УДК 549.651.24

А.П.СИМАКОВ
Геолого-разведочный факультет,
группа МГП-02, ассистент профессора

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МАЛОУГЛОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НАНОНЕОДНОРОДНОСТЕЙ В КРИСТАЛЛАХ ИРИЗИРУЮЩЕГО ЛАБРАДОРА

Проведены исследования иризирующего и неиризирующего лабрадора методом малоуглового рентгеновского рассеяния для длины волны 1,51 ангстрем (Cu – альфа). Исследованию подвергались пластины толщиной 0,1-0,2 мм, вырезанные перпендикулярно кристаллографической оси *c*. Для проведения эксперимента использовалась рентгеновская установка с *U*-образным коллиматором Кратки.

Впервые обнаружено рассеяние двух типов: анизотропное и изотропное. Анизотропное рассеяние характерно только для иризирующих лабрадоров. Оно наблюдается под углами 1-5 мрад и уменьшается с увеличением угла рассеяния. Изотропное рассеяние имеет максимум под углом 8 мрад, положение которого не зависит от иризации образца.

Анизотропное рассеяние предположительно связывается с дефектами структуры иризирующих кристаллов, характерные размеры которых 500-1500 ангстрем. Изотропное рассеяние, по-видимому, определяется структурными элементами, линейные размеры которых составляют 150-180 ангстрем.

Small-angle X-ray scattering at the wavelength of 1,51 Å was studied in samples of iridescent and non-iridescent labradorite. The samples were labradorite plates 0,1-0,2 mm thick, cut perpendicularly to the *c* crystallographic axis. For the experiments, the X-ray facility with *U*-shaped Kratky collimator was used.

Scattering of two types, anisotropic and isotropic ones, was found for the first time. The anisotropic scattering is more typical of iridescent labradorites. It is observed at the angles of 1-5 mrad and decreases with the increase in scattering angle. Isotropic scattering reaches its maximum at the angle of 8 mrad, the maximum position being the same for all investigated samples both iridescent and non- iridescent.

Anisotropic scattering is possibly connected to structural defects in iridescent crystals, whose typical dimensions are 500-1500 Å. Obviously, isotropic scattering is determined by structural specific features with linear dimensions of approximately 150-180 Å.

Природа широко известного явления иризации полевых шпатов, в частности лабрадора, на сегодняшний день достоверно не выяснена. Выдвинутые гипотезы не дают достаточно полного объяснения этому явлению. Этот вопрос продолжает оставаться открытым и составляет одну из минералогических загадок.

Явление иризации в лабрадоре связывается с натрий-кальциевым перестеритовым распадом твердого раствора, который имел место в процессе охлаждения кристаллов. Эффект иризации создается интерференцией лучей света на перестеритах – тончайших пластинках, различающихся по составу основных химических компонентов. Есть основания полагать, что перистеритовые пластинки в кристаллах лабрадора ориентированы по {081}, т.е. под углом около 15 ° к плоскости пинакоида {010}.

Для изучения кристаллов лабрадора, с которыми связывают явление иризации, был использован метод малоуглового рентгеновского рассеяния, позволяющий, как известно*, исследовать неоднородно-

* *Афанасьев А.М.* Рентгенодифракционная диагностика субмикронных слоев / А.М.Афанасьев, П.А.Александров, Р.М.Имамов. М.: Наука, 1989.

сти вещества на наноуровне. Для исследования полевых шпатов этот метод ранее не применялся, хотя является вполне перспективным для выявления в кристаллах нанонеоднородностей, фиксации их линейных размеров и определения пространственной ориентировки.

Использована рентгеновская установка с *U*-образным коллиматором Кратки*. Это устройство позволяет получить узкий рентгеновский пучок с весьма незначительным

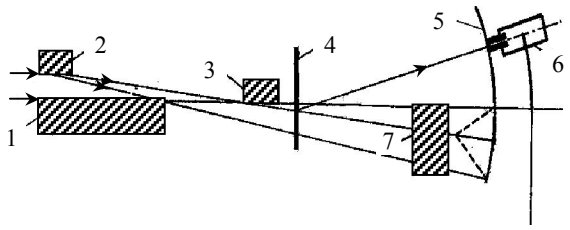


Рис.1. Устройство *U*-образного коллиматора рентгеновских лучей системы Кратки
1, 2, 3 – плитки-ограничители; 4 – исследуемая пластинка лабрадора; 5 – плоскость детектора; 6 – полупроводниковый фотомножитель; 7 – плитка-ловушка

собственным рассеянием (рис.1). Такой результат достигается следующим образом.

