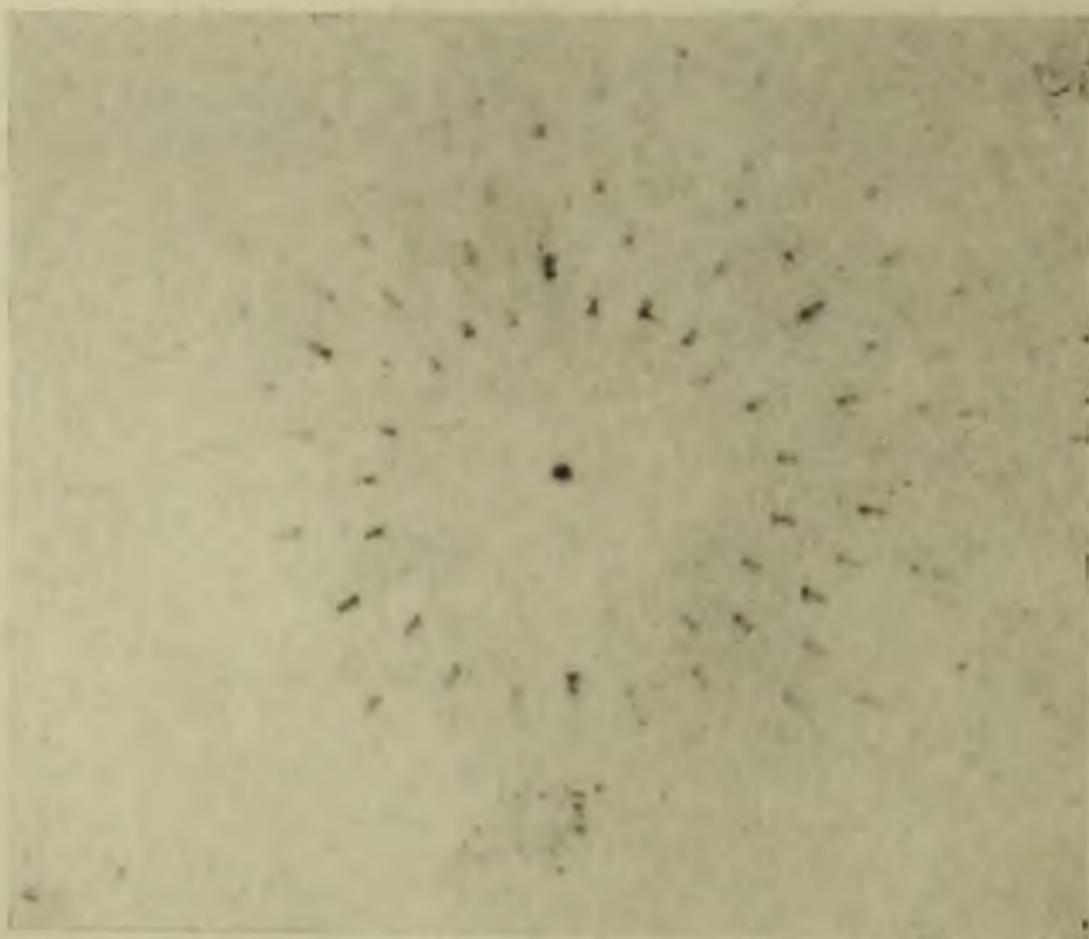


В. И. Авунджян и П. А. Безирганян

**Определение направления пьезоэлектрических колебаний  
 с помощью рентгеновской дифракционной картины**

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Н. М. Кочаряном 19/X 1965)

Как известно (<sup>1-5</sup>), при совершенных кристаллических шлифованных и полированных толстых образцах наблюдаются расщепления рентгеновских дифракционных пятен на лауэграмме — все пятна лауэграммы окажутся двойными (фиг. 1). Эту раздвоенность пятен можно объяснить тем, что внутренняя совершенная часть кристалла отражает слабее, а шлифованные и полированные разрушенные поверхностные слои отражают сильнее. Далее известно, что нарушение каким-то образом внутренней совершенной структуры увеличивает отра-



Фиг. 1. Лауэграмма неколеблущегося кристалла.

