

УДК 548.3

ТИПЫ ДИСЛОКАЦИЙ В ОЛИВИНЕ ИЗ МЕТЕОРИТОВ

Г.И.ДОЛИВО-ДОБРОВОЛЬСКАЯ,
В.Д.КОЛОМЕНСКИЙ

Кристаллы оливина космического происхождения широко используются как природные детекторы ядерных излучений при поиске сверхтяжелых элементов в метеоритах [5, 9]. Выявление треков от остановок космических ядер производится при помощи избирательного химического травления. Вместе с треками на протравленных срезах обнаруживаются фигуры травления, вызванные собственными дефектами структуры кристалла: дислокациями, скоплениями точечных дефектов, примесными неоднородностями. Фигуры травления от фоновых дефектов затрудняют точную идентификацию треков, поэтому выделение отличительных признаков, присущих трекам или другим видам протяженных дефектов структуры, является важной задачей.

Характерными особенностями, отличающими треки от дислокаций, можно считать следующие [6]:

- 1) протяженность дефектов (треки имеют начало и конец, а дислокации не имеют);
- 2) поведение дефектов при отжиге (треки могут залечиваться, а дислокации, обладающие вектором сдвига - вектором Бюргерса, не могут);
- 3) геометрические признаки формы ямок травления (плоскодонная у радиационных и остроконечная - у дислокаций).

В работах [2, 3] эти признаки были дополнены. В основу дискриминации треков от фоновых дефектов структуры была положена точная кристаллографическая ориентировка дефектов фона и случайная ориентировка радиационных дефектов. Дальнейшее развитие исследований геометрии дефектов дало возможность предложить способ определения типов дефектов структуры [1], в основу которого были положены, с одной стороны, симметричные закономерности структурных дефектов, а с другой, принципы избирательности химического травления.

Ранее дислокации в оливине определялись только рентгено-дифракционным методом [7]. Например, в оливине из дунитов были обнаружены дислокации с осями вдоль $[001]$, $[100]$, $[101]$ и $[0pr]$ и с вектором Бюргерса $[100]$ [7]. Способ, предложенный в работе [3], оказался более простым и удобным. Он может быть применен для любых кристаллов, содержащих дефекты структуры, но с учетом класса симметрии изучаемого кристалла, а также режима и состава применяемого травителя.

Состав и режим избирательного травителя для оливина известен и отработан [5, 8]. С его помощью на полированных срезах (001) и (010) выявляют-

а)

б)

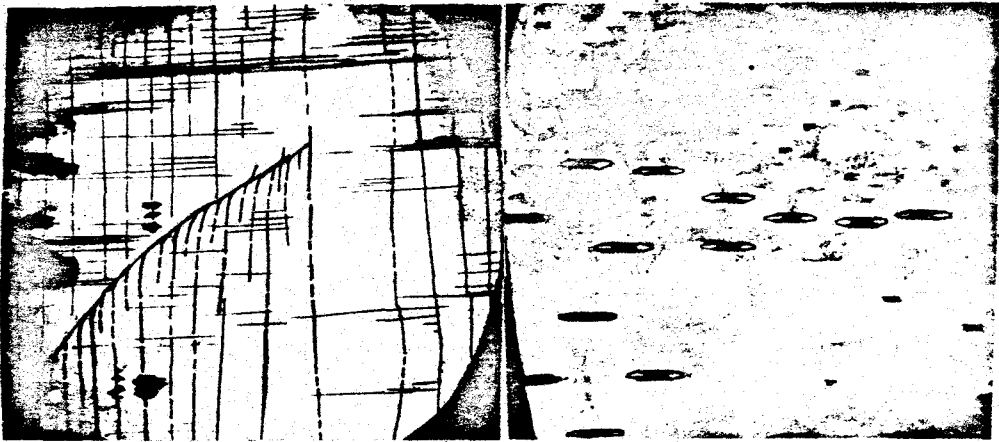


Рис.1. Протравленные сколы оливины: а - срез (010), увеличение 80, отраженный свет; б - срез (001), увеличение 240, проходящий свет, николи скрещены

ся дислокации в форме ограниченных ямок травления. Дислокации могут располагаться либо хаотично, либо выстраиваться вдоль кристаллографических направлений (рис.1).

Симметричные закономерности дефектов структуры в оливине заключаются в следующем. Известно, что пространственная группа оливина $R\bar{3}m$, точечная группа - $m\bar{3}m$. Симметрия дислокаций, возможных в наиболее симметричных структурах, отвечает пяти группам [4]: I ; 2 ; m_1 ; m_{11} и $2m$ (рис.2). Суперпозиция группы симметрии дислокаций с точечной группой оливина дает все возможные пять групп симметрии, т.е. в оливине возможны дислокации, подчиняющиеся симметрии $2m$; m_1 ; m_{11} ; 2 и I . Очевидно, что кристаллографическая ориентировка дислокаций с той или иной группой симметрии должна быть различной. Рассмотрим все возможные случаи симметрии дислокаций и формы ямок травления для кристаллов оливина.

I. Дислокации с симметрией $2m$ могут располагаться только вдоль направлений $[001]$. Вектором Бюргера их должно быть направление $[010]$ или $[100]$. Дислокации краевые. Если вектор Бюргера дислокаций с осью $[001]$ будет также $[001]$, то дислокации будут винтовыми, и тогда их симметрия будет подчиняться подгруппам 2 или I . Форма ямок травления на перпендикулярных к $[001]$ плоскостях будет различной: для краевых дислокаций - ямки ромбического сечения с острой вершиной и гранными формами, подчиняющимися подгруппам $2m$, m_{11} или m_1 (рис.3,а), для винтовых - ямки ромбического сечения с острой вершиной и гранными формами, подчиняющимися подгруппам симметрии 2 или I (рис.3,б).

