

- [1] Миллин С. Г. Прямые методы в математической физике. М.: ГИТТЛ, 1959. 428 с.
 [2] Куликов Э. Л., Левина Н. Н. РИЭ, 1970, т. 15, № 5, с. 930—933.
 [3] Куликов Э. Л., Левина Н. Н. РИЭ, 1971, т. 16, № 11, с. 2194—2198.
 [4] Иванов В. Н. РИЭ, 1960, т. 5, № 2, с. 224—228.
 [5] Курант Р., Гильберт Д. Методы математической физики. М.; Л.: ГИТТЛ, 1951, т. 1. 476 с.
 [6] Gish D. L., Graham O. IEEE Trans. MTT, 1970, v. 18, N 3, p. 131—148.
 [7] Weiss J. A. Adv. Microwaves, 1974, v. 8, p. 295—320.

Поступило в Редакцию
 1 октября 1985 г.
 В окончательной редакции
 25 июля 1987 г.

БИСТАБИЛЬНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ НА ОСНОВЕ СЛОИСТЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ $\text{GaSe}_x\text{Te}_{1-x}$

Г. М. Мамедов, Э. П. Халилова

Впервые явление оптической бистабильности в плоскопараллельной пластине селенида галлия было зарегистрировано в [1-3], где указывалось, что бистабильное поведение плоскопараллельных пластин в области экситонного резонанса связано с эффектом экранирования экситонов при возбуждении большой плотности свободных носителей. Кроме полностью оптических БОУ (бистабильных оптических устройств, свойствами которых при лазерном возбуждении обладают пластины GaSe, существуют гибридные БОУ, относящиеся к разряду оптоэлектронных устройств. Семейство таких БОУ уже достаточно многочисленно [4]. Главной их чертой является удачное сочетание интерферометра Фабри-Перо с другими полупроводниковыми элементами. Полупроводниковые пластины слоистых кристаллов обладают целым рядом нетривиальных свойств, таких как спектральные и температурные осцилляции и колебания фототока; особенности вольт-амперных характеристик (ВАХ), обусловленные интерференционным эффектом, и т. д. [5, 6]. Сочетание указанных свойств позволило предложить новое гибридное БОУ на основе слоистых кристаллов, способное работать в достаточно широкой спектральной области.

В основу работы нового гибридного БОУ положены следующие соображения. В сильных электрических полях при пропускании фототока через образец, изготовленный из слоистого кристалла, можно реализовать ситуацию, в которой термополевой эффект приводит к изменению поглощаемого внутри пластины света, а тем самым и интенсивности проходящего света. При этом могут иметь место отрицательное дифференциальное сопротивление S - или N -типа и переключение в низкоомное состояние [7]. В низкоомном состоянии изменение световой мощности, проходящей через образец, будет линейно зависеть от интенсивности падающего света. Многократные эксперименты подтвердили возможность создания таких гибридных БОУ на основе слоистых кристаллов GaSe, GaTe, $\text{GaSe}_x\text{Te}_{1-x}$.

Для экспериментов изготавливались образцы двух типов: 1) с параллельными естественными гранями толщиной 8—30 мкм, чтобы условие $nL = k\lambda$ выполнялось; 2) с непараллельными гранями (угол наклона граней достигал 10°). В обоих случаях разница между энергией экситонного перехода $E_{\text{экс}}$ в кристаллах GaSe, $\text{GaSe}_{0.95}\text{Te}_{0.05}$ и энергией падающего кванта $h\nu$ для лазерного излучения $\lambda = 0.63$ мкм была достаточно мала, поскольку максимумы экситонного поглощения данных кристаллов находятся при $\lambda = 0.619$ и 0.626 мкм соответственно при резких длинноволновых краях.

На рис. 1 приведены ВАХ резонаторной фотопластины из $\text{GaSe}_{0.95}\text{Te}_{0.05}\langle\text{Ge}\rangle$ при интенсивностях падающего света, равных 3 (1), 1.8 (2), 1.5 мВт (3) и 0 (4). При $I \geq 1.5$ мВт ВАХ содержит падающие участки. Аналогичный вид имеют ВАХ образцов, грани которых непараллельны. Как видно из рис. 1, I вначале с ростом электрического поля фототок резко возрастает, что связано с фотоактивным распадом экситонов и термополевым эффектом, обуславливающим сдвиг края поглощения. Изменяется интенсивность света на выходе образца. Дальнейший рост напряжения на образце приводит к уходу от резонансного экситонного

поглощения света, уменьшению фототока и обуславливает падающий участок на ВАХ образцов. В конце падающего участка при полях $8 \cdot 10^3$ В/см происходит переключение образца в низкоомное состояние, все напряжение падает на нагрузочном сопротивлении. Образец становится оптически прозрачным для света указанной длины волны. Следует отметить, что в момент электрического переключения для образцов обоих типов (как в резонаторе, так и без него) происходят резкие изменения показателя преломления. В резонаторных образцах изменение величины n меняет условия интерференции, а также величину прошедшего через образец света.

Результаты исследований зависимости интенсивности выходящего из образцов света от падающего показаны на рис. 2. В данном случае к образцу в темноте было приложено

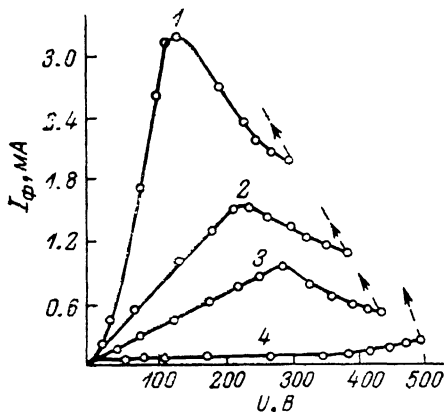


Рис. 1.

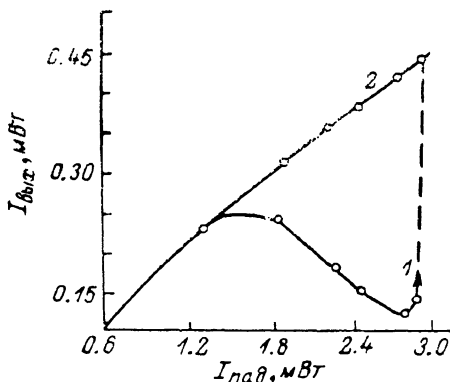


Рис. 2.

напряжение, близкое к пороговому: $U=450$ В. Затем интенсивность падающего света увеличилась, а фототок вырос. Из-за термополевого длинноволнового сдвига экситонного края поглощения падающий свет резонансно поглощался, вблизи линии экситонного поглощения уменьшалась интенсивность проходящего света (рис. 2, 1). Дальнейший рост интенсивности света приводил к уходу образца из области резонансного фотоактивного поглощения, увеличивалось падение напряжения на нем и образец переключался в низкоомное оптически прозрачное состояние (переход 1—2 на рис. 2). Такого типа эффекты наблюдались нами также на других составах $\text{GaSe}_x\text{Te}_{1-x}$, которые обладают свойством электрического переключения. Различие между свойствами резонаторных и нерезонаторных образцов проявлялось достаточно ярко при исследованиях временных характеристик оптического переключения из состояния 1 в 2 (рис. 2). В образцах без резонатора время такого перехода оказалось порядка 10^{-4} — 10^{-3} с, что характерно для теплового процесса в тонком образце. В резонаторных образцах кинетика этого перехода содержала быстрое время, равное времени электрического переключения образцов. Последнее обстоятельство, по нашему мнению, указывает на то, что в резонаторных образцах при электрическом переключении имеет место и оптическая расстройка резонатора.

Авторы благодарят Б. Г. Тагиева за полезные обсуждения и поддержку работы.

Литература

- [1] Голубев Г. П., Днепровский В. С., Ковалюк З. Д., Стадник В. А. Письма ЖТФ, 1984, т. 10, № 6, с. 350—353.
- [2] Багиев А. И., Днепровский В. С., Ковалюк З. Д., Стадник В. А. ДАН СССР, 1983, т. 211, № 3, с. 611—614.
- [3] Голубев Г. П., Днепровский В. С., Киселев Е. А. и др. ДАН СССР, 1985, т. 280, № 3, с. 591—593.
- [4] Рыбкин Б. С. ФТП, 1985, т. 19, № 1, с. 3—27.
- [5] Багирзаде Э. Ф., Тагиев Б. Г., Мамедов Г. М. ФТП, 1981, т. 15, № 7, с. 1296—1300.
- [6] Tagiev B. G., Bagirzade E. F., Mamedov G. M. Phys. Stat. Sol. (a), 1982, v. 71, p. K49—K51.
- [7] Salaev E. Yu., Tagiev B. G., Rzaev M. A. et al. Phys. Stat. Sol. (a), 1973, v. 16, p. K143—K146.

Азербайджанский
технологический институт
Кировбад

Поступило в Редакцию
28 февраля 1986 г.
В окончательной редакции
1 декабря 1986 г.