В настоящей работе рассматривается новая схема композитного материала [2], обеспечивающая значение обратимой изгибной деформации порядка несколько единиц процентов. Композитная схема включает слой сплава с ЭПФ 1 (например, Ti_2NiCu), жестко соединенный со слоем прочного упругого материала 2 (например, Pt). Новым в такой схеме является то, что до соединения сплав с ЭПФ подвергают псевдопластическому растяжению, а процесс соединения производят при температуре ниже точки мартенситного превращения T_m . Принцип работы композитной схемы основан на том, что изгибная деформация биметаллической пластины есть сжатие на внутренней стороне и растяжение на внешней. При нагреве сплав с ЭПФ, «вспоминая» свою высокотемпературную форму, сжимается, и биметаллическая пластина изгибается. При охлаждении слой с ЭПФ переходит в мартенситное состояние, при этом упругий слой стремится вернуться в ненапряженное состояние и деформирует слой с ЭПФ. Таким образом, биметаллическая пластина приобретает первоначальную прямолинейную форму. Такая композитная схема позволяет получить многократную обратимую изгибную деформацию под периодическим действием внешнего поля при использовании сплава с «односторонним» ЭПФ.

Рассматриваемая композитная схема нашла применение и была реализована в конструкции микромеханического устройства (далее «нанопинцет») для механического захвата микро- и нанообъектов. Видеодемонстрацию работы нанопинцета можно увидеть в интернете: <http://smwsm.org/ll/micropincer.html>.

Конструкцию нанопинцета формировали с помощью фокусированного ионного пучка (ФИП) в вакуумной камере сканирующего ионного микроскопа (СИМ) FEI Strata 201 из быстрозакаленной ленты сплава Ti_2NiCu . Образец ленты предварительно псевдопластически растягивали на 1,4 %. Затем формировали конструкцию нанопинцета методом ионного распыления и наносили упругий слой Pt методом ионно-стимулированного химического осаждения из газовой фазы. Были изготовлены экспериментальные образцы нанопинцетов с размерами (20-50)х(15-25)х(1-3) мкм и

зазором около 1000 нм. Также путем ионно-стимулированного осаждения наносился «припой» Pt, закрепляющий нанопинцет на конце микропроволоки стандартного наноманипулятора Omniprobe 100.

Управление нанопинцетом осуществлялось при помощи излучения полупроводникового лазера, размещенного в вакуумной камере СИМ.

Используя нанопинцет и систему управления, были проведены эксперименты по пространственному манипулированию микро- и нанообъектами различной природы: углеродные нанотрубки, биологические микрочастицы, стопки графеновых листов и др.

Были проведены эксперименты по исследованию проявления мартенситного фазового перехода и ЭПФ в образцах сплава Ti_2NiCu толщиной $h=70-700$ нм. Для прямого наблюдения обратимых гигантских деформаций применялась композитная схема.

Прогиб биметаллической пластины позволяет рассчитать относительную деформацию слоя с ЭПФ, сопровождающую мартенситный термоупругий фазовый переход [2]. Было установлено, что фазовый переход наблюдается в слоях сплава с ЭПФ толщиной, по крайней мере, 140 нм. Относительная псевдопластическая деформация для этого слоя составила 0,6 %.

Таким образом, в работе предложен новый функциональный композитный материал с эффектом памяти формы, способный к многократным гигантским обратимым деформациям, и экспериментально доказано сохранение его функциональных свойств при утонении толщины слоя с ЭПФ, по крайней мере, до 140 нм. Экспериментально продемонстрирована возможность создания на основе этого материала микромеханического устройства для применения в нанотехнологии.

Работа поддержана РФФИ, грант 09-08-01177, и Минобрнауки, госконтракт 02.513.12.3097.

Литература

1. Под научной редакцией профессора Пушкина В.Г. Сплавы никелида титана с памятью формы. Часть 1. Структура, фазовые превращения и свойства. Коллективная монография. Екатеринбург: УрО РАН, 2006.
2. A.V. Irzhak, D.I. Zakharov, V.S. Kalashnikov et al. Journal of Communications Technology and Electronics, 2010, Vol. 55, No. 7, p. 874.