

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ СЛОИСТЫХ МОНОКРИСТАЛЛОВ GeS И InSe

Л. И. Падучих

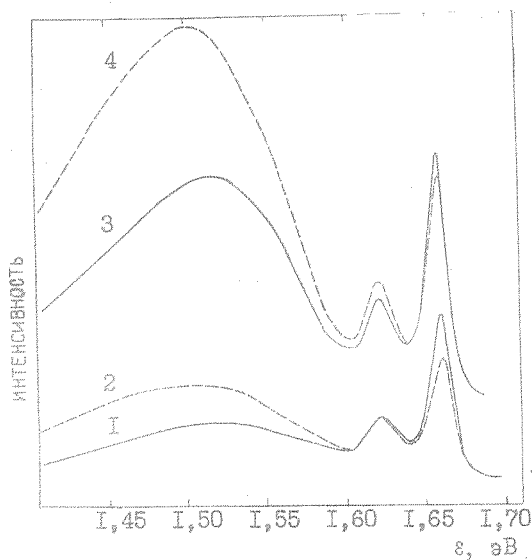
УДК 537.311.33

Обнаружена перестройка спектров фотолюминесценции монокристаллов GeS и InSe при переориентации плоскости поляризации возбуждающего излучения, не связанная с изменением интенсивности поглощаемого света.

Исследовались спектры фотолюминесценции слоистых монокристаллов GeS и InSe при непрерывном возбуждении этих полупроводников линейно-поляризованным светом He-Ne лазера с поворачиваемой плоскостью поляризации. Поворот осуществлялся приставкой, имевшей ромб Френеля и призму Глана. В кристаллах GeS и InSe наблюдается сильная анизотропия физических и оптических характеристик по кристаллографическим направлениям \vec{a} , \vec{b} и \vec{c} , где \vec{c} — направление ик оси роста /1-3/. Люминесценция регистрировалась перпендикулярно плоскостям спайности этих кристаллов. При возбуждении полупроводников фотонами с энергией $h\nu > E_g$ до рекомбинации носители, как правило, успевают релаксировать по энергии, импульсу и спину. Поэтому спектры краевой фотолюминесценции должны определяться собственными свойствами полупроводников и такими характеристиками как температура и интенсивность оптического возбуждения. Исследовавшиеся образцы находились при температуре $T = 2$ К.

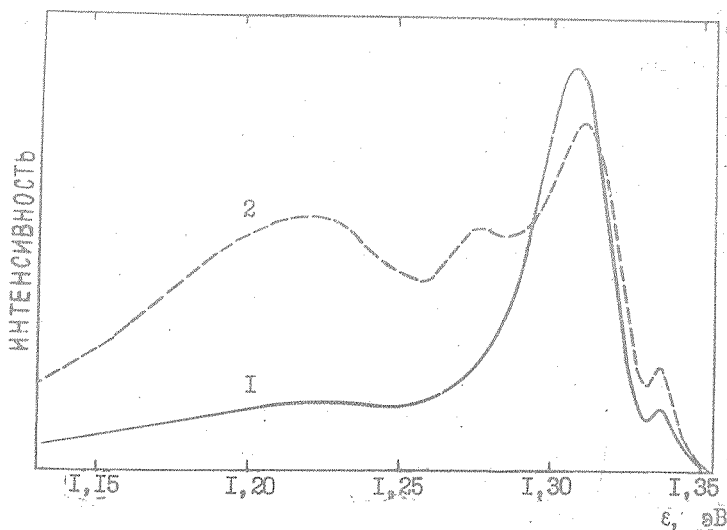
В наших работах уже сообщалось о фотолюминесценции кристаллов GeS при различных температурах и уровнях оптического возбуждения /4/. Спектры фотолюминесценции InSe тоже известны и опубликованы, например, в работе /5/. Здесь представлены экспериментальные результаты, свидетельствующие об особенностях, появившихся в спектрах излучения этих полупроводников

при возбуждении их плоскополяризованным светом. При нормальном падении луча He-Ne лазера и вращении плоскости поляризации падающих фотонов обнаружена модуляция интенсивности излучения всех компонент спектра GeS со степенью, близкой к 50%. В аналогичных условиях спектры фотолуминесценции InSe оставались без изменения. При переориентации плоскости поляризации падающего света спектры излучения каждого из полупроводников оставались идентичными и характерными для того уровня оптического возбуждения, при котором проводилась запись спектров. Модуляция интенсивности излучения GeS, о которой шла речь, обусловлена анизотропией оптического поглощения этого полупроводника. В кристаллах GeS переход, соответствующий поляризации электрического вектора световой волны $\vec{E} \parallel \vec{b}$, запрещен правилами отбора, остальные переходы разрешены, в то время как в InSe оси \vec{a} и \vec{b} оптически эквивалентны. Переход $\vec{E} \parallel \vec{c}$ разрешен и в этом полупроводнике.



