

ЛАЗЕРНЫЙ ОТЖИГ МНОГОСЛОЙНОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СТРУКТУРЫ GaAlAs / GaAs / GaAlAs / GaAs

М.И.Маркевич, А.С.Подольцев*, Ф.А.Пискунов, Чень Чао**, Лю И***
Институт электроники НАНБ, Логойский тракт, 22, Минск, тел. (017) 2653332,

*Институт тепло- и массообмена НАНБ,

**Сямьский университет,

***Чин Хуа университет

В настоящей работе проведено математическое моделирование лазерного отжига многослойной полупроводниковой структуры GaAlAs / GaAs / GaAlAs / GaAs. Показано, что в зависимости от длительности импульса, плотности мощности излучения по разному происходит процесс подлегирования алюминием слоя арсенида галлия.

Введение

Импульсный лазерный отжиг полупроводниковых слоев представляет особый интерес с точки зрения расширения технологических возможностей в процессе изготовления приборов электронной техники. В частности, может быть реализован селективный отжиг внутренних слоев в многослойной полупроводниковой структуре, если часть слоев прозрачна для излучения лазера. В отличие от отжига в квазистационарных условиях (например, нагрев электродуговой лампой), использование импульсного лазерного излучения в принципиальном плане позволяет произвести отжиг отдельно взятого внутреннего слоя, если возможен выбор такой длины волны излучения, для которой другие слои являются малопоглощающими [1]. При этом малое время лазерного воздействия обуславливает некоторую твердофазную диффузию атомов примеси между слоями, а также слабый прогрев непоглощающих излучение слоев.

Основная часть

В данной работе методом математического моделирования исследовано перераспределение температуры и концентрации Al в многослойной структуре GaAlAs / GaAs / GaAlAs / GaAs с толщинами слоев 2,0, 0,4, 1,0, 100 мкм соответственно, протекающее при импульсном лазерном воздействии. Анализ оптических параметров материалов [2] структуры показывает, что в интервале длин волн 0,617 - 0,875 мкм поглощение лазерного излучения имеет место в слое GaAs (коэффициент поглощения GaAs- 10^4 см^{-1} , а для GaAlAs он составляет примерно 10 см^{-1}), тогда как слои GaAlAs являются прозрачными. Математическая модель представлена нестационарными квазилинейными уравнениями теплопроводности и диффузии в неоднородной среде с соответствующими граничными условиями.

$$\rho(z) \cdot c_p(z) \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda(z) \cdot \frac{\partial T}{\partial z} \right) + N(t) \cdot q(z)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial C}{\partial z} \right)$$

$$D = D_0 \exp(-W / kT)$$

$$N(t) = \begin{cases} 1, & t < \tau; \\ 0, & t > \tau; \end{cases}$$

Поглощение по закону Бугера в i -ом слое многослойной пластины:

$$q_i(z) = E \cdot k_i \cdot \exp(-k_i \cdot (z - z_i)) \cdot q_{0i},$$

$$q_{i0} = \exp\left(-\sum_{j=1}^{i-1} k_j \cdot (z_j - z_{j-1})\right),$$

Граничные условия:

$$\left[\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial z} \right]_{z=0} = -\alpha_0(T - T_0);$$

$$\left[\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial z} \right]_{z=l} = -\alpha_0(T - T_0);$$

$$\frac{\partial C(0,t)}{\partial z} = 0$$

$$\frac{\partial C(z_5,t)}{\partial z} = 0$$

Начальные условия при $t=0$

$$T = T_0$$

$$C(z,0) = 0, \quad 0 < z < z_1$$

$$C(z,0) = C_1, \quad z_1 < z < z_2$$

$$C(z,0) = 0, \quad z_2 < z < z_3$$

$$C(z,0) = C_1, \quad z_3 < z < z_4$$

$$C(z,0) = 0, \quad z_4 < z < z_5$$

где z - продольная координата, z_i - координата начала i -го слоя, T - температура, t - время, k_i - коэффициент поглощения i -го слоя, c_p - теплоемкость, λ - теплопроводность, ρ - плотность, δ - толщина пластины, α_0 - коэффициент теплообмена облучаемой поверхности и коэффициент теплообмена на обратной стороне пластины, T_0 - температура окружающего воздуха, $q(z)$ - объемная плотность тепловыделения за счет поглощения излучения, $N(t)$ - зависимость интенсивности излучения от времени, τ - продолжительность лазерного импульса, E - плотность мощности излучения, C_1 - относительная концентрация Al, D - коэффициент диффузии, D_0 - частотный фактор, W - энергия активации диффузии.



Численное решение уравнения производилось в конечных разностях методом прогонки. В работе были получены зависимости изменения температуры от времени в каждом слое многослойной структуре, а также зависимости концентрации алюминия по толщине структуры.

