

ЭКСИТОННО-ПЛАЗМЕННЫЙ РЕЗОНАНС В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

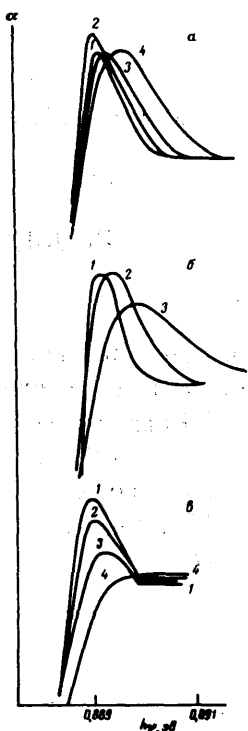
А. А. Рогочев, Г. Л. Эристави

Наличие в полупроводнике большой концентрации носителей тока приводит к экранированию кулоновского взаимодействия носителей, следствием чего является ослабление или уничтожение экситонного поглощения в полупроводниках [1 – 3]. В области меньших концентраций возможны, однако, и другие проявления взаимодействия экситонов с плазмой свободных носителей тока.

В настоящем сообщении приводятся результаты экспериментального исследования взаимодействия экситонов со свободными носителями тока при концентрациях, когда энергия связи экситона в основном или возбужденном состояниях больше, чем $\hbar\omega_p$, где ω_p – плазменная частота. В этом случае диэлектрическая проницаемость $\epsilon(\omega, \mathbf{k})$ в довольно широкой области ω и \mathbf{k} оказывается меньше, чем высокочастотная диэлектрическая постоянная полупроводника $\epsilon(\infty)$ и, таким образом, наличие свободных носителей будет приводить к усилению кулоновского взаимодействия [4]. Особенно сильным усиление взаимодействия должно быть, когда $\epsilon(\omega, \mathbf{k}) \rightarrow 0$, т. е., когда существует резонанс между колебаниями плазмы и некоторыми Фурье-компонентами волновой функции экситона. Свидетельством наличия такого усиления взаимодействия должно быть увеличение экситонного поглощения в соответствующих областях экситонного спектра при создании в образце свободных носителей тока.

Исследовался край прямого поглощения германия вблизи $k = 0$. Измерения поглощения производились на образцах германия n -типа, легированного сурьмой, помещенных в жидкий гелий. Свободные носители создавались путем импульсного пробоя мелких примесных центров. Экспериментальная установка позволяла снимать спектры края поглощения во время приложения импульсов электрического поля. Так как свободные электроны находились в экстремумах зоны проводимости при $k = [111]$, то полностью устранялись погрешности,

связанные с заполнением состояний вблизи краев зон. Спектры поглощения легированного германия при различных напряженностях электрического поля показаны на рисунке. Увеличение поглощения вблизи края является наиболее сильным для образца, содержащего $6 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ атомов сурьмы. В образце с $Nd = 2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ увеличение поглощения наблюдается лишь в области достаточно малых приложенных напряжений, что, по-видимому, соответствует неполной ионизации примесных центров. В образце с $Nd = 8 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ наблюдалось лишь уменьшение экситонного поглощения. Существуют, однако, основания считать, что при столь большой концентрации примесных центров и наличии компенсации пробой первоначально происходит в узких "шнурах", которые расширяются с ростом приложенного напряжения [5]. Об этом, в частности свидетельствует постоянство спектров модуляции края поглощения электрическим полем для этого образца.



Край поглощения легированного германия в области прямых переходов различных электрических полях: а — $Nd = 6 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$: 1. $E = 0$, 2. $E = 7 \text{ в} \cdot \text{см}^{-1}$, 3. $E = 10 \text{ в} \cdot \text{см}^{-1}$, 4. $E = 15 \text{ в} \cdot \text{см}^{-1}$. б — $Nd = 2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$: 1. $E = 0$, 2. $E = 10 \text{ в} \cdot \text{см}^{-1}$, 3. $E = 30 \text{ в} \cdot \text{см}^{-1}$. в — $Nd = 8 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$: 1. $E = 0$, 2. $E = 20 \text{ в} \cdot \text{см}^{-1}$, 3. $E = 25 \text{ в} \cdot \text{см}^{-1}$, 4. $E = 30 \text{ в} \cdot \text{см}^{-1}$

Спектральный диапазон, в котором наблюдается увеличение поглощения является весьма широким и захватывает состояния непрерывного спектра. Вероятно, это можно объяснить, если учесть, что область где $\epsilon(\infty) > \epsilon(\omega, k)$ является довольно широкой даже без учета затухания плазменных колебаний и столкновений экситона с электронами.

Авторы благодарят В.М.Аснина и О.В.Константинова за полезные обсуждения.

Ленинградский
физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе

Поступила в редакцию
4 июля 1972 г.

Литература

- [1] V.M.Asnin, A.A.Rogachev. Phys. Stat. Sol., 20, 755, 1967.
 - [2] V.M.Asnin, G.L.Eristavi, A.A.Rogachev. Phys. stat. sol., 29, 443, 1968.
 - [3] А.А.Рогачев. Труды IX Междунар. Конф. по физике полупроводников. М., 1968, стр. 431; Л., 1968.
 - [4] Д.Пайнс. Элементарные возбуждения в твердых телах .М., Изд-во, Мир, 1965.
 - [5] A.L. McWhorter, R.H.Redicker. Pros. Int. Conf. Semicond. Phys. (Pragne 1960), Pragne, p.134, 1960.
-