

ВЛИЯНИЕ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ НА ОТРАЖЕНИЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ ПОЛЯРИТОНЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КВАРЦА

Г.Н.Жижин, В.А.Яковлев, Г.Ширмер¹⁾

Получены спектры отражения и поверхностных поляритонов α -кварца, облученного ионами азота с энергией 100 и 200 кэВ. Показано, что простейшие модели поврежденного слоя при расчете не дают наблюдаемых изменений в спектрах.

¹⁾ Университет им. Ф.Шиллера, г.Йена, ГДР.

В настоящее время большой интерес представляет изменение структуры (и свойств) различных материалов в результате ионной имплантации. Такие структуры применяются, например, в интегральной оптике в качестве волноводов [1]. Для исследования таких систем можно использовать методы инфракрасной спектроскопии, позволяющей получить данные об изменении спектра оптических колебаний при воздействии на поверхность. При этом можно изучать как спектр внешнего отражения в области полос "остаточных лучей", так и спектры поверхностных оптических колебаний (поверхностных поляритонов) [2], которые, благодаря экспоненциальному убыванию их амплитуды при удалении от поверхности, весьма чувствительны к наличию на поверхности тонкой пленки. Поскольку частота колебаний в поврежденном поверхностном слое кристалла сдвигается не очень сильно, возможен резонанс поверхностного поляритона подложки с колебаниями пленки. Высокая чувствительность этого метода, теоретически обоснованного в [2, 3], была продемонстрирована в [4].

При ионной имплантации можно ожидать именно такую ситуацию, поэтому мы исследовали спектры отражения и поверхностных поляритонов кристаллического α -кварца, поверхность которого была обработана положительно заряженными ионами азота с энергией 100 и 200 кэВ и плотностью 10^{15} см⁻². При этом глубина поврежденного слоя составляла $\sim 0,25$ и $\sim 0,5$ мкм соответственно. Использовались две кварцевые пластинки размером $15 \times 15 \times 3$ мм³, вырезанные параллельно оптической оси. Облучалась ионами площадка размером 10×10 мм² на одной стороне пластины, другая сторона использовалась для сравнения.

Для регистрации спектров использовался инфракрасный спектрофотометр ИКС-16 с приставкой отражения ИПО-22 и приставкой нарушенного полного внутреннего отражения НПВО-1. Метод НПВО использовался для исследования спектров поверхностных поляритонов, поскольку неоднородная электромагнитная волна, существующая вблизи границы "призма полного внутреннего отражения – воздух", может возбудить поверхностный поляритон в кристалле, находящемся на небольшом расстоянии от границы. Волновой вектор полученного таким образом возбуждения определяется углом падения света в призме, а частота – оптическими свойствами кристалла и пленки на его поверхности. Подробнее использование НПВО для возбуждения поверхностных поляритонов описано в [2, 4] и указанной там литературе.

На рис.1 показано изменение спектра отражения для высокочастотной полосы "остаточных лучей" (свет поляризован перпендикулярно оптической оси) при облучении ионами с энергией 100 и 200 кэВ. При увеличении глубины поврежденного слоя наблюдается уменьшение отражения.

Расчет спектра отражения системы " α -кварц (оптические постоянные из [5]) – пленка толщиной 0,25 и 0,5 мкм" с различными оптическими постоянными, соответствующими разным моделям поверхностного слоя (в том числе различным окислам кремния) показал, что аналогичное показанному на рис.1 изменение отражения может быть получено при использовании нескольких моделей, т.е. полученной из спектра отражения информации недостаточно для выбора одной модели поврежденного слоя.

Спектры поверхностных поляритонов, полученные методом НРВО, дают дополнительную информацию об исследуемой системе. На рис.2 приведена полученная экспериментально дисперсия (зависимость частоты от волнового вектора) поверхностного поляритона для исходного образца и двух образцов, обработанных ионами.