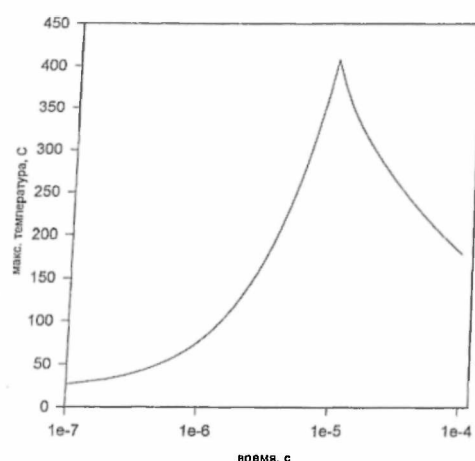


Рис.1.
Зависимость максимальной температуры от времени по всей толщине структуры длительности импульса 10^{-5} с, $E = 5.5 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$

На рис.1 представлена зависимость максимальной температуры по времени. Следует отметить, что максимальная температура по пространству несколько перемещается в более глубокие слои, но не достигает подложки. Максимум температуры достигается прежде всего во втором слое, как наиболее поглощающем. Существует большая разница в температурах по пространству между слоями. Эта разница объясняется селективным поглощением слоев полупроводниковой структуры.

На рис.2 представлена зависимость изменения относительной концентрации Al в конце теплового импульса от глубины слоистой структуры.

Как следует из рис.2 происходит диффузия Al из первого слоя и третьего слоя во второй слой. Второй слой, как бы несколько заплывает, а в третьем слое концентрация алюминия так же несколько убывает. Следует отметить, что диффу-

зии алюминия в подложку практически нет.

Заключение

Проведенный анализ влияния режимных параметров (плотность теплового потока, время воздействия и др.) на процесс отжига многослойной структуры лазерным импульсом показывает, что при длительностях импульса 10^{-5} с и менее и длине волны $\lambda = 0,632 \text{ мкм}$ для структуры GaAlAs/GaAs/GaAlAs/GaAs происходит диффузия Al из первого и третьего слоя во второй слой GaAs. Диффузия Al в подложку практически не наблюдается.

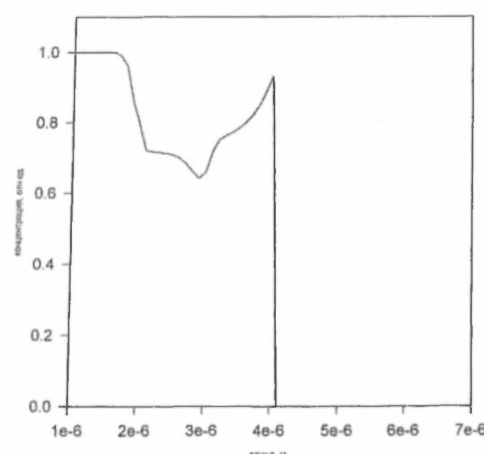


Рис.2.
Зависимость изменения относительной концентрации от глубины структуры (длительность импульса 10^{-5} с, плотность мощности излучения $E = 5.5 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$)

Список литературы

1. Маркевич М.И., Подольцев А.С., Пискунов Ф.А., Янушкевич В.А. Кинетика наносекундного лазерного отжига имплантированного примесью кремния // Физика и химия обработки материалов. - 1996, N2, с.25-29.
2. Оптические свойства полупроводников (полупроводниковые соединения типа A_3B_5) / Под редакцией Р. Уиллардсона и А.Бира. М.: Мир, 1970. - 487с.

LASER ANNEALING OF MULTILAYER SEMICONDUCTOR STRUCTURE GaAlAs / GaAs / GaAlAs / GaAs

M.I.Markevich, A.S.Podol'tsev, F.A.Piskunov, Chen Chao, Yi Luo
Institute of Electronics,
Heat and Mass Transfer Institute, Minsk, Belarus,
Xiamen University, Tsinghua University, China

Pulsed laser annealing of semiconductor structures is a promising method of material processing. It opens wide opportunities in manufacturing of the discrete semiconductor circuits. Strongly non-uniform absorption of radiation by a materials surface can lead to undesirable results of processing. In this connection searches of new perspective methods of laser processing are required. Use of pulsing laser radiation permits to make the annealing of a separate layer. Small time of laser effect causes an insignificant solid-phase diffusion of atoms of an impurity between layers. The present research uses mathematical modelling to analyze temperature redistribution in a multilayer compound, such as GaAlAs/GaAsGaAlAs/GaAs structure, during pulsed laser processing. The distribution of temperatures in each layer of the compound indicates to a possibility of annealing of GaAs under the layer of GaAlAs while keeping the diffusion of atoms from adjacent layers negligible.

3-я международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом», 6-8 октября 1999 г., Минск, Беларусь
3-d International Conference «Interaction of Radiation with Solids», October 6-8, 1999, Minsk, Belarus



This document has been
edited with **Infix PDF Editor**
- free for non-commercial use.

To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm