Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LIV, вып. 2, 1968 г.

УДК 548.326

МОРФОЛОГИЯ ИНДУКЦИОННЫХ ГРАНЕЙ НА КРИСТАЛЛАХ

Г. И. Доливо-Добровольская

Поверхности срастания кристаллов можно отнести к самым широко распространенным объектам кристалломорфологии, частным случаем которых являются индукционные поверхности кристаллических сростков.

Гониометрическое изучение индукционных поверхностей на кристаллических сростках различных минералов проводилось рядом исследователей [Ферсман, 1922; Шафрановский, Григорьев, 1948; Франк-Каменецкий, 1948; Мокиевский, Шафрановский 1957; Дементьева, 1963]. В результате установлено, что комплексы индукционных граней (псевдограни), слагающие поверхности срастания, либо относятся к характерным кристаллографическим зонам данного вещества, либо занимают случайное положение (отвечают зоне иррационального символа). В целом облик индукционных поверхностей чрезвычайно многообразен. Обычно они представлены набором псевдограней, количество и расположение которых определяется взаимной ориентацией срастающихся кристаллов.

Для закономерных сростков кристаллов (сростки, обладающие суммарной симметрией $3m$, $4mm$, 32, 42, m) справедливо правило, согласно которому видимая симметрия индукционной поверхности определяется суммарной симметрией сростка [Дементьева, 1963]. Индукционные грани обоих срастающихся кристаллов в них соответствуют кристаллографическим зонам. В таблице приведены элементы суммарной симметрии каждого сростка и видимой симметрии его индукционной поверхности. Для построения таблицы использованы данные гониометрического изучения сростков кристаллов алюмокалиевых квасцов *.

Группы бесцветной и двухцветной симметрии сростков кристаллов (класс $m3m$) и их индукционных поверхностей

Симметрия сростка (бесцветные группы)	Антисимметрия (двухцветные группы)	
	сростка	индукционной поверхности
$3m$	$6'mm'$	$6'mm'$
$\bar{3}m$	$\bar{6}/mm'm'$	$6'/mm'm'$
3	$32'$	$32'$
$4mm$	$4mm$	$4mm$
$\bar{4}2m$	$\bar{8}'/mm'm'$	$\bar{8}'/mm'm'$
4	$42'$	$42'$
m	m	mm'

* Внешняя форма кристаллов квасцов отвечает элементам симметрии класса $m3m$ (действительная симметрия квасцов $m\bar{3}$).

Для каждого вида сростка следует определять также элементы антисимметрии соприкасающихся индукционных поверхностей. Индукционные грани, образующиеся на срастающихся кристаллах, примыкают друг к другу так, что выступу на поверхности одного индивида соответствует углубление на поверхности другого. Индукционные поверхности являются классическим примером третьего вида равенства по классификации А. В. Шубникова [1951] — совместимого антиравенства.

При срастании различных по размеру кристаллов на малом кристалле всегда образуется положительная (выпуклая) индукционная поверхность, которая слагается собственно индукционными гранями, а на большом кристалле — отрицательная (вогнутая). При этом положительная индукционная поверхность составлена собственно индукционными гранями, которые соответствуют характерным кристаллографическим зонам данного вещества. Отрицательная индукционная поверхность слагается главным образом из индукционных граней — отпечатков. Грани-отпечатки относительно кристаллографических осей своего кристалла в большинстве случаев имеют сложные или иррациональные символы. Таким образом, собственно индукционные грани представляют собой по терминологии А. Е. Ферсмана [1922] индуктирующие грани, а грани-отпечатки — индуктируемые.

Грани-отпечатки, присутствующие на отрицательной индукционной поверхности, в основном повторяют строение собственно индукционных граней, при этом наиболее отчетливо — простых кристаллографических символов. Так, исключительно отчетливо проявляется сходство в строении индукционных граней {*110*}, {*001*} и {*111*} на сросшихся кристаллах алюмокалиевых квасцов. На соответствующей отрицательной индукционной поверхности наблюдаются отблески от совершенно таких же индукционных ступенек, какие имеются на положительной индукционной поверхности. Даже форма сигналов от этих граней во многих случаях совершенно аналогична, что свидетельствует о способности индукционных граней (индуктирующих форм) вызывать появление индуктируемых граней-отпечатков.