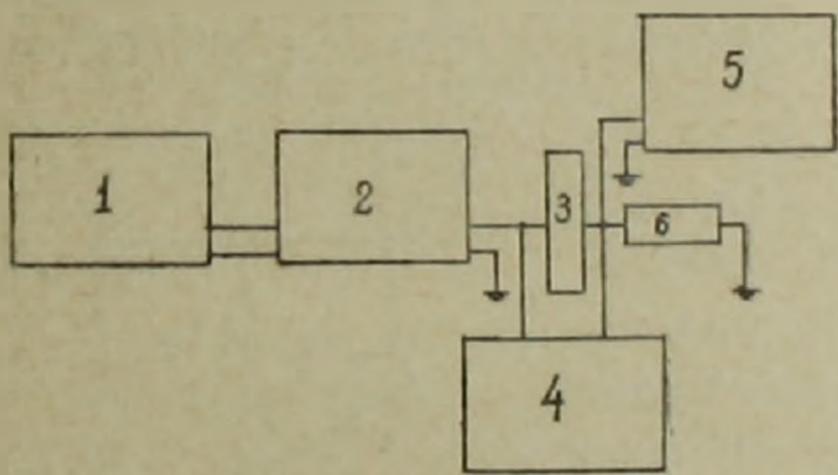
жающую способность этой части, и исчезает раздвоение пятен. В частности, подвергая пьезоэлектрическим колебаниям кристаллическую решетку, можно нарушить внутреннюю кристаллическую совершенную структуру таких образцов и, таким образом, слить в одну раздвоенные части пятен.

В работе (<sup>6</sup>) показано, что если кристалл рассмотреть как систему зеркально отражающих плоскостей, то все атомы данной плос-

кости этой системы (независимо от структуры) будут рассеивать в одинаковых фазах, и если пьезоэлектрические колебания рассеивателей происходят в этих плоскостях, то интенсивность отражения не будет зависеть от таких колебаний. С другой стороны, там же показано, что пьезоэлектрические колебания максимально влияют на интенсивность отражения в том случае, когда они перпендикулярны к отражающим плоскостям. Итак, одним из выражений влияния ультразвуковых колебаний на интенсивность рассеяния рентгеновских волн является то, что при более толстых совершенных кристаллах исчезает расщепление пятен лауэ, и это исчезновение происходит тем сильнее и быстрее, чем ближе направление пьезоэлектрических колебаний к направлению нормали отражающих плоскостей. Следовательно, исследуя зависимость степени исчезновения раздвоенности пятен лауэ от направления отражения, мы можем определить направления пьезоэлектрических колебаний.

Действительно, так как при жестком первичном рентгеновском излучении лауэграмма очень богата пятнами—во всех направлениях имеется отражение, то, исследуя исчезновение раздвоенности различных пятен в зависимости от пьезоэлектрических колебаний, мы можем найти те системы плоскостей, на которых влияние этих колебаний максимально. Тогда, без труда, с достаточной точностью можем определить направление пьезоэлектрических колебаний.

Для этой цели нами был поставлен следующий опыт. Кварцевый стержень размерами  $27 \times 3 \times 3$  мм, механическая ( $Y$ ), электрическая



Фиг. 2. Блок-схема колебания кварца: 1—генератор сигналов; 2—усилитель; 3—кварц; 4—вольтметр; 5—осциллограф; 6—сопротивление.

( $X$ ) и оптическая ( $Z$ ) оси которого соответственно были ориентированы по его длине, толщине и ширине ( $X$  срез), от сигнал-генератора приводился в колебание на основной собственной частоте (резонанс) по длине ( $Y$ ). Электрическое переменное поле было направлено по оси ( $X$ ) (фиг. 2, (6)). Узкий пучок рентгеновского белого излучения

