

Краткие сообщения

05:07

Влияние примесей на фотолюминесценцию модифицированных кристаллов InP

© Ф.Б. Баимбетов, Н.Г. Джумамухамбетов

Атырауский университет,
Атырау, Казахстан

(Поступило в Редакцию 18 марта 1998 г.)

Показано, что в спектрах фотолюминесценции модифицированных лазерным излучением кристаллов InP независимо от типа примесей и их концентрации в исходном кристалле обнаруживается новая полоса излучения 1.35 eV (77 К). Установлено, что появление этой полосы является общим свойством дефектности кристаллической структуры модифицированных полупроводников.

В работе [1] сообщалось о люминесцентных свойствах модифицированных кристаллов InP. Показано, что в спектрах фотолюминесценции при 77 К наблюдается новая полоса с энергией максимума 1.35 eV, обусловленная хаотическим распределением структурных дефектов после лазерной обработки. Цель настоящей работы — изучение влияния легирующей примеси исходного кристалла на люминесцентные свойства модифицированных кристаллов.

В качестве исходного для получения модифицированных кристаллов использовался InP *n*- и *p*-типа проводимости: специально нелегированный ($n=1-2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$), легированный оловом ($n=2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$), легированный цинком ($p = 7-8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$). Методика лазерной обработки кристаллов описана в работе [1]. Перед измерениями кристаллы травились в свежеприготовленном полирующем травителе $\text{H}_2\text{O}:\text{HNO}_3:\text{HCl}$ (6:3:1) при комнатной температуре.

В спектрах люминесценции исходных кристаллов при 77 К наблюдались типичные полосы излучения с энергиями максимума 1.415, 1.405, 1.371, 1.113 eV. При комнатной температуре спектр люминесценции этих кристаллов состоит лишь из одной широкой полосы с энергией максимума 1.344–1.347 eV. Природа этих полос обсуждается в работах [2,3].

После облучения сериями импульсов с суммарной плотностью энергии 100 Дж/см^2 полированная поверхность кристаллов визуально изменяется независимо от примеси легирования. При этом в спектрах фотолюминесценции при 77 К появляется новая полоса излучения с энергией максимума 1.350 eV. Однако ее интенсивность много меньше интенсивности краевой полосы исходных кристаллов. По мере роста суммарной плотности энергии облучения интенсивность этой полосы увеличивается и при $E = 250-300 \text{ Дж/см}^2$ достигает своего максимального значения. При 77 К ее интенсивность в 5–10 раз (для разных кристаллов) больше интенсивности краевой полосы исходного кристалла.

Температурные зависимости основных параметров полосы 1.35 eV для всех кристаллов качественно совпадают, хотя количественно обнаруживаются некоторые различия. Так, интегральная интенсивность с ростом температуры уменьшается экспоненциально (рис. 1)

$$\Phi = \Phi_0 \exp(-kT/\varepsilon^*),$$

где характеристическая энергия ε^* для разных кристаллов лежит в пределах 3.4–4.3 meV.

Полуширина этой полосы с ростом температуры изменяется немонотонно (рис. 2). В области низких температур $T < 230 \text{ К}$ она линейно увеличивается и

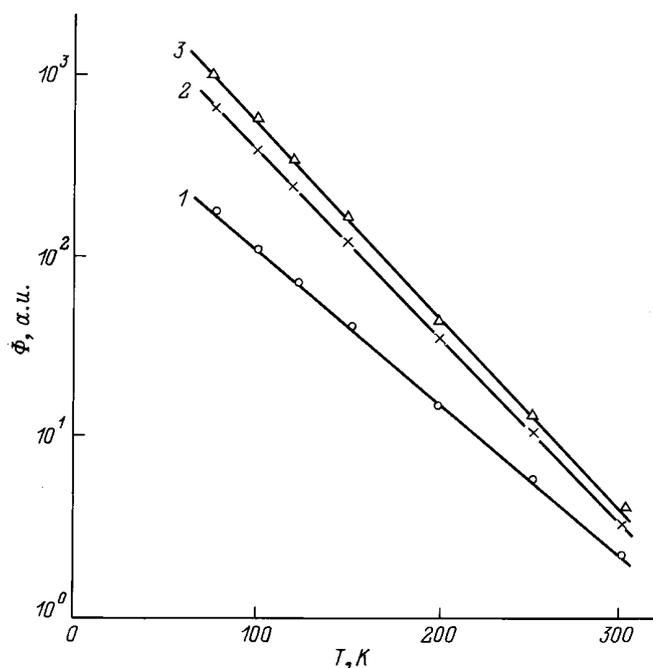


Рис. 1. Температурные зависимости интегральной интенсивности полосы 1.35 eV модифицированных кристаллов, полученных на основе исходного InP различной марки: 1 — InP<Zn>, 2 — InP<Sn>, 3 — InP.

