

света, электрический вектор которого параллелен магнитному полю. В слабом световом поле расщепление магнитных подуровней атома определяется эффектом Зеемана (слабое магнитное поле) или эффектом Пашена—Бака (сильное магнитное поле, разрывающее связь угловых моментов атома). В сильном световом поле возможно наблюдение спектров типа Пашена—Бака и в слабом магнитном поле, когда связь угловых моментов разрывается за счет поля волны.

Ввиду этого внешнее магнитное поле может оказаться полезным для определения квантовых чисел резонансов, наблюдаемых при многофотонной ионизации благородных газов [8]. В частности, в работах [9] наблюдался резонанс в вероятности 13-фотонной ионизации атома Ne в поле рубинового лазера напряженностью $5 \cdot 10^7$ В/см. Авторы работ приписывают наблюдавшийся резонанс уровню $11 p$ [3/2] (расстройка с 12-ю квантами ~ 10 см $^{-1}$). Простые оценки показывают, однако, что взаимодействие с полем значительно превышает расстояние между уровнями невозмущенного атома в этой области спектра, поэтому вопрос об идентификации резонанса является далеко не очевидным. Нельзя, например, исключить возможность возникновения резонанса на водородоподобных уровнях $n \approx 25$ и $l \approx 10$, находящимися в этой же области спектра, которые из-за больших моментов методами одноквантовой спектроскопии не наблюдались и потому в таблицах атомных уровней отсутствуют. Включение магнитного поля параллельно электрическому полю волны позволило бы расщепить резонанс, а число наблюдаемых пиков может быть однозначно связано с моментом уровня. Так, если резонанс действительно связан с уровнем $11 p$, в магнитном поле он должен расщепиться на 5 подуровней, из которых один дважды вырожден, поскольку световое поле в данном случае разрывает связь l и j_0 , имеющую величину ~ 10 см $^{-1}$. Сведения о моменте резонанса можно также получить, изучая процесс в электрическом поле. Оба метода могут оказаться дополняющими друг друга.

Литература

- [1] А. М. Бонч-Бруевич, В. А. Ходовой. Усп. физ. наук, 85, 3, 1965.
- [2] A. Gold, V. Webb. Phys. Rev., 143, 1, 1966.
- [3] Д. А. Варшавович. Опт. и спектр., 25, 162, 1968.
- [4] Г. Бете, Э. Солпитер. Квантовая механика атомов с одним и двумя электронами. ФМ, М., 1958.
- [5] Б. А. Зон, Б. Г. Кацнельсон. ЖЭТФ, 65, 947, 1973.
- [6] В. А. Гринчук, Г. А. Делоне, К. Б. Петросян. Кр. сообщ. по физике (ФИАН), 1975.
- [7] Б. А. Зон. Опт. и спектр., 36, 838, 1974; 38, 420, 1975.
- [8] Н. Б. Делоне. Усп. физ. наук, 115, 361, 1975.
- [9] G. Baravian, R. Venattar et al. Appl. Phys. Lett., 18, 387, 1971.

Поступило в Редакцию 5 мая 1975 г.

УДК 535.32 : 548.0

ОСОБЕННОСТИ α — β -ПЕРЕХОДА В СИНТЕТИЧЕСКОМ КВАРЦЕ С ПРИМЕСЬЮ Fe

И. Т. Боднарь и В. К. Семенченко

Методом наименьшего отклонения были измерены показатели преломления призм, изготовленных из искусственного кварца с примесью Fe. Кварц был двух видов: со структурной примесью Fe (аметист) и зеленовато-бурый с неструктурной примесью Fe.

Согласно литературным данным [1], примесь Fe может входить в решетку кварца в виде ионов замещения или внедрения. Железо, подобно алюминию, в частности, замещающее атомы Si в решетке кварца, стремится концентрироваться в определенных зонах роста. Примесь Fe $^{3+}$ чаще всего является внедренной и находится в междоузлиях. При нагревании эта примесь осаждается в виде отдельной фазы голубого цвета, что наблюдалось также и при наших измерениях. Нагревание призм, изготовленных из искусственного кварца с примесью Fe, окрашенного в зеленовато-бурый цвет, вызывало изменение окраски: призмы становились ярко-голубыми и мутными, т. е. наблюдался тиндаль-эффект.