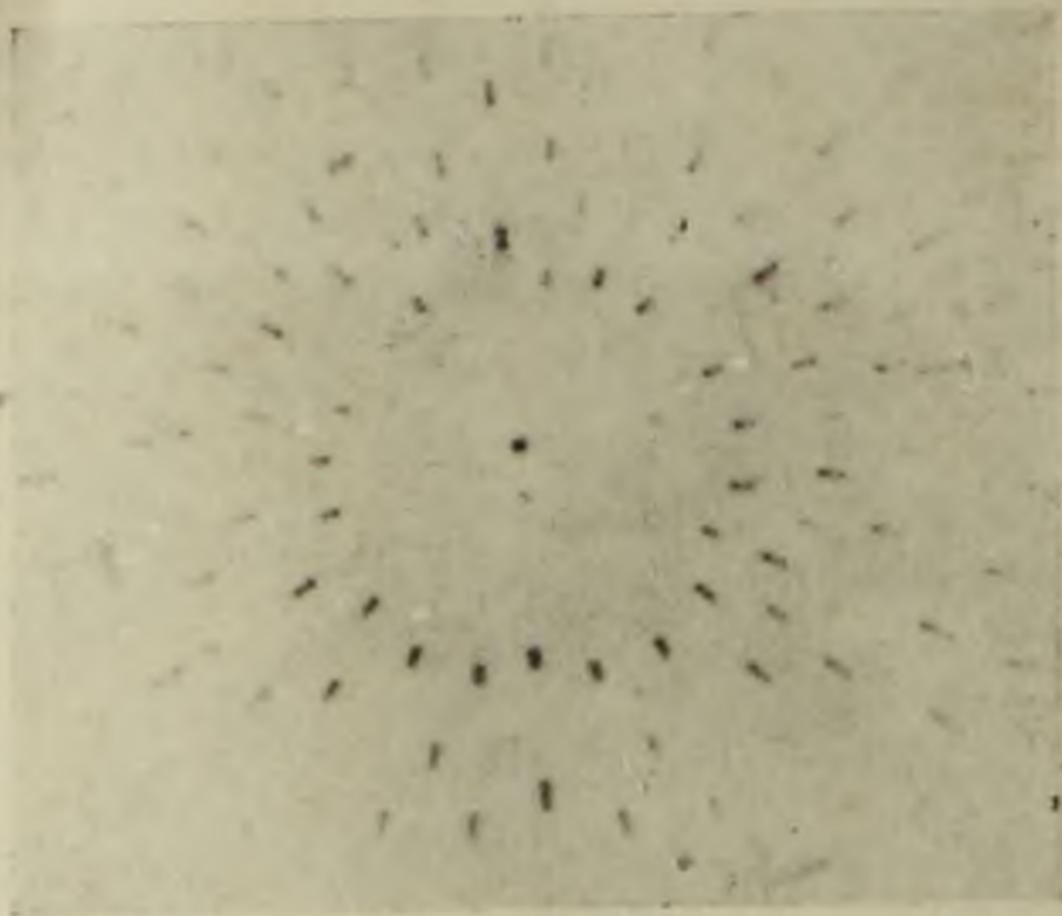
по направлению оси  $Z$  падал на поверхность  $X'Y'$ , рентгеновская пленка была поставлена перпендикулярно к первичному пучку. Таким образом, была получена лауэграмма без колебания кристалла и при колеблющемся кристалле.

Эксперимент показал, что возбужденные колебания влияли только на интенсивность лауэ пятен, расположенных на верхней части (выше экваториальной линии) лауэграммы (фиг. 3), —исчезли раздвоенности только этих пятен, а раздвоенность пятен, расположенных на нижней части рентгенограммы, сохранилась.

Не трудно догадаться о том, что такая анизотропия в исчезновении раздвоенности лауэ пятен обусловлена тем, что пьезоэлектри-

ческие колебания в нашем образце, в кристалле кварца, происходили не в направлении оси  $Y$ , а под каким-то углом относительно этой оси.

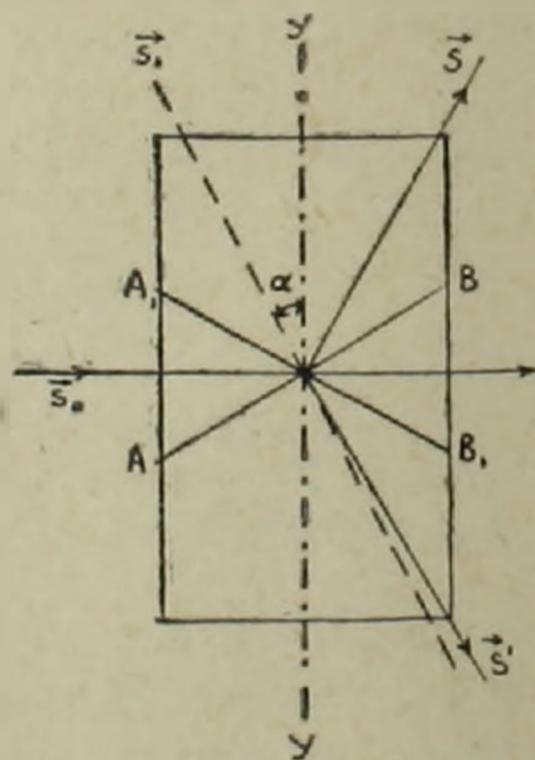
Действительно, допустим, что пьезоэлектрические колебания с максимальной амплитудой направлены под углом  $\alpha$  относительно оси



Фиг. 3. Лауэграмма колеблющегося кристалла.