Грани металлических плиток-ограничителей, «вырезающие» пучок, хорошо отполированы и лежат строго в одной плоскости. Поверхность последнего ограничителя практически не рассеивает в верхнее полупространство. Ловушка, верхняя грань которой при юстировке совмещается с краем первичного пучка, устраняет попадание первичных лучей в плоскость детектора, где интенсивность рассеяния образца регистрируется через фотоумножитель и обрабатывается с помощью компьютерной программы. На время съемки в камере создается вакуум для снижения паразитного рассеяния.

Таким образом, рамочная коллимационная камера Кратки позволяет полностью избавиться от диафрагменного рассеяния и определить структурные элементы, линейные размеры которых лежат в пределах 100-1500 ангстрем. Использовалась рентгеновская трубка с медным катодом, дающая излучение с длиной волны 1,51 ангстрем. Рассеяние рентгеновского излучения фиксировалось под углами от 0,8 до 100 мрад относительно центра масс первичного пучка.

Исследовались пластинки 10 × 10 мм и толщиной порядка 0,1 мм, вырезанные из трех кристаллов лабрадора по {001}. Пластинки помещались в рентгеновскую камеру в специальном зажиме, который позволял изменять ориентировку кристаллографической оси *a* относительно щели коллиматора.

При обработке полученных данных учитывалось поглощение образцом рентгеновских лучей, удалялся собственный фон камеры и теневой ток фотоумножителя. Полученный в результате расчетов график зависимости интенсивности рассеянного излучения от угла рассеяния представлен на рис.2.

Во всех исследованных образцах лабрадора было выявлено изотропное рассеяние (рис.2) от объектов размером около 150 ангстрем. Установлено, что положение максимума изотропного рассеяния мало за-

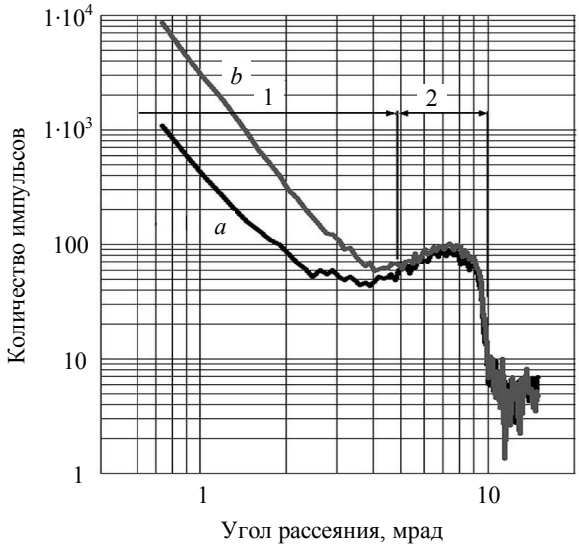


Рис.2. График зависимости интенсивности углового рассеяния иризирующего лабрадора (в импульсах по оси ординат) от угла рассеяния (в миллирадианах по оси абсцисс). Положение образца в установке: ось *a* параллельна щели коллиматора; ось *b* ориентирована под 45° к щели коллиматора
1 – область анизотропного рассеяния; 2 – область изотропного рассеяния

* *Бекренев А.Н.* Рассеяние рентгеновских лучей под малыми углами. Основы теории эксперимента / А.Н.Бекренев, Ю.С.Терминасов. Куйбышев: Изд-во Куйбышевского авиационного ин-та, 1979.

висит от степени иризации лабрадора. Следовательно, вероятность причинной связи иризации с такими объектами мала. На приведенном графике видно, что положение максимума изотропного рассеяния также не зависит от ориентировки кристаллографической оси *a*, что свидетельствует об изометричности рассеивающих объектов в данных срезах кристаллов.

Теоретически возможна связь данного рассеяния как с полисинтетическим двойникованием лабрадора на наноуровне, так и со структурой распада твердого раствора.

Зафиксировано также анизотропное рассеяние (рис.2), характерное преимущественно для ярко иризирующих лабрадоров, тогда как в слабо иризирующем исследованном индивиде оно практически отсутствует. Весьма вероятно, что именно эта область рентгеновского рассеяния характеризует те особенности лабрадора, с которыми непосредственно связано явление иризации.

Научные руководители: проф. *М.А.Иванов*, доц. *В.Л.Федоров*