В кварце с примесью Fe $^{2+}$ ионы Fe могут иметь следующее окружение в решетке [2]: Fe $^{2+}$ -ион замещения сопровождается двумя внедренными щелочно-галогидными ионами; Fe $^{2+}$ -ион замещения сопровождается кислородной вакансией; Fe $^{2+}$ внедренный ион помещается вблизи и уменьшает зарядовую компенсацию для двух ионов замещения Fe $^{3+}$; Fe $^{2+}$ -ион замещения сопровождается внедренным ионом Fe $^{2+}$ для компен-

саши заряда; три замещающих иона Fe^{2+} сопровождаются двумя внедренными ионами Fe^{3+} для компенсации заряда. Такой способ вхождения Fe в решетку кварца непрерывным образом должен усложнять α - β -фазовый переход.

Проведенные нами измерения показателей преломления на призмах, изготовленных из кварца с примесью Fe (аметиста и окрашенного в зеленовато-бурый цвет), показали, что α - β -переход в них имеет неодинаковый характер и отличен от перехода в природном кварце [3].

Методика измерений была такой же, как в [3]. Наблюдалось поведение спектральных линий ртути, полученных с помощью кварцевой призмы от ртутной лампы ДРШ-500. Для измерений использовались главным образом зеленые линии Hg 5461 Å — обыкновенная и необыкновенная. Призма помещалась в печь с двумя окошками для входа и выхода световых лучей, расположенными под углом 41° . Использовались призмы с преломляющим углом $\sim 60^\circ$. Измерения проводились в процессе непрерывного нагревания или охлаждения. В области перехода нагрев происходил со скоростью не более 0.01 град./мин. Переход протекал следующим образом: при температуре $577.1^\circ C$ справа от линий α -фазы появился набор тонких линий, похожих на дифракционные. Основные линии (т. е. линии, принадлежащие α -фазе) при этой температуре

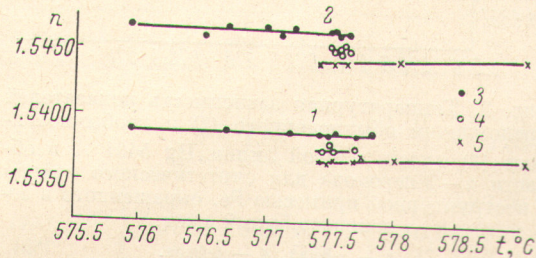


Рис. 1. Температурная зависимость показателей преломления обыкновенного (1) и необыкновенного (2) лучей зеленой линии Hg 5461 Å для синтетического кварца со структурной примесью Fe (аметист) в области α - β -перехода.

3 — α -фаза, 4 — промежуточная фаза, 5 — β -фаза.

несколько размыты. При повышении температуры далеко справа от основных линий появляется едва заметный след β -линии, дифракционная картина при этом не очень ясная. С увеличением температуры первые три дифракционные линии стали намного ярче, остальные смазаны. При этой температуре, кроме вышеуказанной особенности в дифракционной картине, имеется еще линия α -фазы и след β -линии. При дальнейшем повышении температуры дифракционная картина превращается в размазанный диффузный фон, в середине которого находится некоторая промежуточная фаза, причем на данном этапе перехода наблюдаются три линии: α -линия (самая яркая), α -промежуточная линия (менее яркая) и след линии β -фазы.

При дальнейшем увеличении температуры все линии сближаются, посередине размазанного диффузного фона выступают две промежуточные линии (первая промежуточная линия как бы раздваивается), при этом α -линия почти исчезла, остался ее едва заметный след, интенсивность β -линии увеличилась. Последующее повышение температуры приводит к тому, что все линии, кроме принадлежащей β -фазе, исчезают, а β -линия несколько смещается в сторону больших показателей преломления и становится очень яркой. Справа от β -линии имеется набор из очень тонких, несколько смазанных побочных линий, которые по мере роста температуры становятся отчетливей и затем постепенно исчезают. Переход занял температурный интервал $\sim 0.5^\circ$. В результате нагревания кварца обеспечился. Краткие температурной зависимости показателей преломления обыкновенного и необыкновенного лучей зеленой линии Hg 5461 Å приведены на рис. 1. К сожалению, построить вторую промежуточную линию нам не удалось.

