

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ В ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ ПРИ РЕЗОНАНСНЫХ КОЛЕБАНИЯХ БУФЕРНОГО ГАЗА ^{*)}

¹Фадеев С.А., ^{1,2}Шайдуллин Л.Р.

¹*Институт механики и машиностроения ФИЦ Казанский научный центр РАН,*
fadeev.sergei@mail.ru

²*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ, liqn@mail.ru*

Наночастицы проявляют уникальные свойства и находят применения в различных областях науки и техники [1]. Наночастицы меди изучаются в качестве перспективных функциональных материалов для проводящих чернил [2], используются в проводящих материалах [3]. Продемонстрирована эффективность наночастиц меди в качестве добавок к смазочным жидкостям [4]. Прямое соединение Cu-Cu является одним из наиболее многообещающих методов замены обычного припоя [5] в трехмерных (3D) интегральных схемах. Самой сложной проблемой для прямого соединения Cu-Cu является снижение температуры плавления, одним из возможных способов решения проблемы является наноминиатюризация Cu, которая осуществляется путем уменьшения размера элементов материалов Cu и, соответственно, прямого снижения температуры плавления [6, 7].

Получение наночастиц проводилось в трубке (длина $L = 32$ см, внутренний диаметр $d = 2,6$ см) из термостойкого боросиликатного стекла с двумя плоскопараллельными медными охлаждаемыми электродами. Трубка заполнена аргоном. Колебания буферного газа возбуждались на резонансной частоте системы электродинамическим излучателем, присоединенным к трубке через конфузор. К электродам прикладывалось постоянное напряжение и зажигался разряд. Акустические характеристики газоразрядной трубки контролировались с помощью микрофона. Эксперимент проводился при давлениях от 20 до 320 Торр и токах от 20 до 125 мА.

Морфология частиц исследовалась с помощью сканирующей электронной микроскопии. Размеры частиц варьируются от 24 до 1070 нм. Отчетливо прослеживается форма частиц близкая к октаэдрической. Формирование частиц происходит по принципу «снизу-вверх» [8], когда при создании таких частиц набираются и выстраиваются отдельные атомы в упорядоченную структуру, т.е. достигается укрупнение исходных элементов до частиц нано- и микрометрового размера. За счет поверхностных плазмохимических реакций частицы в плазме могут интенсивно нагреваться до температуры кристаллизации [9], превышающей температуру буферного газа, и приобретать кристаллическую структуру.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-79-01169, <https://rscf.ru/project/23-79-01169/>.

Литература

- [1]. Schmid G. Nanoparticles (Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA), 2005.
- [2]. Jeong S., Song H.C., Lee W.W. et al. Langmuir, 2011, V. 27, N 6, P. 3144–3149.
- [3]. Pham L.Q., Sohn J.H., Park J.H., Kang H.S., Lee B.C., Kang Y.S. Radia. Phys. Chem., 2011, V. 80. P. 638–642.
- [4]. Yu H.L., Xu Y., Shi P.J., Xu B.S., Wang X.L., Liu Q., Wang H.M. Surf. Coat. Technol., 2008, V. 203, P. 28–34.
- [5]. Kamikoriyama Y., Imamura H., Muramatsu A. et al. Sci. Rep., 2019, V. 9, 899.
- [6]. Li W., Liang Y., Bai Y. et al. J. Mater. Sci. Technol., 2023, V. 139, P. 210–223.
- [7]. Wang Z., Song Z., Luo W. et al. Powder Technol., 2024, V. 440, 119802.
- [8]. Ремпель А.А., Валеева А.А. Материалы и методы нанотехнологий: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015.
- [9]. Mangolini L., Thimsen E., Kortshagen U. // Nano Lett. 2005, V. 5, P. 655–659.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)