$Y$  (фиг. 4). На фиг. 4 единичный вектор  $\vec{s}_0$  показывает направление падения,  $\vec{s}_1$  — направление пьезоэлектрических колебаний,  $AB$  — плоскость, отражающая вверх,  $A_1B_1$  — отражающая вниз,  $s$  — направление

волны, дифрагированной вверх, а  $s'$  — направление волны, дифрагированной вниз. Как видно из рисунка, если пьезоэлектрические колебания почти перпендикулярны к плоскостям, отражающих вверх ( $AB$ ), то они будут параллельны плоскостям, отражающих вниз ( $A_1B_1$ ), поэтому они влияют на интенсивность верхних пятен и не влияют на интенсивность нижних пятен. Исследуя изменение интенсивности (микрофотометрированием) лауэ пятен в зависимости от пьезоэлектрических колебаний и от их направления расположения, мы нашли, что максимально исчезла раздвоенность тех пятен, нормали отражающих плоскостей которых расположены приблизительно под углом  $19^\circ$  относительно оси  $Y$ .



Фиг. 4. К исчезновению раздвоенности лауэ-пятен.

Оказывается, что этот результат вполне соответствует действительности, так как по данным Штраубеля (<sup>1</sup>) в кварцевых стержнях, вырезанных обычным способом (X срез), колебания по длине никогда не возбуждаются точно по оси Y. Колебания с максимальной амплитудой происходят под углом 19° относительно оси Y.

Таким образом, из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. С помощью дифракционной картины рентгеновских лучей можно с достаточной точностью определить истинные направления пьезоэлектрических колебаний мотивов кристаллов.

2. С помощью лауэграмм, полученных от кристаллов, подвергнутых пьезоэлектрическим колебаниям, можно составить картину пространственного распределения амплитуд колебаний мотивов кристаллов и, таким образом, от этой картины получить пространственную картину зависимости упругих постоянных от направления.

Ереванский государственный университет

Վ. Ի. ՀԱՎՈՒՆՁՅԱՆ և Պ. Ն. ԲԵՋԻՐԳՅԱՆՆԵՐ

**Ռենդգենյան դիֆրակցիոն պատկերի օգնությամբ պլեզոէլեկտրական առանումների ուղղության որոշումը**

Հաստ կվարցյա բյուրեղներից լատեգրամներ նկարելիս, բծերը ստացվում են կրկնակի, որոնց միջակայքը լցվում է, երբ բյուրեղը կատարում է պլեզոէլեկտրական տատանումներ:

Աշխատանքում ուսումնասիրված է վերոհիշյալ լցման կախումը բյուրեղում տատանումների ուղղությունից: Ցույց է տրված, որ ուսումնասիրելով լցման բաշխումը ռենդգենյան ճառագայթների դիֆրակցիոն պատկերի վրա, կարելի է բավարար ճշտությամբ որոշել պլեզոէլեկտրական տատանումների ճշգրիտ ուղղությունը, կարելի է կազմել տատանումների ամպլիտուդի տարածական բաշխման պատկերը և նրա օգնությամբ ստանալ բյուրեղի առաձգական հաստատումների կախումը ուղղությունից:

**ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ**

<sup>1</sup> С. Нишикава, И. Сакисака, И. Сумото, Note on „The Effect of Piezoelectric Oscillation on the Intensity of X-Ray Reflections from Quartz, Phys. Rev., 38, 1078, 1931. <sup>2</sup> Ч. С. Баррет, К. Е. Хой, X-Ray Reflection from Inhomogeneously Strained Quartz, Phys. Rev., 39, 889, 1932. <sup>3</sup> Дж. М. Корк, „Laue Patterns from Thick Crystals at Rest and Oscillating Piezoelectrically“—Phys. Rev., 42, 749, 1932. <sup>4</sup> М. И. Колби, С. Гарис, Effect of Etching on the Relative Intensities of the Components of Double Laue Spots Obtained from a Quartz Crystal, Phys. Rev., 43, 562, 1933. <sup>5</sup> Дж. В. Фокс, В. А. Фрейзер, X-Ray Extinction in Piezoelectrically Oscillating Crystals, Phys. Rev. 47, 899, 1935. <sup>6</sup> П. А. Безирганян, В. И. Авунджян, „Кристаллография“, в печати. <sup>7</sup> А. Бергман—Ультразвук и его применение в науке и технике, Изд. иностр. лит., М., 1957.