

Ю. Л. ОРЛОВ, Ю. А. ДУДЕНКОВ, Ю. П. СОЛОДОВА

ВОЛОКНИСТЫЙ РОСТ, ИК-СПЕКТРЫ И ВКЛЮЧЕНИЯ КАРБОНАТОВ В КУБИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ АЛМАЗА

Среди алмазов из кимберлитовой трубки Удачная (Якутия) нередко встречаются непрозрачные, мутные серого и темно-серого цвета алмазы кубической формы. Для кубических граней этих кристаллов характерно блочное строение. На поверхности их наблюдаются следы слабого растворения: четырехугольные углубления — фигуры травления, округление ребер, трещинообразные каналы травления. Для детального исследования из нескольких таких кристаллов были выпилены пластины, параллельные плоскостям $\{100\}$, что позволило изучить их внутреннее строение, снять ИК-спектры и рентгено-дифракционные топограммы.

В результате исследования выявлено, что кристаллы имеют зональное строение. Кристаллы отличались друг от друга количеством зон и насыщенностью последних черными и субмикроскопическими бесцветными включениями, обуславливающими окраску и помутнение отдельных зон. Все кристаллы имели волокнистое строение, которое хорошо выявлялось характерными узорами аномального двупреломления. На рис. 1 приведена фотография одной из пластин, выпиленной из кубического кристалла этой разновидности. Центр кристалла совершенно черный, непрозрачный, насыщен черного цвета включениями (графита?). Вокруг темного ядра развита непрозрачная светлая зона, имеющая сахаровидное строение в связи с наличием в ней большого количества белых субмикроскопических включений. Внешняя зона полупрозрачная, светло-серая, содержит рассеянные включения черного цвета в виде пластинок, располагающихся по плоскостям $\{111\}$.

При просмотре пластины в поляризационном микроскопе во внешней полупрозрачной зоне отчетливо видно ее волокнистое строение: в углах квадрата пластины наблюдаются прямые линии, идущие параллельно диагонали квадрата, а в центральной части граней куба видна сетка пересекающихся линий, идущих в направлении $\langle 110 \rangle$. Рентгено-дифракционная топограмма показала, что волокнистое строение имеют и две внутренние зоны этого кристалла, что трудно установить оптическим методом из-за непрозрачности этих зон. Волокнистый рост начался из центра кристалла, и его текстура аналогична видимой в прозрачной пластине, выпиленной из другого кубического кристалла, в котором отсутствуют окрашенные зоны, сильно насыщенные включениями (рис. 2). Кристаллы с аналогичной текстурой описывались ранее [1, 2]. Таким образом, видимое зональное строение кристалла по кубу, не свидетельствует о том, что он рос гранями $\{100\}$: каждая зона представляет собой отдельные стадии волокнистого роста, в течение которых условия и состав среды кристаллизации менялись. Первоначально кристаллизация происходила в условиях, близких к кривой равновесия графит — алмаз, что обусловило одновременное выделение двух кристаллических фаз углерода (черная центральная зона). Затем условия изменялись: графит уже не выделялся, а растущий алмаз интенсивно захватывал другие компоненты среды кристаллизации. На последней стадии роста кристаллизовался чистый алмаз, с незначительным количеством сингенетичного графита.

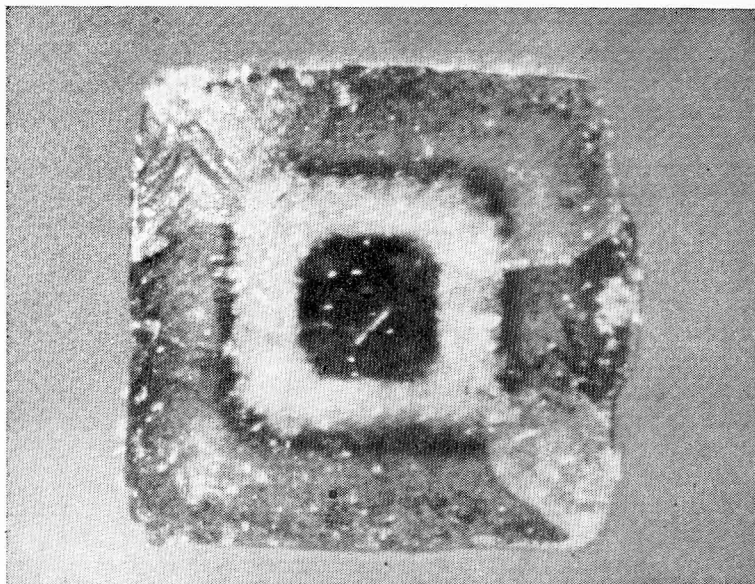


Рис. 1. Пластина алмаза, выпиленная из кубического кристалла параллельно (100). Отчетливо выражена зональность по кубу