В призмах, изготовленных из синтетического кварца, окрашенного в зеленовато-бурый цвет, α - β -переход происходит несколько иначе. Особенности его были следующие. При температуре $574.9^\circ C$ справа от каждой спектральной линии, принадлежащей α -фазе, появляется дифракционная картина с очень слабыми и нечеткими линиями. При повышении температуры дифракционная картина расширяется вправо, в сторону меньших показателей преломления. При температуре $574.9^\circ C$ каждая линия имеет слева, т. е. со стороны больших показателей преломления, размытую слабо выделяющуюся на общем фоне линии α -фазы; а правый край ее измеряем как линию, соответствующую β -фазе. Край диффузной полосы при дальнейшем росте температуры постепенно сближается, при этом левый край сдвигается вправо быстрее, чем правый край влево. Широкая размытая полоса сужается до тех пор, пока не остается одна единственная линия, соответствующая β -фазе. Эта линия (сначала довольно нечеткая) по мере увеличения температуры становится тонкой и яркой, размытость совершенно исчезает, переход закончен.

Во время перехода в широкой диффузной полосе вообще-то можно различить третью промежуточную линию, но она была едва заметной и существовала в очень коротком температурном интервале. После нагрева призма перестала быть прозрачной и приобрела голубой цвет вследствие осаждения Fe.

Линии α - и β -фаз сосуществовали в температурном интервале $\sim 0.3^\circ$. Кривые температурной зависимости обыкновенного и необыкновенного лучей зеленой линии ртути Hg 5461 Å для искусственного кварца с примесью Fe, окрашенного в зеленовато-бурый цвет, приведены на рис. 2.

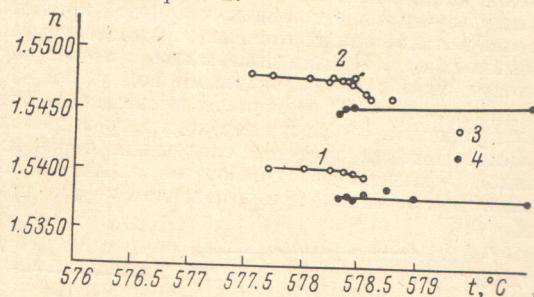


Рис. 2. Температурная зависимость показателей преломления обыкновенного (1) и необыкновенного (2) лучей зеленой линии Hg 5461 Å в области α — β -перехода для синтетического кварца с неструктурной примесью Fe, окрашенного в зеленовато-бурый цвет.

3 — α -фаза, 4 — β -фаза.

Мы полагаем, что промежуточные линии, появляющиеся во время перехода в аморфном состоянии, имеют флуктуационный характер, подобно появляющимся в некотором интервале температур вблизи перехода, зародышам β -фазы в α -фазе [3].

Возможность существования примесных фаз как в кварце с примесью Fe, так и в кварце с другими примесями, в частности Al [4] может быть качественно обоснована уравнением Вульфа $\sigma_i/l_i = \text{const}$, где σ_i — поверхностная энергия, относящаяся к i -й грани кристалла, l_i — перпендикуляр, опущенный из центра кристалла на i -ю грань.

При изменении поверхностной энергии грани, которая зависит от примеси, для сохранения механического равновесия кристалла необходимо, чтобы изменилась высота перпендикуляра, опущенного из центра кристалла на эту грань, что повлечет за собой изменение габитуса кристалла. Возможно, что новая равновесная форма кристалла с примесями может осуществиться при α — β -переходе, когда кристалл перестает быть устойчивым. Эта равновесная форма может существовать в очень небольшом температурном интервале, после чего переходит в β -фазу.

Литература

- [1] A. U. Cohen, E. S. Hodge. Phys. Chem. Sol., 7, 4, 1958.
- [2] A. U. Cohen, F. Nassan. Science, 167, 3915, 1970.
- [3] В. К. Семенченко, И. Т. Боднар. Опт. и спектр., 35, 98, 1973.
- [4] В. К. Семенченко, И. Т. Боднар. Опт. и спектр., 35, 575, 1973.

Поступило в Редакцию 10 июня 1975 г.

УДК 535.34 : 539.19

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОЛОС ПОГЛОЩЕНИЯ В ОБЛАСТИ 1—2 МКМ В ЖИДКОМ И ГАЗООБРАЗНОМ CO₂

Г. Г. Адикс

Для оценок пропускания в «окнах прозрачности» атмосферы Венеры требуются данные по ИК спектрам поглощения CO₂, полученные при больших поглощающих массах. Такого рода данные можно получить, используя спектры жидкого CO₂, в ко-