

“ДЕГРАДАЦИЯ” МИКРОФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ GaAs И InP

А. М. Гукасян, В. В. Ушаков, А. А. Гиппиус

При использовании техники микрофотолюминесценции исследованы эффекты “деградации” фотолюминесценции (ФЛ) монокристаллических и эпитаксиальных образцов GaAs и InP. Определены линейные размеры областей деградации, которые для этих материалов заметно превосходят диаметр пятна возбуждающего излучения на образцах (5 мкм).

Микроминиатюризация электроники предъявляет все более высокие требования к используемым полупроводниковым материалам, а также к методам и средствам диагностики и технологического контроля. Информативные возможности люминесценции как метода современного анализа существенно расширяются при использовании техники микрофотолюминесценции, когда диаметр зондирующего (возбуждающего) луча составляет несколько микрометров. Соответствующая экспериментальная аппаратура обычно достаточно проста и состоит из лазерного источника и фокусирующих оптических элементов. В этих условиях, однако, интенсивность оптического возбуждения на образцах достигает десятка киловатт на квадратный сантиметр, что значительно превосходит типичные для обычных люминесцентных экспериментов значения, и может приводить к качественно новым эффектам. Например, для GaAs — одного из основных материалов современной электроники — за время порядка нескольких минут сразу после начала освещения образца сфокусированным лазерным лучом происходит значительное необратимое уменьшение интенсивности ФЛ (так называемая “деградация”) /1, 2/. Физические причины, лежащие в основе этого явления, окончательно не установлены.

При постановке данной работы, в основном, имелось в виду изучение возможностей микрофотолюминесценции для целей диагностики и контроля. Обнаружено, что явление “деградации” ФЛ характерно также и для другого перспективного материала микроэлектроники — фосфида индия. Впервые приведены результаты исследования линейных размеров области деградации для GaAs и InP.

Фотовозбуждение осуществлялось He-Ne лазером ($\lambda = 0,6328$ мкм, мощность 10 мВт), излучение которого фокусировалось в пятно диаметром ≈ 5 мкм. Интенсивность возбуждения на поверхности образцов составляла 10 кВт/см². Измерения выполнялись при комнатной температуре на исходном монокристаллическом и эпитаксиальном GaAs n-типа с $n = 10^{14} - 10^{17}$ см⁻³ и монокристаллическом InP ($n = 10^{17}$ см⁻³). В спектрах образцов наблюдались краевые полосы $\lambda = 0,87$ мкм для GaAs и $\lambda = 0,92$ мкм для InP.

На рис. 1 приведены результаты наблюдения "деградации" ФЛ для GaAs и InP. Для InP "деградация" замедлена и ослаблена по сравнению с результатами, типичными для GaAs, где наблюдается быстрое, значительное уменьшение интенсивности (20—30% для InP и 80—90% — для GaAs). Для обоих материалов конечные результаты воздействия лазерного излучения на кристаллы имеют необратимый характер.

