

06;07;12

ВЛИЯНИЕ ПОТОКОВ ЛАЗЕРНЫХ ИМУЛЬСОВ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОДИФИЦИРОВАННОГО InP

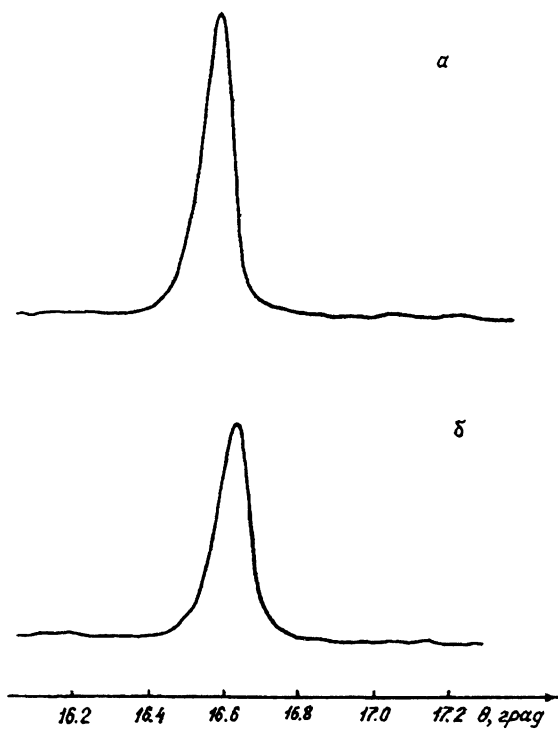
© Н.Г. Джумамухамбетов, Ж.Г. Джумамухамбетов

В работе [1] сообщалось о модификации монокристаллов GaAs импульсами лазерного излучения. Показано, что после воздействия серией импульсов суммарной плотностью энергии (80–90) Дж/см² визуально наблюдается изменение морфологии полированной поверхности кристаллов, напоминающее его оплавление. При этом на дифрактограммах наблюдается смещение линии монокристаллического состояния в сторону меньших углов и уширение этой линии. Параметр решетки, определенный по положению этой линии, оказывается больше, чем у исходного кристалла. Наряду с этим на дифрактограммах обнаруживаются отражения, соответствующие поликристаллическому состоянию GaAs, а также отражения, характерные для металлического Ga.

В настоящей работе исследована структура InP, модифицированных импульсами лазерного излучения. Исходными были монокристаллы InP(Sn) с концентрацией электронов $2 \cdot 10^{17}$ см⁻³ и направлениями поверхностной плоскости [111]. Методика лазерной обработки и исследования структуры поверхности описаны в работе [1].

На дифрактограммах исходных кристаллов (см. рисунок, а) наблюдается отражение от плоскости первого порядка при угле скольжения 16.600°. Полуширина этой линии составляет $17.10 \cdot 10^{-4}$ рад, а параметр решетки, определенный по этому отражению, равен 5.8670 Å.

После воздействия серией импульсов суммарной плотностью энергии ~ 100 Дж/см² наблюдается визуальное изменение морфологии поверхности. При этом на дифрактограммах наблюдается лишь одна линия монокристаллического состояния (см. рисунок, б). Ее интенсивность на 30% меньше исходной. Положение максимума интенсивности этой линии, в отличие от модифицированных кристаллов GaAs, смещена в сторону больших углов (16.640°), а параметр решетки меньше его исходного значения и равен 5.8537 Å. Наряду с этим на дифрактограммах модифицированных InP, как и в кристаллах GaAs, наблюдается уширение линии монокристаллического состояния, составляющее $17.80 \cdot 10^{-4}$ рад.



Дифрактограммы кристаллов InP(Sn) до (а) и после облучения (б).

Как известно [2], уширение линии рентгеновского отражения обусловлено дислокациями в кристалле, плотность которых определяется соотношением

$$\rho = \frac{K \cdot \Delta\delta \cdot \text{ctg}^2 \theta}{a^2},$$

где $K = 1.39$ — для 75% поглощения рентгеновского излучения; $\Delta\delta$ — уширение линии; θ — угол дифракции; a — параметр решетки. Согласно расчету, плотность дислокаций в модифицированных GaAs и InP с учетом численных значений параметров, определенных по их дифрактограммам, составляет соответственно $1.5 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2}$ (GaAs) и $2.2 \cdot 10^7 \text{ см}^{-2}$ (InP).

Как было показано выше, параметр решетки модифицированных InP оказывается меньше своего исходного значения, что также связано с дислокациями, которые, как известно [3], могут приводить к сжатию решетки. В то же время параметр решетки модифицированных GaAs оказывается больше своего значения в исходном кристалле [1].

Это объясняется разложением соединения и образованием в приповерхностном слое металлического Ga. Образование выделений Ga в приповерхностном слое модифицированного кристалла приводит к возникновению неоднородных локальных напряжений, которые уравниваются в объеме отдельных кристаллитов. Поскольку величина удельного объема Ga больше, чем у GaAs, можно утверждать, что образовавшиеся выделения галлия будут находиться в сжатом состоянии, в то время как приповерхностный слой GaAs окажется под действием растягивающих напряжений.

Таким образом, как показали результаты рентгеноструктурного анализа, на дифрактограммах модифицированных InP, в отличие от кристаллов GaAs, не обнаруживаются отражения поликристаллического состояния и выделения металлического элемента. Плотность дислокаций в них оказывается меньше, чем в модифицированных GaAs. Все это связано с тем, что InP даже в расплавленном состоянии всего лишь склонен к диссоциации, в отличие от GaAs, который образует сильно диссоциированный расплав. Расплавление приповерхностного слоя InP при лазерном воздействии не приводит к значительным отклонениям состава от стехиометрического из-за недиссоциированности расплава. Совсем иная картина в GaAs, в котором расплав сильно диссоциирован, что приводит к улету *B*-компоненты и сильному отклонению состава от стехиометрического.

Список литературы

- [1] Андреева В.Д., Анисимов М.И., Джумамугамбетов Н.Г., Дмитриев А.Г. // ФТП. 1990. Т. 24. В. 6. С. 1010-1013.
- [2] Wilkens M. // Acta Metall. 1969. V. 7. N 17.
- [3] Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М., 1977. 672 с.
- [4] Регель А.Р., Глазов В.Н. Закономерности формирования структуры электронных расплавов. М., 1982. 320 с.

Поступило в Редакцию
19 февраля 1996 г.