

Письма в ЖЭТФ, том 19, вып. 6, стр. 333 – 336

20 марта 1974 г.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В КРИСТАЛЛАХ Al_2O_3 , LiNbO_3 И $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$

В.А. Яковлев, Г.Н. Жижин

Методом нарушенного полного внутреннего отражения в области спектра $600 - 900 \text{ см}^{-1}$, соответствующей сильным полосам отражения кристаллов сапфира, ниобата лития и иттриевого феррита-граната, обнаружены поверхностные колебания. Прослежена зависимость их частоты от волнового вектора.

Поверхностные экситоны – возбуждения, затухающие вглубь кристалла и распространяющиеся только вдоль его поверхности [1], привлекают в настоящее время все большее внимание. Экспериментально обнаружены поверхностные колебания в ИК области в большом количестве кристаллов как кубических, так и анизотропных [2 – 5]. Это показывает, что существование поверхностных колебаний является не исключением, а, скорее, правилом в кристаллах, обладающих сильными полосами отражения.

Нами были выбраны кристаллы α - Al_2O_3 (сапфир), LiNbO_3 (ниобат лития) и $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ (иттриевый феррит-гранат). В области спектра $600 \div 900 \text{ см}^{-1}$, соответствующей сильным полосам отражения этих кристаллов, были обнаружены поверхностные фононы. Для исследования этих фононов и их взаимодействия со светом (поверхностных поляритонов) была использована методика нарушенного полного внутреннего отражения. Исследуемые кристаллы были вырезаны в форме пластин, которые прижимались к полуцилиндуру КРС-5 в приставке НПВО-1. Воздушный зазор между кристаллом и полуцилиндром можно было регулировать при помощи прокладок. Регистрация спектра проводилась на спектрофотометре ИКС-16. Измерения проводились в свете, поляризованном параллельно плоскости падения (в перпендикулярно поляризо-

ванном свете – поверхностные колебания не возбуждаются). Поляризатор ставился либо перед входной щелью монохроматора, либо после выходной щели в обоих пучках одновременно.

Для сапфира и ниобата лития, которые (в отличие от кубического кристалла иттриевого феррита-граната) являются одноосными кристаллами, спектр поверхностных колебаний должен зависеть от направления оптической оси [1, 6]. В исследованных нами образцах оптическая ось была перпендикулярна плоскости пластины. Изменение угла падения света θ в приставке позволяло прослеживать зависимость частоты поверхностного поляритона от волнового вектора, определявшегося [2–5] по формуле

$$K_x = \frac{\omega}{c} n \sin \theta , \quad (1)$$

где n – показатель преломления КРС-5.

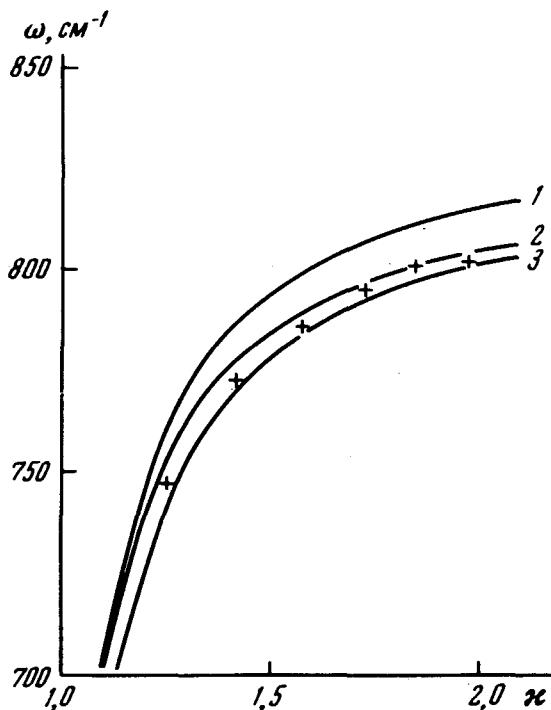


Рис. 1. Рассчитанные дисперсионные кривые для срезов: 1 – $C \parallel y$, 2 – $C \parallel z$, 3 – $C \parallel x$ и экспериментальные результаты для $C \parallel z$ кристалла сапфира (C – оптическая ось)

На рис. 1 – 3 показаны результаты измерений дисперсионных кривых для сапфира, ниобата лития и иттриевого феррита-граната соответственно. Наличие в литературе довольно полной информации о динамике решетки сапфира и ниобата лития, о частотах и силах осцилляторов [7, 8] позволило построить теоретические дисперсионные кривые для этих двух кристаллов. Для этого была использована формула [4]

$$\epsilon_x = - \frac{\left[\frac{\epsilon_x}{\epsilon_z} (\kappa_x^2 - \epsilon_z) \right]^{1/2}}{(\kappa_x^2 - 1)^{1/2}} \quad \kappa_x = K_x \frac{c}{\omega} , \quad (2)$$

