

**XXIX**

РОССИЙСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО ЭЛЕКТРОННОЙ  
МИКРОСКОПИИ

Современные методы  
электронной, зондовой  
микроскопии  
и комплементарных методов

в исследованиях наноструктур  
и наноматериалов

# СБОРНИК ТЕЗИСОВ

**RSEM2022**

29–31 АВГУСТА 2022 ГОДА

**XXIX Российская конференция  
по электронной микроскопии**

**29-31 августа 2022 г.**

**Сборник тезисов**

**XXIX Российская конференция по электронной микроскопии «Современные методы электронной, зондовой микроскопии и комплементарных методов исследования наноструктур и наноматериалов». г. Москва, 29 – 31 августа 2022 г. 633 с.**

В сборнике опубликованы материалы XXIX Российской конференции по электронной микроскопии «Современные методы электронной, зондовой микроскопии и комплементарных методов исследования наноструктур и наноматериалов», прошедшей 29-31 августа 2022 г. в Москве. Представлены тезисы докладов в соответствии тематическими секциями: «Новые методы просвечивающей и растровой микроскопии», «Крио-ЭМ и применение электронной, конфокальной сканирующей микроскопии в биологии и медицине», «Электронная микроскопия, электронная дифракция и микроанализ в исследовании новых материалов и процессов», «Растровая электронная и ионная микроскопия. In-situ исследования в РЭМ», «Электронная микроскопия в геологии», «Методы электронной микроскопии и микроанализа в исследованиях предметов культурного наследия», «Сканирующая зондовая микроскопия», «Исследование сверхбыстрых процессов, фемтосекундная микроскопия, динамическая электронная кристаллография», «Электронная и ионная литография. Микроскопия и современные технологии», «Комплементарные методы».

Данное издание предназначено для учёных, специалистов, аспирантов и студентов, интересующихся современными методами электронной и зондовой микроскопии в исследованиях органических, неорганических наноструктур и нано-биоматериалов.

© 2022, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН.

## Электронная микроскопия моно-, би- и триметаллических частиц, полученных методом лазерного осаждения

**Петров Ю.В.<sup>1</sup>, Мамонова Д.В.<sup>1</sup>, Васильева А.А.<sup>1</sup>, Данилов Д.В.<sup>1</sup>, Колесников И.Е.<sup>1</sup>, Бикбаева Г.И.<sup>1</sup>, Бахман Ж.<sup>1,2</sup>, Маньшина А.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Friedrich–Alexander University of Erlangen–Nürnberg, Erlangen, Germany

e-mail: y.petrov@spbu.ru

Металлические наночастицы в последнее время вызывают повышенный интерес в связи с возможностью использования в электрохимии, катализе, а также поверхностно-усиленном комбинационном рассеянии благодаря возможности возбуждения в таких частицах поверхностных плазмонов [1]. Особенный интерес вызывают мультиметаллические частицы, которые в силу особенностей электронной структуры обладают усиленными свойствами по сравнению с монометаллическими. Однако свойства таких мультиметаллических систем существенно зависят от формы частиц и распределения металлов в них [2]. В данной работе представлены результаты исследования моно-, би и триметаллических частиц из золота, серебра и платины, синтезированных методом лазерного осаждения из жидкой фазы [3].

Прекурсорами для осаждения частиц служили бензоат серебра  $C_7H_5AgO_2$ , ацетат серебра  $CH_3COOAg$ , золотохлористоводородная кислота  $H[AuCl_4] \cdot nH_2O$ , ацетат золота (III)  $C_6H_9AuO_6$ , а также гидроксид тетраамминплатины  $Pt(NH_3)_4(OH)_2 \cdot xH_2O$ . Осаждение на стеклянную подложку осуществлялось из растворов данных прекурсоров в воде или метаноле под действием облучения лазером с длиной волны 266 нм и плотностью мощности 1,5 Вт/см<sup>2</sup>.

Полученные на стекле структуры исследовались методом сканирующей электронной микроскопии и рентгеновского микроанализа с помощью СЭМ Zeiss Merlin, оборудованного энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments Inca X-act. Часть осажденного материала переносилась на стандартную медную сетку с углеродной пленкой и исследовалась методом просвечивающей электронной микроскопии и рентгеновского микроанализа с помощью ПЭМ Zeiss Libra 200FE, оборудованного энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments Inca. Спектры поглощения регистрировались в диапазоне 200-700 нм с помощью спектрометра Lambda 1050.