Возникновение псевдограней, сложенных собственно индукционными гранями или гранями-отпечатками, определяется взаимным положением кристаллов в сростке. Для удобства рассмотрения выгодно использовать понятие ребер срастания, под которыми следует понимать отрезки линий пересечения плоскостей срастающихся граней. Оказывается, что количество основных псевдограней, возникающих при совместном росте кристаллов, равно числу ребер срастания. При этом индукционные ребра, отделяющие друг от друга индукционные грани, сохраняют параллельность ребру срастания.

Если в процессе роста внешняя форма срастающихся кристаллов остается без изменения, то число возникших в начале роста псевдограней также не изменяется. С изменением же габитуса кристаллов в процессе роста появляются новые ребра срастания, а значит, и новые псевдограни.

Положительная и отрицательная индукционные поверхности особенно отчетливо выделяются на сростках кристаллов, принадлежащих двум различным зарождениям. Большой кристалл I (раннего) зарождения играет роль подложки, к которой прирастает малый кристалл II зарождения. В начале совместного роста малый кристалл соприкасается с большим кристаллом какой-нибудь из своих граней. Ребра, ограничивающие эту грань, играют роль ребер срастания. Очевидно, они рациональны по отношению к малому кристаллу и вместе с тем представляют случайные направления относительно кристаллографических осей большого кристалла. В итоге псевдограни малого кристалла сложены собственно индукционными гранями, а большого — гранями-отпечатками.

В качестве примера рассмотрим индукционные поверхности на сростке кристаллов граната-гроссуляра тетрагон-триоктаэдрического габитуса. Помимо граней {*112*} присутствуют небольшие по размеру грани {*110*}. Кристаллы срастались в произвольном положении так, что в ориентировке их относительно друг друга не наблюдается каких-либо закономерностей.

Они принадлежат двум различным зарождениям: большой — к I, а приросший к нему малый кристалл — к II зарождению. В результате совместного роста на малом кристалле образовалась положительная индукционная поверхность, а на большом — отрицательная Количество псевдограней, их очертания и наклон на положительной и отрицательной индукционной поверхности одинаковы. Слагающие их индукционные грани представляют собой очень узкие, ровные и гладкие ступеньки, что свидетельствует о спокойном и равномерном росте кристаллов.

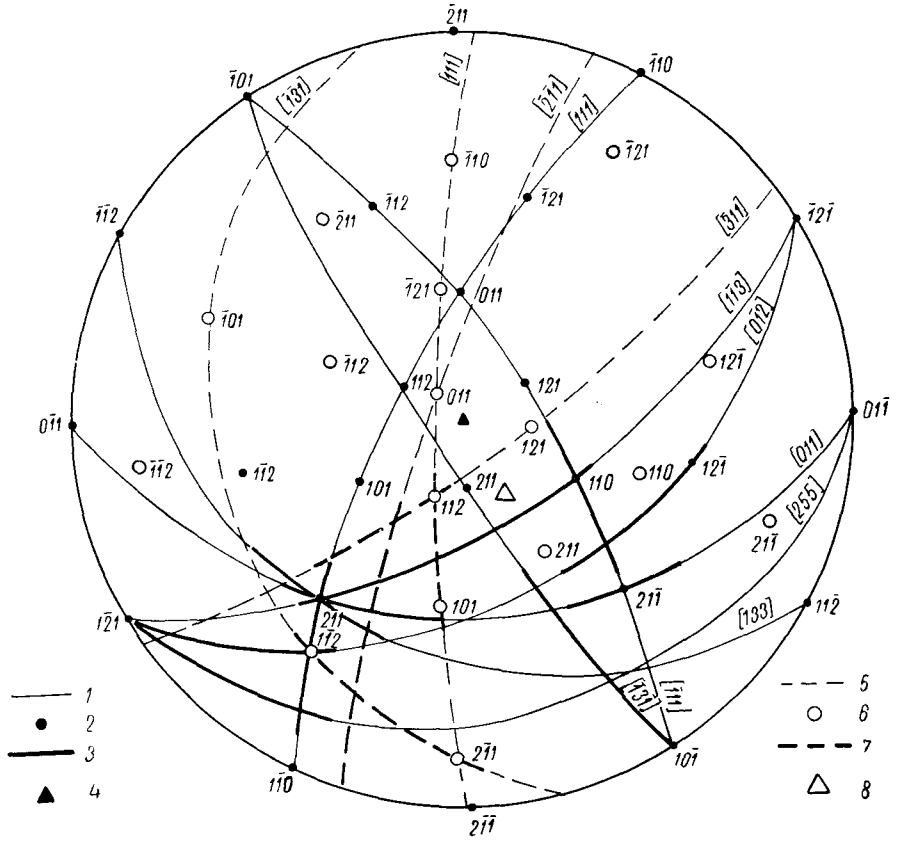


Рис. 1. Сводная стереографическая проекция индукционных граней на сростке кристаллов граната.