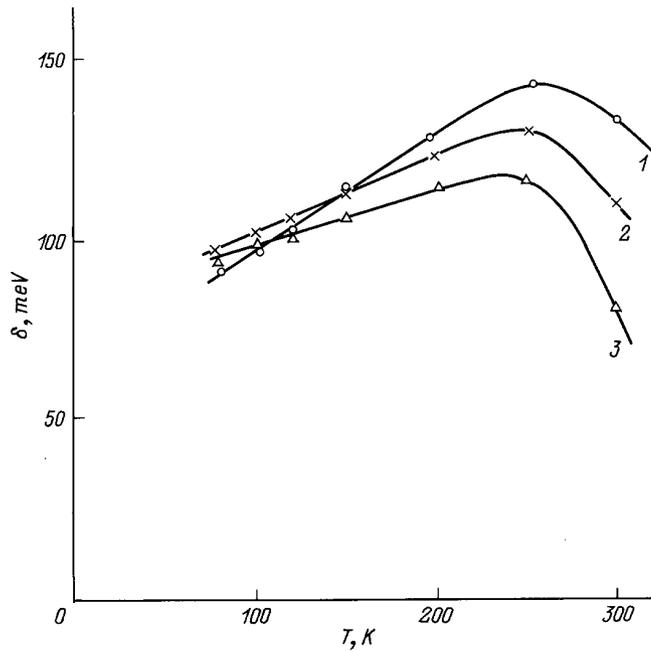


Рис. 2. Температурные зависимости полуширины полосы 1.35 eV модифицированных кристаллов, полученных на основе исходного InP различной марки (1–3 — то же, что и на рис. 1).

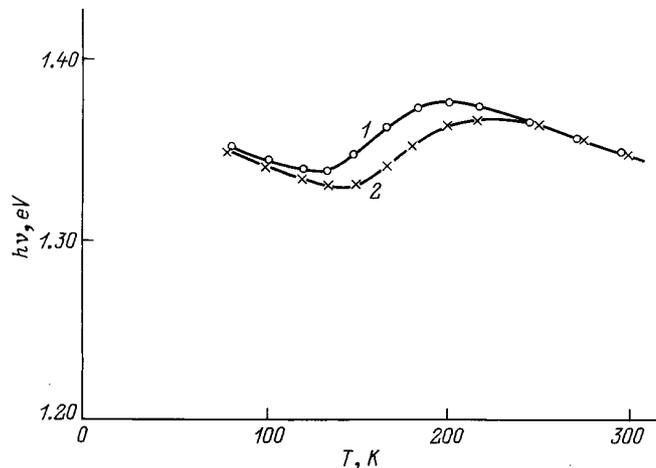


Рис. 3. Температурные зависимости энергии максимума полосы 1.35 eV модифицированных кристаллов, полученных на основе исходного InP различных типов проводимости: 1 — *p*-типа, 2 — *n*-типа.

при $T = 230\text{--}250$ К (для разных кристаллов) достигает своего максимального значения. В области высоких температур $T > 250$ К она уменьшается.

Энергия максимума $h\nu_m$ с ростом температуры также изменяется немонотонно (рис. 3), причем вид ее зависимости качественно одинаков для всех кристаллов. Однако значение энергии максимума для модифицированных кристаллов, полученных на основе исходного *p*-InP, превышает соответствующие значения для кристаллов, полученных из *n*-InP при одинаковой температуре. При

этом температура, соответствующая минимальному значению $h\nu_m$ для модифицированных кристаллов, полученных из *p*-InP, меньше, чем для кристаллов, полученных из *n*-InP, и составляет ~ 120 и ~ 140 К соответственно.

Несмотря на количественные различия, температурные зависимости основных параметров полосы излучения 1.35 eV независимо от примеси легирования качественно совпадают. Немонотонное изменение энергии максимума и полуширины, а также экспоненциальное уменьшение интенсивности с повышением температуры свидетельствуют о наличии хвостов плотности состояний вблизи разрешенных зон, которые образуются в результате хаотического распределения структурных дефектов самого кристалла InP после лазерной обработки.

Следовательно, появление в спектрах фотолюминесценции модифицированных кристаллов InP при 77 К новой полосы 1.35 eV не зависит от типа примесей и их концентрации в исходном материале и является общим свойством дефектности кристаллической структуры.

Список литературы

- [1] Джумамухамбетов Н.Г., Дмитриев А.Г. // ФТП. 1993. Т. 27. Вып. 4. С. 641–644.
- [2] Williams E.W., Elder W. // J. Electrochem. Soc. 1973. N 12. P. 120.
- [3] Колесник Л.И., Лошинский А.М., Нашельский А.Я., Якобсон С.В. // Неорган. материалы. 1981. Т. 17. № 12. С. 14–19.