

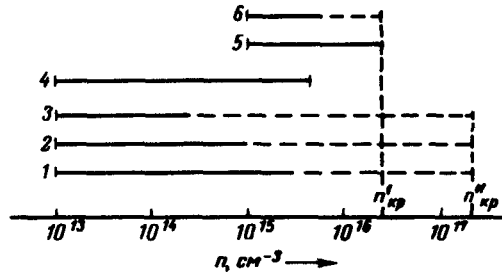
ГИГАНТСКИЕ ФЛУКТУАЦИИ ФОТОТОКА В ГЕРМАНИИ

В.М.Аскин, А.А.Рогачев, Н.И.Саблина

Явление конденсации экситонов в германии обсуждалось в работах [1–6]. Этот эффект состоит в образовании в полупроводнике металлизированных "капель", окруженных диэлектрическим газом экситонов. Имеющиеся к настоящему времени доказательства существования таких "капель" в чистом германии при гелиевых температурах и достаточно высоком уровне возбуждения основаны на данных полученных лишь из чисто оптических экспериментов. При этом в вопросе о плотности и теплоте сублимации конденсата в настоящее время не существует единого мнения. Так авторы работ [4,5] считают, что экситонный конденсат в германии имеет плотность $n \approx 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ и образуется при гелиевых температурах при весьма малых интенсивностях возбуждения ($n \approx 10^{13} \text{ см}^{-3}$). В работах [2,3], напротив, приводятся аргументы в пользу того, что плотность экситонного конденсата приблизительно на порядок ниже ($n \approx 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$), а его образование становится возможным лишь при концентрации экситонов большей 10^{15} см^{-3} . Существует, наконец, еще одна группа работ, в которых явления, наблюдаемые при малом уровне возбуждения, объясняются образованием биэкситонов. На рисунке схематически показаны области существова-

ния биекситонов и экситонного конденсата по данным перечисленных работ ¹⁾.

В настоящей работе приводятся некоторые результаты экспериментального изучения флуктуаций фототока в германиевом $p-i-n$ диоде в условиях, когда по данным [2-6] следует ожидать существования экситонного конденсата. Капли экситонного конденсата (если они существуют) будут притягиваться неоднородным электрическим полем к $p-n$ -переходу и, разрушаясь в нем, давать импульсы тока. Измеряя заряд, проходящий за время такого импульса, можно определить количество экситонов в "капле", а используя данные о плотности конденсата - примерные размеры "капель".



Области существования "капель" экситонного конденсата и биекситонов в германии по данным работ: 1 - [4], 2 - [6], 3 - [5], 4 - [7,8,9], 5 - [2,3], 6 - настоящая работа. Сплошной линией показана область концентраций, исследованная в соответствующих работах. Пунктиром - области, где, как следует из цитированных работ, должен существовать экситонный конденсат ($n'_{кр}$ - плотность конденсата по [2,3], $n''_{кр}$ - плотность конденсата по [4,5])

Эксперименты проводились на образцах чистого германия ($N_D \approx 10^{12} \text{ см}^{-3}$), имеющих форму прямоугольных пластин размером $10 \times 40 \text{ мм}$ и толщиной около 1 мм . Вблизи одной из малых сторон прямоугольника делался вплавной $p-i-n$ диод площадью $\approx 1 \text{ мм}^2$. Неравновесные электроны и дырки могли создаваться на разных расстоя-

¹⁾ В тех случаях, когда авторы цитируемых работ не приводят данных о средней концентрации экситонов [5,6,8], последняя оценивалась нами, исходя из описания условий эксперимента.

ниях от p - n -перехода при помощи световых импульсов длительностью $\approx 1,5$ $\mu\text{сек}$ от импульсной лампы ИСШ-100. Диаметр светового пятна был ≈ 3 мм . Измерения делались в режиме короткого замыкания. Сигнал фототока, возникающий при появлении в p - n -переходе свободных носителей тока регистрировался на экране осциллографа.

Измерения, проведенные при $T \leq 4,2^\circ\text{K}$ показали, что при создании в области, достаточно близкой к p - n -переходу, экситонов с концентрацией большей $2 \div 3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, форма импульса тока, текущего через p - n -переход становилась нерегулярной. При этом наблюдалось два сорта флуктуаций: длинновременные — длительностью в несколько микросекунд, и короткие — длительностью около $0,1$ $\mu\text{сек}$. Амплитуда этих флуктуаций при максимальных уровнях возбуждения $\approx 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ достигала величины порядка нескольких миллиамперметр, что соответствовало прохождению через p - n -переход заряда, равного $10^{-8} \div 10^{-10} \text{ Кл}$. Флуктуации столь большой величины могут быть объяснены попаданием в поле p - n -перехода "капель" экситонного конденсата. С уменьшением уровня возбуждения или удалением области возбуждения от p - n -перехода величина и длительность флуктуаций быстро падала. Этот факт, по видимому, связан с быстрым уменьшением размеров "капель", попадающих в область p - n -перехода. Причем с увеличением расстояния, которое должны были пройти капли до p - n -перехода, появлялась временная задержка флуктуаций относительно импульса возбуждения.

Существенно, что все эти эффекты исчезали при концентрациях меньших $1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ или при повышении температуры до $\approx 6^\circ\text{K}$. На рисунке показана область концентраций, где наблюдался экситонный конденсат по данным этой работы. Результаты, полученные нами, подтверждают сделанные в [2, 3] выводы о том, что конденсат в германии возникает в условиях, когда плотность экситонного газа достаточно близка к плотности частиц в жидкой фазе и что теплота сублимации близка к 1 эв .

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
22 декабря 1969 г.

Литература

[1] Л.В.Келдыш. Труды IX Междунар. Конф. по физике и полупроводников, М., 1968, стр.1384.

- [2] В.М.Аснин, А.А.Рогачев. Письма в ЖЭТФ, 9, 415, 1969.
- [3] В.М.Аснин, А.А.Рогачев. Proc. III Int. Photoconductivity Conference, Stanford University, 1969 (в печати).
- [4] Я.Е.Покровский, К.И.Свистунова. Письма в ЖЭТФ, 9, 435, 1969.
- [5] В.С.Вавилов, В.А.Зяц, В.И.Мурзин. Письма в ЖЭТФ, 10, 304, 1969.
- [6] В.С.Багаев, Т.И.Галкина, О.Б.Гоголин, Л.В.Келдыш. Письма в ЖЭТФ, 10, 309, 1969.
- [7] J. R. Haynes. Phys. Rev. Lett., 17, 860, 1966.
- [8] Benoit á la Guillaume, F. Salvan, M. Voos. Proc. Int. Conf. on Luminescence, University Delaware, 1969 (в печати).
- [9] В.М.Аснин, А.А.Рогачев, Н.И.Саблина. ФТП, 4, 1970 (в печати).
-