где система координат, совпадающая с главными осями тензора диэлектрической проницаемости выбрана так, что ось z , перпендикулярна плос-

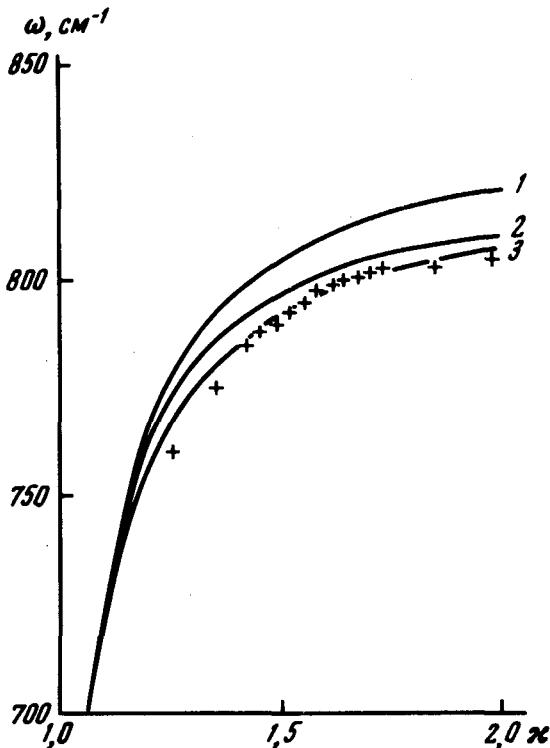


Рис. 2. То же, что и рис. 1 для кристалла ниобата лития

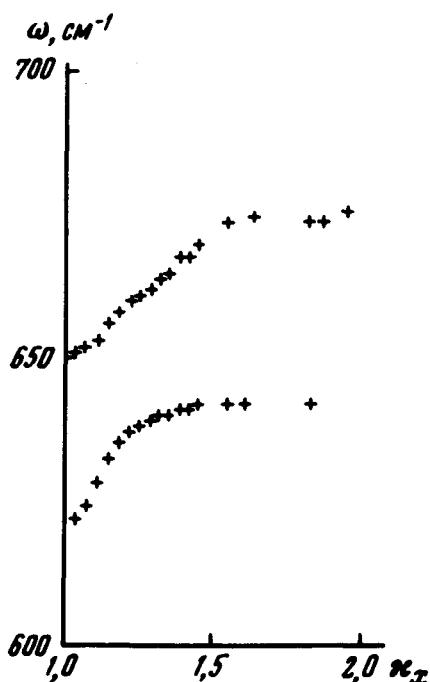


Рис. 3. Дисперсия поверхностных поляритонов в иттриевом феррите-гранате (эксперимент)

кости поверхности, а волновой вектор K_x направлен вдоль оси x . На рис. 1, 2 показаны теоретические кривые для трех ориентаций оптической оси вдоль осей выбранной системы координат. Экспериментальные точки лежат несколько ниже кривых дисперсии для соответствующего среза, что связано, по-видимому, с ангармонизмом [2]. На рис. 1 и 2 нет экспериментальных точек для κ_x близких к единице. Это связано с тем, что из-за расходимости светового пучка в элементе НПВО возникает разброс (см. формулу 1) значений волнового вектора. При малых K_x крутизна дисперсионных кривых возрастает и достигает для сапфира и ниобата лития очень большой величины, что приводит к резкому уширению пика поглощения, мешающему измерить его положение. Это явление не наблюдается для иттриевого феррита-граната, для которого, благодаря малой крутизне, дисперсионные кривые обоих, наблюдавшихся нами поверхностных поляритонов можно было проследить до $\kappa_x \approx 1$. В заключение можно отметить, что спектр поверхностных поляритонов иттриевого феррита-граната может дать возможность определить оптические постоянные в ИК области спектра, которые другими методами пока, по-видимому, не получены.

Поступила в редакцию
11 ноября 1973 г.

После переработки
18 декабря 1973 г.

Литература

- [1] В.М.Агранович. Теория экситонов, М., изд. Наука, 1968, гл. 8.
 - [2] В.В.Брыскин, Ю.М.Гербштейн, Д.Н.Мирлин. ФТТ, 14, 543, 1972.
 - [3] N.Marshall, B.Fisher. Phys. Rev. Lett., 28, 811, 1972.
 - [4] В.В.Брыксин, Д.Н.Мирлин, И.И.Решина. Письма в ЖЭТФ, 16, 445, 1972; ФТТ, 15, 1118, 1973.
 - [5] H.J.Falge, A.Otto. Phys. st. solidi, (b), 56, 523, 1973.
 - [6] В.Н.Любимов, Д.Г.Санников. ФТТ, 14, 675, 1972.
 - [7] A.S.Barker. Phys. Rev., 132, 1474, 1963.
 - [8] A.S.Barker, R.Loudon. Phys. Rev., 158, 443, 1967.
-