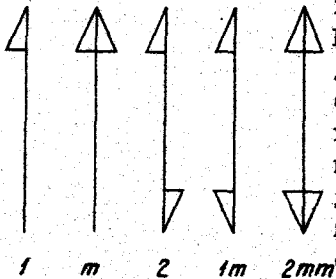


Рис.2. Группы симметрии дислокаций, возможные в структуре оливина

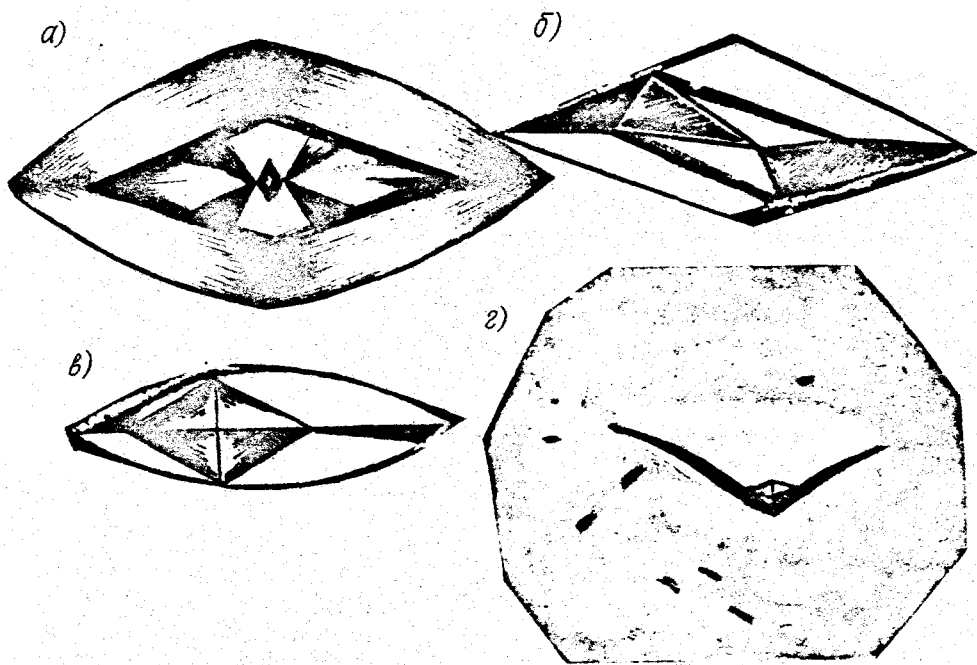


Рис.3. Ямки травления на плоскости (010) оливина, соответствующие дислокациям с симметрией $2m$ (а), m (б), 1 (г). Увеличение 850, отраженный свет, интерференционный контраст

2. Дислокации с симметрией m могут располагаться по направлениям $[110]$, $[101]$ или $[011]$, а также $[pqr]$, $[p0r]$ или $[0qr]$. Набором этих же направлений будет ограничиваться и вектор Бюргерса и для краевых, и для винтовых дислокаций. Ямки травления от краевых дислокаций на плоскостях (001), (100) и (010) имеют ромбическое сечение, острую вершину и гранные формы, отвечающие подгруппе симметрии m (m_1 или m_2) (рис.3,в). Ямки, соответствующие винтовым дислокациям, в которых ось и вектор Бюргерса параллельны, будут обладать пониженной симметрией 1 (рис.3,г).

3. Дислокации с симметрией 1 должны располагаться вдоль низкосимметричных направлений $[pqr]$. Их существование в структуре кристалла маловероятно и не было отмечено при экспериментальных исследованиях.

Выявление дислокаций и установление их типа по предложенной методике дает возможность проводить простую и надежную идентификацию имеющихся в кристалле линейных дефектов структуры. Так, в изученных образцах оливина из метеорита Марьялахти было обнаружено большое число треков различного облика и протяженности, капиллярных включений [1, 2], а также дислокации трех типов: краевые, винтовые и смешанные. Ориентировка осей дислокаций совпадала с направлениями $[010]$, $[001]$ и $[110]$, внешняя симметрия ямок подчинялась группам m , $2m$ и 1 . Эти признаки позволили надежно отличать дислокации от других видов дефектов структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 971923 (СССР).
2. Доливо-Добровольская Г.И., Коломенский В.Д., Гаврилова Н.Н., Перелыгина В.П., Стеценко С.Г. Треки тяжелых космических ядер и дефекты структуры в кристаллах оливина из палласитов. - Геохимия, 1976, № 10.
3. Доливо-Добровольская Г.И., Коломенская В.Д., Перелыгина В.П., Стеценко С.Г. Идентификация треков тяжелых ядер и дефектов структуры в природных кристаллах. - Минералогический журнал, 1982, т. 4.
4. Мокшевский В.А. Некоторые особенности скольжения в кристаллах и симметрия дислокаций. - Изв. АН СССР, сер. физ., 1978, т. 37, № 11.
5. Отгонсурах О., Перелыгина В.П. Об идентификации следов тяжелых ядер первичного космического излучения в минералах из метеоритов. - Атомная энергия, 1974, т. 37, № 1.
6. Флеров Г.Н., Берзина И.Г. Радиграфия минералов, горных пород и руд. М., Атомиздат, 1979.
7. B o l a n d J.N., B u i s k o o l - T o x o r e u s I.M.A. - 3-th Int. Congr. on Electron Microscopy, Canberra, 1974, v.1.
8. F l e i s c h e r R.L., P r i c e P.B., W a l k e r R.M. Nuclear tracks in Solids. 1975.
9. F l e r o v G.N. et al. Geochemical Cosmochemical Acta, 1976, v.40, p.305-307.