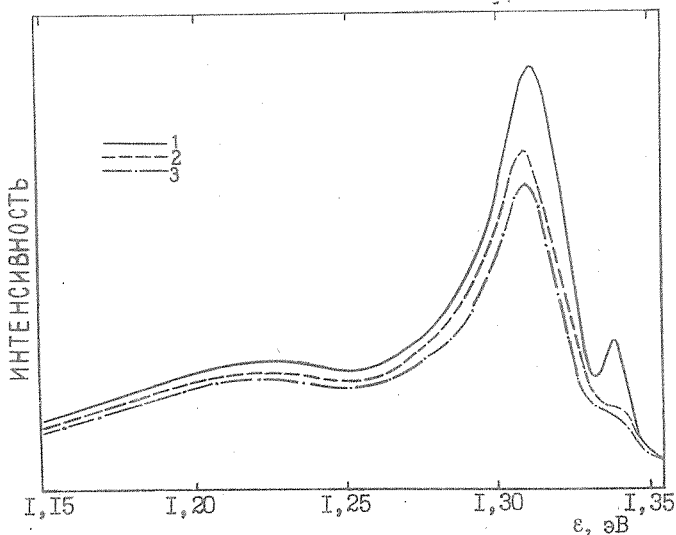
Р и с. 1. Спектры фотолуминесценции GeS при $T = 2\text{K}$. Кривые 1 и 2: $\vec{k} \parallel \vec{c}$, $\vec{E} \parallel \vec{a}$, 3 и 4: $\vec{k} \parallel \vec{c}$, $\vec{E} \parallel \vec{c}$; Кривые 1 и 3: $\vec{E} \parallel \vec{a}$, 2 и 4: $\vec{E} \parallel \vec{b}$. Коэффициент усиления: $K_1:K_2:K_3:K_4 = 2:4:1:2$.

При углах падения луча He-Ne лазера больших угла Брюстера ($\alpha > 60^\circ$) и вращении его плоскости поляризации в обоих полупроводниках обнаружена перестройка спектров фотолуминесценции (рис. 1 и 2). На этих рисунках представлены спектры излучения GeS и InSe, записанные при двух ориентациях вектора электрического поля волны возбуждения, близких к условиям: 1) $\vec{k} \parallel \vec{c}$, $\vec{E} \parallel \vec{a}$ и 2) $\vec{k} \parallel \vec{c}$, $\vec{E} \parallel \vec{b}$, где \vec{k} - волновой вектор, а \vec{E} - вектор электрического поля падающих фотонов. В обоих случаях, представленные кривыми 1-4 (рис. 1), правила отбора для оптических переходов в кристалле GeS были разрешены. Одновременно в этих кристаллах спектры фотолуминесценции анализировались поляризатором по осям \vec{a} и \vec{b} . Кривые 1 и 3 (рис. 1) соответствовали $\vec{E}_p \parallel \vec{a}$, а кривые 2 и 4 - $\vec{E}_p \parallel \vec{b}$, где \vec{E}_p - вектор электрического поля излучаемых фотонов. Коэффициенты усиления K приемно-усилительной системы, свидетельствующие об изменении интенсивности регистрируемого излучения, указаны в подписях к рисункам. Из



Р и с. 2. Спектры фотолуминесценции InSe при $T = 2 \text{ K}$ и ориентации фотонов возбуждения, близкой к условиям: 1 - $\vec{k} \parallel \vec{c}$, $\vec{E} \parallel \vec{c}$; 2 - $\vec{k} \parallel \vec{c}$, $\vec{E} \parallel \vec{c}$; $K_1 : K_2 = 1 : 2$.

известных зависимостей интенсивности излучения основных линий от уровня оптической генерации I в GeS /4/ следовало, что перестройка спектров заведомо не связана с изменением I . Последнее утверждение справедливо и для образцов InSe. Уменьшение мощности лазера при оптимальном поглощении линейно-поляризованного света ($k \parallel c$, $E \parallel c$) приводило лишь к уменьшению интенсивности излучения всех компонент спектра InSe (рис. 3). При таком "поверхностном" распространении волны возбуждения, близком к условию $k \perp c$, "возгорание" длинноволновых полос спектра наблюдалось в обоих полупроводниках. Однако в кристаллах InSe вектор электрического поля поглощаемых фотонов проецировался в основном на поверхность образца, а в GeS был перпендикулярен его поверхности. Такая "память" о поляризации фотонов возбуждения, по-видимому, являлась следствием анизотропного распределения локальных глубоких центров в слоистых кристаллах и их различной ориентации в этих полупроводниках. О наличии таких комплексов из точечных дефектов в кристаллах GeS



Р и с. 3. Спектры фотолуминесценции InSe ($k \perp c$, $E \parallel c$) при $T = 2$ К и различных уровнях оптического возбуждения - $K_1:K_2:K_3 = 1:2:4$

сообщалось в работе /6/. В настоящее время нет надежной идентификации полос краевого излучения в обоих полупроводниках GeS и InSe, поскольку длинноволновые участки спектров в значительной мере обусловлены условиями выращивания этих кристаллов и отличаются в разных работах.

Поступила в редакцию
21 сентября 1982 г.

Л и т е р а т у р а

1. J. D. Wiley, W. J. Buckel, R. L. S. Schmidt, Phys. Rev. B, 13, 2489 (1976); J. D. Wiley, A. Breitschwerdt, E. Schönherr, Solid St. Comm., 17, 355 (1975).
2. J. V. Mc Cannu, R. B. Murray, J. Phys. C, 10, 1211 (1977).
3. J. Samassel et al., Phys. Rev. B, 17, 4718 (1978).
4. В. С. Багаев и др., ФТТ, 21, 398 (1979); В. С. Багаев, Л. И. Падучих, Р. Г. Хакимов, Модуляционная спектроскопия полупроводников и диэлектриков, Материалы III Республиканского коллоквиума, г. Сухуми, 1979 г., с. 169.
5. В. Л. Бакуменко и др., ФТП, 10, 1246 (1976).
6. С. С. Остапенко, М. К. Шейнман, Модуляционная спектроскопия полупроводников и диэлектриков, Материалы III Республиканского коллоквиума, г. Сухуми, 1979 г., с. 33.