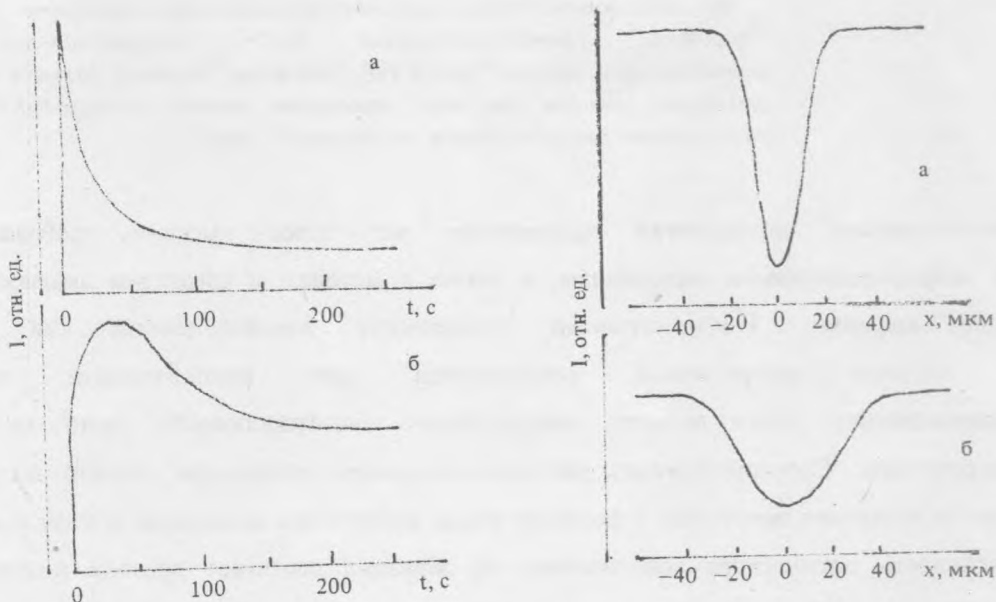


Рис. 1. "Деградация" интенсивности ФЛ GaAs (а) и InP (б) при комнатной температуре под сфокусированным лазерным лучом.

Рис. 2. Распределение интенсивности ФЛ по поверхности GaAs (а) и InP (б) вдоль линии сканирования, содержащей точку, в которой наблюдалась "деградация" сигнала.

Эксперименты по определению линейных размеров областей деградации были проведены так, что вначале луч лазера использовался для "приготовления" изучаемого объекта (область деградации), а затем — в качестве средства измерения. В последнем случае для сведения эффекта деградации к минимуму измерения проводились с минимальной экспозицией. На рис. 2 приведены соответствующие экспериментальные данные — изменение интенсивности ФЛ при сканировании лазерным лучом вдоль линии, проходящей через область деградации (точка $x = 0$). Ввиду того, что сама процедура измерения вносила некоторую ошибку, размер области деградации, который можно определить непосредственно из приведенных на рис. 2 данных, следует рассматривать скорее как несколько заниженный по сравнению с истинным значением. При увеличении времени экспозиции линейный размер области "деградации" (области с существенным уменьшением интенсивности ФЛ) возрастает (рис. 3), достигая для GaAs не менее 40 мкм, а для InP — 90 мкм. Важно, что в обоих случаях эти значения намного превосходят диаметр лазерного пятна на образцах (5 мкм).

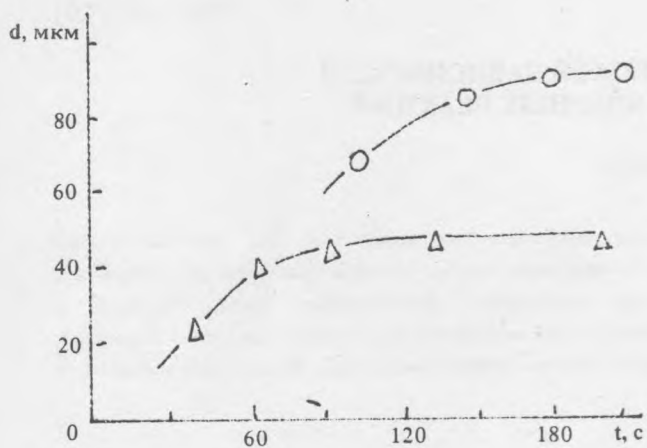


Рис. 3. Зависимость линейного размера области "деградации" ФЛ от времени экспозиции под фокусированным лучом лазера для GaAs (Δ) и InP (\circ).

Таким образом, при исследовании микрофотолюминесценции GaAs и InP могут сложиться такие условия, когда при взаимодействии возбуждающего лазерного излучения с кристаллами происходит модификация приповерхностных слоев исследуемого материала, причем размеры модифицированной области значительно превосходят размеры зондирующего луча. Приведенные результаты необходимо иметь в виду при использовании техники микрофотолюминесценции для диагностики и контроля в полупроводниковой технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Guidotti D. et al. Appl. Phys. Lett, **50**, 912 (1987).
2. Haegel H. M., Winnacker A. Appl. Phys. A, **42**, 233 (1987).

Поступила в редакцию 26 августа 1991 г.