1 — кристаллографические пояса малого кристалла; *2* — гномостереографические проекции граней малого кристалла; *3* — гномостереографические проекции серий собственно индукционных граней малого кристалла; *4* — ось симметрии 3 малого кристалла; *5* — кристаллографические пояса большого кристалла; *6* — гномостереогеографические проекции граней большого кристалла; *7* — гномостереографические проекции серий собственно индукционных граней большого кристалла; *8* — ось симметрии 3 большого кристалла.

Результаты измерения кристаллов показали, что от индукционной поверхности каждого кристалла образуется одинаковое число световых лучей. Световые лучи от положительной индукционной поверхности малого кристалла ложатся в основном в характерные кристаллографические пояса [*111*], [*311*], [*133*], [*255*], [*012*]. Три световых луча от индукционной поверхности малого кристалла занимают положение, не соответствующее каким-либо поясам с простыми символами. Большая часть световых лучей, полученных от псевдограней отрицательной индукционной поверхности большого кристалла, не отвечает его кристаллографическим поясам. Лишь три луча соответствуют зонам простого символа — [*111*], [*211*], [*311*]. После сложения результатов измерения обоих кристаллов на сводной стереографической проекции (рис. 1), где кристаллы повернуты относительно друг друга так, как они находились при срастании, становится ясно, что световые

лучи от отрицательной индукционной поверхности большого кристалла ложатся в важнейшие пояса малого. Следовательно, положительная индукционная поверхность, возникшая на малом кристалле, сложена в основном собственно индукционными гранями, а отрицательная на большом кристалле — индукционными гранями-отпечатками.

На поверхностях срастания обычно развиваются индукционные грани, относящиеся к тем же простым формам, что и габитусные грани, или к отрезкам поясов, проходящих через них. Большая часть индукционных граней на кристаллах граната (рис. 1) соответствует формам {*112*} и {*110*} или поясам [*111*], [*211*], [*311*], [*133*], [*255*]. Уменьшение или увеличение скорости роста отдельных граней в сростках приводит к изменению наклона образующихся псевдограней, а замена прежних габитусных форм новыми приводит к выклиниванию псевдограней одних кристаллографических зон и появлению псевдограней других зон.

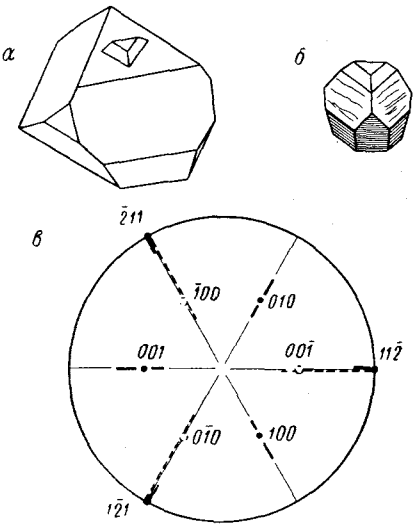


Рис. 2. Изменение морфологии индукционной поверхности в связи с изменением условий роста кристаллов.

Внешний вид: *а* — сростка кристаллов квасцов, который выращивался сначала в обычном растворе, а затем в растворе с примесью буры; *б* — кристалла-полувростка. Видно выклинивание псевдограней {*hhl*} и изменение строения псевдограней {*hkk*}; *в* — гномостереографические проекции индукционных граней кристалла-полувростка.

Подобные изменения облика индукционной поверхности, вызванные изменениями условий кристаллизации, были прослежены на примере сростков кристаллов квасцов. Для изменения габитуса была использована особенность кристаллов алюмокалиевых квасцов принимать форму куба, если в растворе содержится примесь буры. При этом грани октаэдра полностью исчезают. Выращивая сросток кристаллов сначала в обычном растворе, а затем в растворе с примесью буры, можно наблюдать, как псевдограни {*hhl*} постепенно выклиниваются и исчезают, а псевдограни {*hkk*} резко изменяют угол наклона и сильно разрастаются, причем наибольшая часть индукционных граней на них относится к граням {*001*} (рис. 2).

