

## РЕЦЕНЗИИ

## REVIEW

Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. 2021. Т. 24, № 1. С. 63—64.  
DOI: 10.17073/1609-3577-2021-1-63-64

## Рецензия на статью «Reversed Crystal Growth»

© 2021 г. П. П. Федоров

*Институт общей физики имени А. М. Прохорова РАН,  
ул. Вавилова, д. 38, Москва, 119991, Россия*

**Аннотация.** Рецензия на статью Wuzong Zhou «Reversed Crystal Growth», опубликованную в журнале Crystals.  
<https://doi.org/10.3390/cryst9010007>

**Ключевые слова:** рост кристаллов, морфология кристаллов, электронная микроскопия, полый кристалл

Рекомендуемая статья затрагивает самые основы кристаллографии. С момента основания этой науки основной задачей было объяснение правильной формы кристаллов и закономерностей их образования. В качестве основной аксиомы принималось, что образование кристаллов начинается от некоего центра, а форма выросшего кристалла определяется термодинамическими условиями Кюри—Вульфа с поправкой на особенности симметрии ростовой среды. Произошедшая несколько лет назад коррекция парадигмы роста кристаллов [1, 2] ввела в оборот возможность неклассического роста кристаллов путем направленной агрегации кристаллических частиц (*Oriented attachment growth*). Возникающие при этом сростки кристаллов зачастую имеют причудливую форму и лишены огранки [3]. Однако в рецензируемой статье рассматриваются другие парадоксальные явления, касающиеся формирования кристаллических многогранников. С использованием данных, полученных посредством электронной микроскопии высокого разрешения, на примере ряда веществ, таких как цеолиты, металлоорганические соединения, оксиды цинка, железа, перовскиты, кальцит — в статье продемонстрирован необычный парадоксальный механизм образования многогранников. На очень ранней стадии кристаллизации ансамбли нанокристаллитов, включающие тысячи частиц, могут агрегироваться в большие поликристаллические частицы. Первоначально эти частицы носят рыхлый характер и зачастую имеют сферическую форму. Затем кристаллизация этой частицы начинается с поверхности, которая приобретает кристаллографическую огранку. В дальнейшем рост кристаллов продолжается от поверхности

вглубь к центру частицы. На определенной стадии образуются полые кристаллы, снаружи выглядящие как идеальные кристаллические многогранники.

Аналогичные явления отмечались и в других работах для других веществ. Например, наблюдались гексагональные призмы  $\text{NaYF}_4$ , полые внутри [4].

Полученные результаты требуют теоретического осмысления и построения соответствующих моделей. В работе [5] была предложена модель ассоциаций наночастиц по типу фазового перехода, однако только для двумерного случая. Трехмерное расширение модели представляет собой актуальную задачу.

## Библиографический список

1. Ivanov V. K., Fedorov P. P., Baranchikov A. Y., Osiko V. V. Oriented aggregation of particles: 100 years of investigations of non-classical crystal growth // Russ. Chem. Rev. 2014. V. 83, N 12. P. 1204—1222. DOI: 10.1070/RCR4453
2. De Yoreo J. J., Gilbert P. U. P. A., Sommerdijk N. A. J. M., Lee Penn R., Whitelam S., Joester D., Zhang H., Rimer J. D., Navrotsky A., Banfield J. F., Wallace A. F., Marc Michel F., Meldrum F. C., Cölfen H., Dove P. M. Crystallization by particle attachment in synthetic, biogenic, and geologic environments // Science. 2015. V. 349, N 6247. P. aaa6760. DOI: 10.1126/science.aaa6760
3. Fedorov P. P., Osiko V. V. Relationship between the faceting of crystals and their formation mechanism // Doklady Physics. 2019. V. 64, N 9. P. 353—355. DOI: 10.1134/S1028335819090076
4. Fedorov P. P., Mayakova M. N., Alexandrov A. A., Voronov V. V., Kuznetsov S. V., Baranchikov A. E., Ivanov V. K. The melt of sodium nitrate as a medium for synthesis of fluorides // Inorganics. 2018. V. 16, N 2. P. 38—55. DOI: 10.3390/inorganics6020038
5. Пикин С. А., Власов В. П. Критическая переориентация кристаллических зародышей, растущих на анизотропной поверхности // Кристаллография. 1992. Т. 37, Вып. 5. С. 1303—1308.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 18–29–12050мк.

Статья поступила в редакцию  
11 марта 2021 г.

**Федоров Павел Павлович** — доктор хим. наук, профессор, главный научный сотрудник, e-mail: ppfedorov@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2918-3926>

## Review on the paper Reversed Crystal Growth

P. P. Fedorov

*Prokhorov General Physics Institute, Russian Academy of Sciences,  
38 Vavilov Str., Moscow 119991, Russia*

**Abstract.** Review on the paper Wuzong Zhou, Reversed Crystal Growth. *Crystals*. 2019; 9(1): 7 (16 pp).  
<https://doi.org/10.3390/cryst9010007>

**Keywords:** crystal growth, crystal morphology, electron microscopy, hollow crystal

### References

1. Ivanov V. K., Fedorov P. P., Baranchikov A. Y., Osiko V. V. Oriented aggregation of particles: 100 years of investigations of non-classical crystal growth. *Russ. Chem. Rev.* 2014, vol. 83, no. 12, pp. 1204—1222. DOI: 10.1070/RCR4453
2. De Yoreo J. J., Gilbert P. U. P. A., Sommerdijk N. A. J. M., Lee Penn R., Whitlam S., Joester D., Zhang H., Rimer J. D., Navrotsky A., Banfield J. F., Wallace A. F., Marc Michel F., Meldrum F. C., Cölfen H., Dove P. M. Crystallization by particle attachment in synthetic, biogenic, and geologic environments. *Science*. 2015, vol. 349, no. 6247, pp. aaa6760. DOI: 10.1126/science.aaa6760

3. Fedorov P. P., Osiko V. V. Relationship between the faceting of crystals and their formation mechanism. *Doklady Physics*. 2019, vol. 64, no. 9, pp. 353—355. DOI: 10.1134/S1028335819090076

4. Fedorov P. P., Mayakova M. N., Alexandrov A. A., Voronov V. V., Kuznetsov S. V., Baranchikov A. E., Ivanov V. K. The melt of sodium nitrate as a medium for synthesis of fluorides. *Inorganics*. 2018, vol. 16, no. 2, pp. 38—55. DOI: 10.3390/inorganics6020038

5. Pikin S.A., Vlasov V.P. Critical re-orientation of crystal nuclei, growing on anisotropic surface. *Kristallografia*. 1992, vol. 37, no. 5, pp. 1303—1308. (In Russ.)

**Acknowledgments.** The work was carried out under the RFBR grant 18-29-12050mk.

### Information about author:

**Pavel P. Fedorov:** Dr. Sci. (Chem.), Professor, Chief Researcher (ppfedorov@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0002-2918-3926>

Received March 11, 2021

\* \* \*