

Синтез металл-полупроводникового нанокompозита на основе оксида цинка лазерным воздействием

С.П. Мурзин^{1,2}, М.В. Блохин¹, А.А. Мельников¹

¹Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34а, Самара, Россия, 443086

²Венский технический университет, Институт технологии производства и фотонных технологий, Гетрайдемаркт 9, Вена, Австрия, 1060

Аннотация

Осуществлён синтез металл-полупроводникового нанокompозита на основе оксида цинка на поверхности латунных образцов. В ходе проведения экспериментальных исследований применялся CO₂-лазер ROFIN DC 010. На поверхности латуни наблюдалось образование оксидного покрытия белого цвета, который с увеличением времени лазерной обработки переходил в желтый, являющийся типичным для оксида цинка. Анализ элементного состава покрытия и исследование тонкой структуры оксидного материала с помощью растрового электронного микроскопа VEGA\\TESCAN показали, что доля цинка из металлических элементов на поверхности доходила до 99 %, на поверхности формировались массивы иглообразных нанопроволок оксида цинка длиной 1–3 мкм, более толстые в основании и тонкие к вершине.

Ключевые слова

Синтез, нанокompозит, оксид цинка, воздействие лазерное, поверхность, микроанализ

1. Введение

Оксиды металлов и наноструктуры на их основе представляют собой широкий класс материалов, обладающих спектром исключительных функциональных свойств. Большой потенциал имеют одномерные наноструктурированные оксиды металлов в виде массивов нановолокон, наностержней, а также нанопроволок [1, 2]. Благодаря своим каталитическим свойствам, высокой химической и термической стабильности, реакционной способной поверхности, а также биосовместимости такие наноструктуры вызывают повышенный интерес у исследователей, а их синтез имеет широкие перспективы для сенсорных приложений, катализа и биомедицинской инженерии [3–5]. В работах [6–10] были оценены возможности для создания наноматериалов. Вначале нанопористые, а затем слоистые металл-полупроводниковые наноматериалы на основе нанопроволок ZnO были синтезированы с помощью импульсно-периодического лазерного излучения. Впервые описано существенное – не менее чем в 2–3 раза по сравнению с только тепловым воздействием лазерного излучения – увеличение коэффициента диффузии в металлическом материале, вызванное синергией теплового воздействия и лазерно-индуцированных колебаний. В работе [11] была выполнена задача формирования массивов нанообъектов оксида цинка с изменяющейся морфологией. Возможно предположить, что применение такого подхода может быть успешным для формирования оксидов других металлов. Однако условия, приводящие к образованию таких оксидов, требуют дополнительных исследований.

2. Экспериментальные исследования

Нанопроволоки оксида цинка были сформированы на поверхности латунных образцов из фольги толщиной 0,05 мм, обработанной механически до размеров 20×30 мм². CO₂-лазер

ROFIN DC 010 с длиной волны излучения 10,6 мкм использовался в ходе проведения экспериментальных исследований. Характеристики лазерной установки: длительность одиночного импульса – 0,026...125 мс; частота следования импульсов – 2...5000 Гц. Мощность лазерного излучения при проведении экспериментальных исследований составляла 300 Вт; в то время как частота следования импульсов изменялась в диапазоне от 100 до 1000 Гц.

Синтез металл-полупроводникового нанокompозита ZnO / Cu-Zn осуществлялся на воздухе. В этом случае на поверхности латуни можно было наблюдать образование оксидного покрытия белого цвета, который с увеличением времени лазерной обработки переходил в желтый, являющийся типичным для оксида цинка (II). Анализ элементного состава этого покрытия, которое было сформировано на поверхности материала в результате лазерной обработки, был проведен с помощью растрового электронного микроскопа VEGA\ TESCAN. Микроскоп был оснащен системой электронно-зондового энергодисперсионного микроанализа. Было установлено, что доля цинка из металлических элементов на поверхности доходила до 99 %. Это свидетельствует о том, что на поверхности латуни после импульсной лазерной обработки присутствовал, главным образом, оксид цинка.

Также с помощью растрового электронного микроскопа были выполнены исследования тонкой структуры оксидного материала, которые показали следующее. На поверхности латуни сформированы массивы иглообразных нанопроволок оксида цинка, как правило, длиной 1–3 мкм, более толстые в основании и тонкие к вершине. Рост анизотропных квазиодномерных структур - нанопроволок оксида осуществлялся преимущественно перпендикулярно поверхности образцов.

3. Литература

- [1] Korotcenkov, G. Current trends in nanomaterials for metal oxide-based conductometric gas sensors: Advantages and limitations. Part 1: 1D and 2D nanostructures / G. Korotcenkov // *Nanomaterials*. – 2020. – Vol 10(7). – P. 1-62.
- [2] Kolahalam, L.A. Review on nanomaterials: Synthesis and applications / L.A. Kolahalam, I.V. Kasi Viswanath, B.S. Diwakar, B. Govindh, V. Reddy, Y.L.N. Murthy, // *Nanomater. Proc.* – 2019. – Vol. 18. – P. 2182-2190.
- [3] Wang, Y. Electrically transduced gas sensors based on semiconducting metal oxide nanowires / Y. Wang, L. Duan, Z. Deng, J. Liao // *Sensors*. – 2020. – Vol. 20(23). – P. 1-41.
- [4] Hung, C.M. On-chip growth of semiconductor metal oxide nanowires for gas sensors: A review / C.M. Hung, D.T.T. Le, N. Van Hieu // *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*. – 2017. – Vol. 2(3). – P. 263-285.
- [5] Sun, Y. The applications of morphology controlled ZnO in catalysis / Y. Sun, L. Chen, Y. Bao, Y. Zhang, J. Wang, M. Fu, J. Wu, D. Ye // *Catalysts*. – 2016. – Vol. 6(12). – P. 188.
- [6] Murzin, S.P. Method of composite nanomaterials synthesis under metal/oxide pulse-periodic laser treatment / S.P. Murzin // *Computer Optics*. – 2014. – Vol. 38(3). – P. 469-475. DOI: 10.18287/0134-2452-2014-38-3-469-475.
- [7] Murzin, S.P. Determination of conditions for the laser-induced intensification of mass transfer processes in the solid phase of metallic materials / S.P. Murzin // *Computer Optics*. – 2015. – Vol. 39(3). – P. 392-396. DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-3-392-396.
- [8] Kazanskiy, N.L. Synthesis of nanoporous structures in metallic materials under laser action / N.L. Kazanskiy, S.P. Murzin, Ye.L. Osetrov, V.I. Tregub // *Optics and Lasers in Engineering*. – 2011. – Vol. 49(11). – P. 1264-1267.
- [9] Murzin, S.P. Exposure to laser radiation for creation of metal materials nanoporous structures / S.P. Murzin // *Optics and Laser Technology*. – 2013. – Vol. 48. – P. 509-512.
- [10] Murzin, S.P. Formation of nanoporous structures in metallic materials by pulse-periodic laser treatment / S.P. Murzin // *Optics and Laser Technology*. – 2015. – Vol. 72. – P. 48-52.
- [11] Murzin, S.P. Arrays formation of zinc oxide nano-objects with varying morphology for sensor applications / S.P. Murzin, N.L. Kazanskiy // *Sensors*. – 2020. – Vol. 20(19). – P. 1-19.