Выклинивание одних псевдограней и появление других представляет особый интерес при изучении индукционных поверхностей на кристаллах минералов, так как свидетельствует об изменении физико-химических условий роста и соответственно об изменении габитусных форм кристалла. Изменение габитуса в период его образования в некоторых случаях бывает трудно расшифровать, поэтому тщательное исследование морфологии индукционных поверхностей, часто присутствующих на природных кристаллах, имеет важное значение.

Следует отметить нередко наблюдаемые случаи перестройки индукционных поверхностей. При совместном росте кристаллов на границе раздела почти всегда отмечаются многочисленные включения захваченного раствора, который обычно состоит из тонких пленок и капель между соприкасающимися гранями или прослоек, приуроченных к месту сочленения индукционных ребер индивидов. Наличие законсервированного раствора на границе срастания кристаллов обусловливает возможность переотложения и частичную перестройку индукционной поверхности. Последние, покрытые множеством узких граней, обладают повышенной свободной поверхностной энергией. Растворимость индукционных граней, принадлежащих различным кристаллографическим формам, часто с весьма сложными символами (серии граней {*hhl*}, {*hkk*}, {*hkl*}, образующие непрерывные световые лучи на

гониометре), очевидно, различна. Это вызывает частичное растворение вещества на гранях сложных символов, переотложение его и разрастание граней с простыми символами (рис. 3).

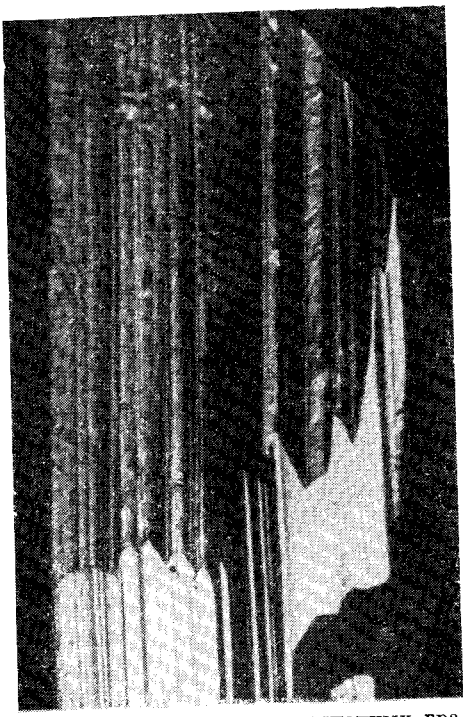


Рис. 3. Разрастание индукционных граней (*001*) на псевдограни {*hkk*} в сростке кристаллов квасцов.

Перестройка поверхностей на границе срастания кристаллов протекает в направлении приобретения кристаллами более равновесного ограничения, уменьшении числа индукционных ступенек, т. е. уменьшения величины свободной поверхностной энергии, замены граней со сложными символами гранями простых кристаллографических форм, характерных для данного вещества, замены граней-отпечатков собственными гранями.

Индукционные поверхности, претерпевшие перестройку, характеризуются наличием ровных гладких площадок, широких ступенек, отвечающих граням с простыми символами, наличием участков, подвергшихся растворению, и отсутствием антиравенства между соприкасающимися псевдогранями.

Таким образом, опыт исследования индукционных поверхностей показывает, что их морфология отчетливо характеризует процесс роста и развития кристаллов. Изучение морфологических особенностей поверхностей срастания позволяет получить ценные дополнительные сведения о последовательности роста и формирования кристаллических агрегатов, что в ряде случаев может иметь важное теоретическое и практическое значение.

ЛИТЕРАТУРА

Дементьева Г. И. Об индукционных поверхностях на кристаллах. ЗВМО, ч. 92, вып. 4, 1963.

Мокиевский В. А., Шафрановский И. И. Симметрия, антисимметрия и псевдосимметрия индукционных поверхностей. Кристаллография, т. 2, вып. 1, 1957.

Ферсман А. Е. Элементы разграничения двух одновременно кристаллизующихся веществ. ДАН СССР, сер. А, 1922.

Франк-Каменецкий В. А. Строение поверхностей срастания кристаллов барита. ЗВМО, ч. 77, вып. 3, 1948.

Шафрановский И. И., Григорьев Д. П. О поверхности соприкосновения кристаллических индивидов. ЗВМО, ч. 77, вып. 3, 1948.

Шубников А. В. Симметрия и антисимметрия конечных фигур. Изд-во АН СССР, 1951.