

УДК 533.915

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ДИФФУЗИИ АТОМОВ КРЕМНИЯ В ЖИДКОЙ ФАЗЕ АЛЮМИНИЯ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ СТРУКТУРЫ AL-SI НАПРАВЛЕННЫМ ПОТОКОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ

Д.А. Мокеев

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент В.А. Колпаков  
Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва

Изготовление дифракционных оптических элементов (ДОЭ) на кремниевых подложках осуществляют методами сухого травления в потоках плазмы, формируемых ВЧ-, СВЧ и магнетронным разрядами. Профиль и глубина канавок получаются при этом искаженными относительно расчетных значений.

В данной работе рассмотрена система жидкий алюминий – кремний, облучаемая ионно-электронным потоком, сформированным газовым разрядом высоковольтного типа (ГРВТ) с энергией частиц до 6 кэВ и током 120 мА. Теоретически показана возможность существования потока пустот атомного размера ("вакансий") в объеме жидкой фазы алюминия при облучении его поверхности отрицательно заряженными частицами (ионами кислорода и электронами).

Среднюю энергию, передаваемую электронами и ионами атому алюминия, определим, соответственно, из выражений:

$$\Delta T_e = \frac{2eUm_e}{M},$$
$$\Delta T_i = \frac{4eUm_iM}{(m_i + M)^2},$$

где  $M$  – масса атома алюминия;  $U$  – ускоряющее напряжение;  $m_e$  – масса электрона;  $m_i$  – масса иона кислорода.

Подставляя  $M = 44,82 \cdot 10^{-27}$  кг и  $U = 3,6$  кВ, а также массы для электрона  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг и иона кислорода  $m_i = 26,5 \cdot 10^{-27}$  кг, получим, соответственно,  $\Delta T_e = 0,23$  эВ и  $\Delta T_i = 3,3$  кэВ.

Энергия активации «вакансий» составляет 0,8-0,9 эВ, т.е. энергии частиц плазмы вполне достаточно для образования потока «вакансий».

Показана возможность формирования каталитической маски для создания микрорельефа дифракционных оптических элементов путем погружения жидкого алюминия в приповерхностный слой подложки. Внедрение атомов алюминия в кристаллическую решетку кремния приводит к ослаблению атомных связей, что позволяет стандартными химическими методами удалять насыщенный полупроводником слой каталитической маски. В области травления формируется дифракционный микрорельеф, форма профиля которого строго повторяет форму каталитической маски, причем управление его параметрами можно осуществлять непосредственно во время технологического процесса изменением параметров потока плазмы.