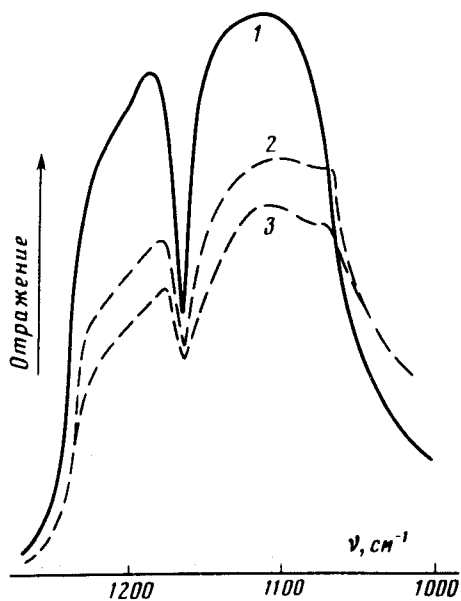


Рис.1. Изменение спектра отражения кристаллического кварца (1) при ионной имплантации с энергией ионов азота 100 кэВ (2) и 200 кэВ (3)

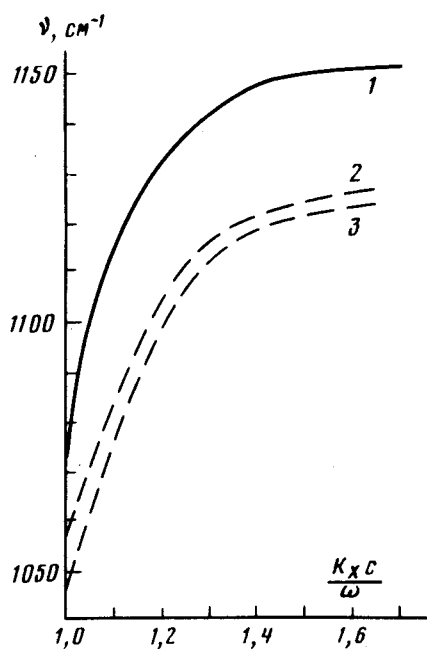


Рис.2. Изменение дисперсии поверхностных поляритонов кристаллического кварца (1) при ионной имплантации с энергией 100 кэВ (2) и 200 кэВ (3)

Расчет спектров НРВО систем, описанных выше, не дает согласия с экспериментом. Системы, которые могли бы дать наблюдавшееся изменение отражения, не дают полученного в эксперименте сдвига кривых дисперсии и изменения ширины. Ширины линий в спектрах поверхностных

поляритонов $\sim 40 \text{ см}^{-1}$, такую ширину имеют линии в спектрах поверхностных поляритонов плавленного кварца, но дисперсия у них другая [6]. Необходимы другие модели, описывающие свойства поврежденного слоя и согласующиеся и с отражением и с НПВО.

Таким образом при ионной имплантации α -кварца наблюдались значительные изменения спектра отражения в области высокочастотной полосы остаточных лучей и в спектрах поверхностных поляритонов. Полученные результаты пока полностью не объяснены, показано, что для правильного выбора модели поврежденного слоя необходим учет как изменений отражения, так и спектров поверхностных поляритонов (как это сделано в [7] для пленок металла на кварце).

Институт спектроскопии
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
6 февраля 1979 г.

Литература

- [1] Введение в интегральную оптику, ред. М.Барноски, М., изд. Мир, 1977.
 - [2] В.М.Агранович. УФН, 115, 199, 1975.
 - [3] V.M.Agranovich, A.G.Mal'shukov . Optics Comm., 11, 169, 1974.
 - [4] Г.Н.Жижин, М.А.Москалева, В.Г.Назин, В.А.Яковлев. ЖЭТФ, 72, 687, 1977.
 - [5] W.Spitzer, D.A.Kleinman. Phys. Rev., 121, 1324, 1961.
 - [6] А.Г.Баншиков, В.Е.Корсуков, И.И.Новак. Письма в ЖЭТФ, 24, 610, 1976.
 - [7] Г.Н.Жижин, М.А.Москалева, В.Г.Назин, В.А.Яковлев. ФТТ, 19, 1309, 1977.
-