Согласно результатам СЭМ, в результате лазерного осаждения на подложке наблюдаются частицы или конгломераты частиц, которые согласно рентгеновскому микроанализу состоят преимущественно из металлов, входящих в состав использованных прекурсоров. Согласно результатам ПЭМ-исследования размеры частиц различных металлов варьируются и составляют 2-3 нм для платины 40-60 нм для серебра и 140-200 нм для золота в монометаллических частицах и порядка нескольких нанометров в мультиметаллических частицах. В случае золота и серебра возможно

образование биметаллической структуры в силу близости постоянных решетки. Спектр поглощения триметаллической системы содержит плазмонные пики, соответствующие входящим в состав компонентам.

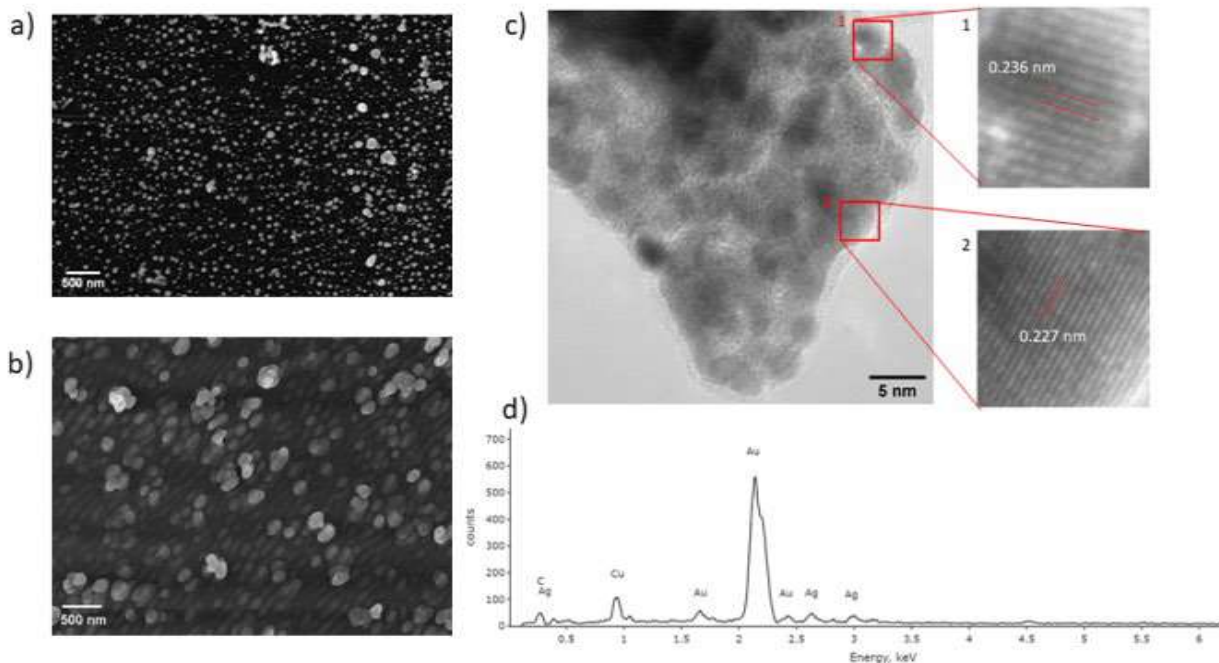


Рис.1. a) СЭМ-изображение конгломератов монометаллических частиц (Ag), b) СЭМ-изображение конгломератов триметаллических частиц, c) ПЭМ-изображение конгломерата биметаллических частиц, вставки 1 и 2 демонстрируют наличие периодов решетки, как золота, так и платины, d) рентгеновский спектр золотосеребряных частиц.

Данная работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 20-58-12015. Результаты получены с использованием оборудования Междисциплинарного ресурсного центра по направлению «Нанотехнологии» и ресурсного центра «Оптические и лазерные методы исследования вещества» Научного парка СПбГУ.

### Список литературы:

- [1] C. Zong, R. Premasiri, H. Lin, Y. Huang, C. Zhang, C. Yang, B. Ren, L. D. Ziegler and J.-X. Cheng. *Nature Communications*, **10**, 5318 (2019).
- [2] Z.-Q. Cheng, Z.-W. Li, R. Yao, K.-W. Xiong, G.-L. Cheng, Y.-H. Zhou, X. Luo and Z.-M. Liu. *Nanoscale Research Letters*, **15**, 117 (2020).
- [3] A. Povolotskiy, A. Povolotckaia, Yu. Petrov, A. Manshina and S. Tunik. *Applied Physics Letters*, **103**, 113102 (2013).