

## РАССЕЯНИЕ СВЕТА В ТОЧКЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В КРИСТАЛЛАХ КВАРЦА С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ НЕСОВЕРШЕНСТВА

А. А. Аникьев, М. Умаров

В работе [1] было показано, что аномальное рассеяние света при  $\alpha \leftrightarrow \beta$  фазовом переходе в кристаллах кварца, наблюдаемое авторами классической работы [2], имеет статическую природу. Однако до настоящего времени остается невыясненным вопрос о происхождении этих статических неоднородностей. Одной из возможных причин может быть рассеяние света на собственных несовершенствах структуры кварца, эффективный размер которых возрастает в точке перехода. В пользу данного предположения можно отнести результаты работы [3], где наблюдалась эмпирическая зависимость интенсивности рассеяния света в точке фазового перехода от добротности образцов кварца, определяемой радиотехническим методом

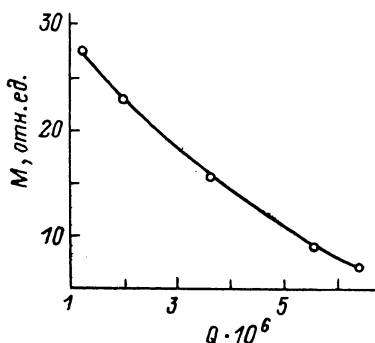


Рис. 1. Зависимость величины  $M = I_s(T_c)/I_s(T_{\text{комн}})$  отношения интенсивностей рассеяния света при температуре фазового перехода и комнатной температуре от величины добротности  $Q$  пяти образцов кварца.

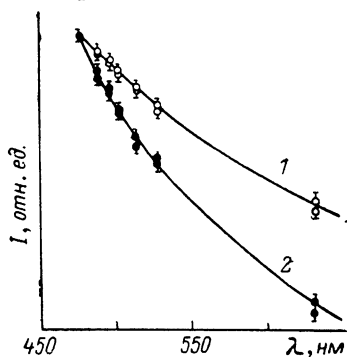


Рис. 2. Зависимость интенсивности рассеяния в точке фазового перехода кварца от длины волны падающего излучения для двух образцов кварца природного и искусственного происхождения.

Интенсивность рассеяния на длине волны  $\lambda = 476.5$  нм для образцов синтетического кварца нормирована на соответствующее значение для природного кварца.

по затуханию второй гармоники кварцевого пьезорезонатора. Однако в [3] интенсивность рассеяния света не была отнесена к интенсивности рассеяния при комнатной температуре.

В настоящей работе проведены более детальные измерения интенсивности рассеяния света при комнатной температуре и в точке фазового перехода на образцах природного и синтетического кварца с измеренными значениями акустических потерь методом рассеяния Брэгга света на ультразвуке в области частот 750 кГц—490 МГц.

Измерения проводились на 12 образцах кварца, из которых 4 были природного и 8 синтетического происхождения высокого оптического качества, вырезанных в форме параллелепипедов размерами  $12 \times 10 \times 4$  мм из блоков с известными добротностями. Тем не менее для каждого образца получены коэффициенты поглощения ультразвука на частоте 490 МГц и определены акустические потери  $Q^{-1}$ .

Интенсивность квазиупругого рассеяния  $I_s(\lambda, T)$ , нормированная на интенсивность линейно-поляризованного падающего света  $I_0$ , и интенсивность рассеяния при комнатной температуре регистрировались с использованием модернизированного монохроматора ДФС-24 с решетками, фиксированными на длине волны падающего света в целях максимального

подавления вклада комбинационного рассеяния. Использовалась стандартная 90-градусная схема с плоскостью рассеяния, перпендикулярной оптической оси. В качестве источников света выделялись пять линий аргонового ИЛЛ-120 и линия гелий-неонового ЛГ-38 лазеров с длинами волн 476.5, 487.9, 496.5, 514.5, 528.7, 632.8 нм. Рассеянный в образце свет собирался телескопической системой, включающей в себя тепловые фильтры, диафрагмы и поляризаторы.

Температурные измерения выполнялись в двойном термостате с оптическими окнами, оборудованном оригинальной системой ступенчатой подачи мощности с программным управлением скоростью нагрева, контроля относительной и абсолютной температур. Абсолютное значение температуры измерялось калиброванной платиновой термопарой, градиент температуры контролировался хромель-алюминиевыми термопарами. Проблема стабилизации температуры в точке фазового перехода устранялась использованием методики регистрации интенсивности при непрерывном нагреве и охлаждении образца со скоростью 0.1—1 К/ч. Погрешность в измерении температуры  $\pm 0.01$  К, градиент температуры  $\pm 0.05$  К. Вся спектральная информация формировалась в виде массивов параметров и обрабатывалась на микро-ЭВМ ДЗ-28.

Результаты экспериментов показали, что интенсивность рассеяния света в точке фазового перехода, нормированная на интенсивность рассеяния при комнатной температуре в образцах кварца, является возрастающей нелинейной функцией акустических потерь (рис. 1). При этом максимальное значение  $I_s(T_c)/I_s(T_{\text{комн}})$  соответствует образцу с максимальными акустическими потерями  $Q^{-1}$ . Отметим, что акустические потери измерялись нами в интервале частот 750 кГц—450 МГц, для которого их величина может определяться движением дислокаций. Можно думать, что именно дислокациями вызвано упругое рассеяние света в нашем случае.

В качестве дополнительной проверки данного предположения нами были проведены измерения зависимостей интенсивности рассеяния света в точке фазового перехода кварца от длины волны возбуждения. Результаты для двух типичных образцов природного (1) и синтетического (2) кварца приведены на рис. 2. В образцах синтетического кварца хорошо выполняется закон Рэлея  $I_s \sim \lambda^{-4}$ , в то время как для образцов природного кварца  $I_s \sim \lambda^{-2}$ . В исследованном интервале длин волн показатель преломления кварца меняется незначительно, поэтому можно предположить, что в точке фазового перехода кристаллов синтетического кварца рассеяние света происходит на неоднородностях с размерами  $d \ll \lambda$ , а в образцах природного кварца — на несовершенствах структуры размерами  $d \gg \lambda$ . Именно в образцах природного кварца наблюдаются максимальные значения акустических потерь.

Таким образом, наблюдаемая корреляция между интенсивностью рассеяния света в точке фазового перехода и величиной акустических потерь, измеряемых радиочастотным методом на образцах с различными  $Q$ , позволяет предположить, что аномальное рассеяние происходит на несовершенствах структуры. Этот вывод подтверждается результатами зависимости интенсивности рассеяния от длины волны падающего света.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Shapiro S. M., Cummins H. Z. // Phys. Rev. Lett. 1968. V. 21. N 23. P. 1578—1582.
- [2] Яковлев И. А., Величкина Т. Е., Михеева Л. Ф. // Кристаллография. 1956. Т. 1. № 1. С. 123—134.
- [3] Умаров М., Салахутдинов Ф., Спасов Л. // Тез. докл. III Всес. конф. по КРС. Красноярск, 1986. С. 346—347.

Физико-технический институт им. С. У. Умарова  
АН ТаджССР  
Душанбе

Поступило в Редакцию  
16 апреля 1990 г.