

07; 12

© 1991

## НЕСТЕХИОМЕТРИЧНОСТЬ КРИСТАЛЛОВ $GaAs$ , МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Н.Г. Джумамухамбетов, А.Г. Дмитриев

В настоящее время проблема отклонения состава соединения от стехиометрического считается одной из актуальных в материаловедении полупроводников [1-3]. Это связано с тем, что целенаправленное отклонение состава соединения от стехиометрического, который реализуется, прежде всего, за счет управления типом и количеством собственных дефектов - вакансий, позволяет управлять свойствами полупроводников.

Одним из методов создания нестехиометрических материалов является модификация полупроводниковых соединений импульсами лазерного излучения. Так, в работе [4] показано, что в результате лазерной обработки монокристаллов  $GaAs$  в приповерхностной области модифицированного слоя образуются поликристаллическая фаза  $GaAs$  и включения  $Ga$ , а также происходит инверсия типа проводимости (с  $p$ - на  $n$ -тип). Все это свидетельствует о разложении соединения и преимущественном образовании вакансий мышьяка. Учитывая разницу в давлениях насыщенных паров  $As$  и  $Ga$ , представляется естественным инконгруэнтное их испарение и формирование модифицированного слоя нестехиометрического состава.

В качестве количественной меры этого явления целесообразно ввести коэффициент инконгруэнтного испарения:

$$\delta = \frac{N_{As} - N_{Ga}}{N_{As} + N_{Ga}}, \quad (1)$$

где  $N_{As}$  - число улетевших атомов мышьяка;  $N_{Ga}$  - число улетевших атомов галлия. В случае конгруэнтного испарения, когда улетают атомы той и другой компоненты в одинаковом количестве,  $\delta = 0$ . При испарении атомов только одной из компонент  $\delta = 1$ .

Коэффициент инконгруэнтного испарения можно определить экспериментально по изменению массы кристалла после воздействия импульсами лазерного излучения и количеству образовавшихся при этом вакансий одной из компонент.

Так, при испарении, за счет улета атомов  $As$  и  $Ga$ , будет происходить уменьшение массы кристалла:

$$(M_1 - M_2) = m_{As} N_{As} + m_{Ga} N_{Ga}, \quad (2)$$

где  $M_1$  и  $M_2$  – масса кристалла соответственно до и после облучения;  $m_{As}$  – масса атома мышьяка;  $m_{Ga}$  – масса атома галлия. При этом при инконгруэнтном испарении число образовавшихся вакансий мышьяка будет определяться превышением числа улетевших атомов мышьяка над числом улетевших атомов галлия, а концентрация их ( $n_V$ ) в модифицированном слое, в предположении их равномерного распределения по его объему, будет определяться соотношением

$$n_V = \frac{2S(M_1 - M_2)}{m_{As}(1 + \delta) + m_{Ga}(1 - \delta)} \cdot \frac{1}{d \cdot S}, \quad (3)$$

где  $d$  – толщина модифицированного слоя;  $S$  – площадь поверхности модифицированного слоя. Отсюда следует, что коэффициент инконгруэнтного испарения связан с изменением массы кристалла и концентрацией вакансий мышьяка в модифицированном слое соотношением

$$\delta = \frac{m_{Ga} + m_{As}}{\frac{2(M_1 - M_2)}{n_V \cdot d \cdot S} - (m_{As} - m_{Ga})}. \quad (4)$$

В наших экспериментах кристаллы обрабатывались серией импульсами с суммарной плотностью энергии (80–90) Дж/см<sup>2</sup>. При этом толщина модифицированного слоя составляла 30 мкм, а концентрация вакансий мышьяка  $1.7 \cdot 10^{19}$  см<sup>-3</sup> [4]. Площадь поверхности модифицированного слоя равнялась 0.20 см<sup>2</sup>. Уменьшение массы кристалла после облучения измерялось на электронных весах типа ВПР-200 г с точностью  $\pm 0.5$  мг и составляло в среднем 5 мг.

Таким образом, рассчитанный по (4), коэффициент инконгруэнтного испарения для  $GaAs$  оказался равным  $2.5 \cdot 10^{-4}$ . Это вполне вероятно, так как давление насыщенных паров  $As$  и  $Ga$  сильно отличаются друг от друга.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] К а л ю ж н а я Г.А., К и с е л е в а К.В. // Тр. ФИАН. 1987. Т. 177. С. 5–84.
- [2] Ж и л я е в Ю.В., К ю т т Р.Н., Н и к и т и н а И.П. // ЖТФ. 1990. Т. 60. В. 11. С. 201–203.
- [3] F u j i m o t o J. // Jap. J. Appl. Phys. 1984. V. 23. N 5. P. L287–L292.
- [4] А н д р е е в а В.Д., А н и с и м о в М.И., Д ж у м а м у - х а м б е т о в Н.Г., Д м и т р и е в А.Г. // ФТП. 1990. Т. 24. В. 6. С. 1010–1013.