

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ МИКРОДВОЙНИКИ В ПРИРОДНЫХ АЛМАЗАХ
ПО ДАННЫМ РЕНТГЕН-ДИФРАКЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**Титков С.В.¹ (titkov@igem.ru), Кривовичев С.В.², Органова Н.И.¹**¹Московское отделение. ИГЕМ РАН; ²Санкт-Петербургское отделение. СПбГУDEFORMATION MICROTWINS IN NATURAL DIAMONDS AS REVEALED
BY THE X-RAY DIFFRACTION STUDIES**Titkov S.V.¹, Krivovichev S.V.², Organova N.I.¹**¹Moscow branch. IGEM RAS; ²Saint Petersburg branch. SPbSU

Исследование розово-лиловых кристаллов природных алмазов из кимберлитовой трубки Интернациональная в Якутии с использованием метода ЭПР спектроскопии показало, что в них парамагнитные центры M2 строго локализованы в микродвойниковых ламелях. Микродвойниковые ламели деформационного происхождения с характерными зеркальными отражениями от границ наблюдались в оптическом микроскопе в пластинах, изготовленных из этих кристаллов (Mineeva et al., 2007; Titkov et al., 2008). Однако, в литературе утвердилось мнение о том, что эпигенетическая пластическая деформация алмазов в природе может происходить только по механизму скольжения дислокаций (Орлов, 1984). Для решения этого вопроса в настоящей работе были приведены рентген-дифракционные исследования розово-лилового алмаза.

Для получения дифракционных картин от кристалла алмаза, изученного ранее методом ЭПР-спектроскопии и оптической микроскопии, была отколота небольшая частица. Полученный образец был установлен на монокристалльный дифрактометр STOE IPDS II, оснащенный рентгеночувствительной пластиной с оптической памятью (детектор Image Plate). Массив дифракционных данных был получен при ω -сканировании с шагом 2° при времени экспозиции 12 с. Всего было снято 90 снимков, т.е. полученный массив составлял более половины дифракционной сферы.

Дифракционная картина характеризовалась наличием слегка размытых, но сильных Брэгговских отражений, мелких разупорядоченных слабых пятен и диффузных линий, указывающих на наличие в образце тонкодисперсного материала. Прямая индцировка сильных пятен привела к определению примитивной гексагональной решетки с параметрами $a_{\text{hex}} = 2.513(4)$, $c_{\text{hex}} = 6.172(11)$ Å, а не хорошо известной кубической решетки алмаза. Это является удивительным фактом с учетом того, что исследуемый образец, несомненно, является алмазом (кристалл, от которого была отколота частичка для исследований относится к алмазу не только по своим морфологическим характеристикам, но и по данным ИК- и ЭПР-спектроскопии). Подобные дифракционные картины не были описаны ранее в известных нам публикациях ни у алмаза, ни у других минералов.

На основании имевшихся данных других методов было сделано предположение, что выявленная гексагональная ячейка не является собственной ячейкой изученного образца, а возникает в результате суперпозиции двух

дифракционных картин, полученных от двух кубических решеток алмаза, отраженных в плоскости (111), являющейся в структуре алмаза плоскостью двойникования. Было проведено моделирование дифракционной картины на основании данного предположения. При отражении кубической ячейки в плоскости (111) будет происходить суперпозиция двух обратных решеток. В полученной трехмерной картине можно выделить гексагональную подрешетку, ось [001] которой будет соответствовать направлению [111] в кубической решетке. Теоретически рассчитанные параметры этой гексагональной псевдорешетки $a_{\text{hex}} = 2.527$, $c_{\text{hex}} = 6.186$ Å очень хорошо согласуются с экспериментально определенными параметрами решетки розово-лилового алмаза.

Затем изученная частица была расколота на несколько еще более мелких частей, для которых также были получены дифракционные картины. С учетом их малых размеров и того, что раскалывание происходит в первую очередь вдоль двойниковых границ, можно было предполагать, что они не будут содержать микродвойников. Действительно, полученные дифракционные картины отвечали кубической структуре алмаза ($a_{\text{cub}} = 3.567$ Å).

Таким образом, проведенные рентген-дифракционные исследования полностью подтвердили наличие микродвойников в розово-лиловых кристаллах алмаза и позволили наблюдать необычные дифракционные картины. Это в свою очередь свидетельствует о том, что эпигенетическая пластическая деформация алмазов происходила в природе не только по механизму скольжения дислокаций, как считалось ранее (Орлов, 1984), но и по механизму механического микродвойникования. Очевидно, что условия дезинтеграции глубинных пород и последующей транспортировки алмазов к поверхности Земли кимберлитовыми и лампроитовыми магмами были весьма разнообразными, что приводило к развитию различных типов деформаций. Анализ данных многочисленных экспериментальных работ по механическому нагружению алмазов позволяет реконструировать особенности условий, при которых проявлялись различные типы пластических деформаций в природе, и свидетельствует, в частности, о том, что образованию механических микродвойников способствовали относительно низкие температуры деформаций и ударное приложение нагрузок (Titkov et al., 2012).

Орлов Ю.Л. Минералогия алмаза. М.: Наука, 1984. 264 с.

Mineeva R.M., Speransky A.V., Titkov S.V., Zudin N.G. The ordered creation of paramagnetic defects at plastic deformation of natural diamonds // *Physics and Chemistry of Minerals*. 2007. V. 34. № 2. P. 53-58.

Titkov S.V., Shigley J.E., Breeding C.M., Mineeva R.M., Zudin N.G., Sergeev A.M. Natural-color purple diamonds from Siberia // *Gems and Gemology*. 2008. V. 44. N 1. P. 56-64.

Titkov S.V., Krivovichev S.V., Organova N.I. Plastic deformation of natural diamonds by twinning: the evidence from X-ray diffraction studies // *Mineralogical Magazine*. 2012. V. 76. N 1. P. 143-149.