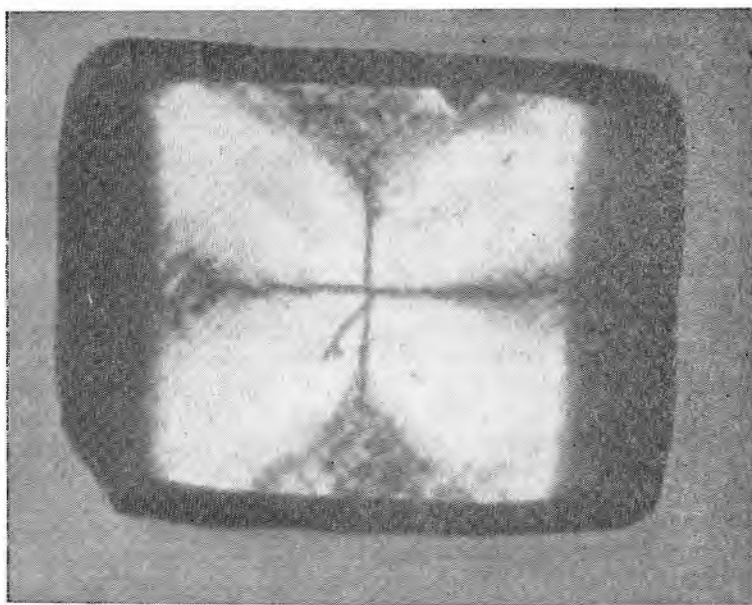


Рис. 2. Волокнистая текстура, видимая в узоре двупреломления в пластине алмаза, выпиленной из кубического кристалла параллельно (100)

Данные инфракрасной спектроскопии позволяют сделать некоторые выводы о составе «бесцветных включений» и примесных дефектах. На рис. 3 приводится спектр поглощения в ИК-области, снятый с центральных зон пластины, изображенной на рис. 1. Как видно, в спектре проявляется система полос поглощения с головной линией 1282 см^{-1} . Коэффициент поглощения при этой линии достигает высоких значений $\alpha_{1282} = 120\text{—}130 \text{ см}^{-1}$, что в пересчете на содержание азота по формуле

$N=5,8 \cdot 10^{18} - \alpha_{1282}$ [3] соответствует его содержанию $7-7,5 \cdot 10^{20}$ атм/см³. Кроме того, в спектре проявляется линия 3107 см⁻¹, приписываемая локализованному валентному колебанию C—H [4, 5].

В спектре отсутствуют системы полос поглощения B_1 и B_2 с головными линиями 1175 см⁻¹ и 1370 см⁻¹ соответственно. Эти системы полос поглощения связываются с дефектными центрами в структуре алмаза в форме сегрегаций азота в плоскостях {111} и {100}.

Очень интересной особенностью спектра поглощения описываемого кристалла алмаза является наличие широкой полосы с максимумом 1400—1450 см⁻¹, а также полос 1095 см⁻¹ и 880 см⁻¹. Положение максимумов, форма и соотношение интенсивностей этих полос соответствует спектрам поглощения карбонатов [5—7]. В 1967 г. Чренко с соавторами

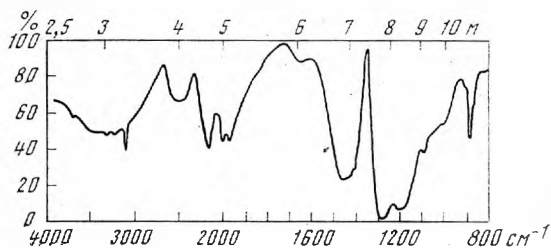


Рис. 3. Спектр поглощения в ИК-области, снятый с центральной части пластины, изображенной на рис. 1. Снимок сделан на двухлучевом спектрофотометре РЕ-325

описали спектры поглощения в ИК-области, снятые ими с трех зон алмаза с оболочкой. Ими отмечено, что в спектре поглощения зоны, представляющей собой мутную оболочку, в которой находились микроскопические включения, наблюдались полосы 1430 см⁻¹ и 880 см⁻¹, которые были приписаны включениям карбонатов, и полосы 3400 см⁻¹ и 1640 см⁻¹, обусловленные присутствием в составе включений воды. Спектр поглощения исследованного нами кристалла из месторождения Удачная аналогичен спектру, полученному Чренко и др. с алмаза из Конго. Имеются весьма веские основания сделать вывод, что в центральных зонах кристалла из трубки Удачная находятся включения карбонатов.

Аналогичные спектры поглощения были получены с целого ряда пластин, вырезанных из кристаллов алмаза кубической формы с этого же месторождения, имеющих такую же морфологию, как и вышеописанный, детально исследованный кристалл.

Анализируя полученные данные и ранее известные сведения, опубликованные в литературе относительно свойств кристаллов алмаза, имеющих волокнистое строение, можно сделать следующие общие выводы.

1. Кроме обычного, нормального роста, октаэдрическими гранями кристаллы алмаза развиваются путем волокнистого роста. В одних случаях волокнистый рост начинается на гранях нормально выросшего октаэдрического кристалла, который является ядром, вокруг которого развивается волокнистая оболочка. Таким образом, возникают хорошо известные, так называемые алмазы с оболочкой (coated diamonds). По мере развития волокнистой оболочки октаэдрическая форма трансформируется в кубическую [8]. В других случаях центральное кристаллическое ядро имеет микроскопические размеры. Волокнистый рост начинается от этого ядра как из центра. На промежуточных стадиях кристалл имеет форму сферических кубоидов, конечной формой роста является куб. Если условия роста на отдельных стадиях роста изменяются и происходит неравномерный захват включений или изменение их состава, то промежуточные формы кристалла хорошо видны в их разрезах в связи с четкой зональностью. Однако видимая зональность по кубу, образованная очертаниями промежуточных форм роста, не отражает истинного волокнистого характера развития кристалла.