О ВОЗМОЖНОСТИ КОНВЕКТИВНОГО ПЕРЕНОСА ТЕПЛА В ПРОЦЕССЕ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННОГО ПЛАВЛЕНИЯ КРЕМНИЯ

Е.И. Гацкевич, С.П. Жвавый, Г.Д. Ивлев, Д.Н. Шараев

Институт электроники НАН Беларуси, г. Минск

Согласно [1] измеренные значения пиковой температуры поверхности кремния в условиях лазерно-индуцированного плавления существенно ниже полученных из численного решения уравнения теплопроводности в диффузионном приближении, что можно объяснить “включением” дополнительного (помимо тепловой диффузии) механизма переноса тепла в жидкой фазе. Рассмотрены возможности существенного повышения эффективности теплопереноса от скин-слоя, в котором происходит выделение тепла при поглощении лазерного излучения, к фронту плавления за счет развития термокапиллярных волн и конвективного механизма теплопередачи.

Для эффективного коэффициента теплопередачи в расплаве толщиной h при наносекундном лазерном нагреве было сформулировано выражение

$$k_{eff} = k \left(1 + Aq \left(1 - \frac{h T_t - T_m}{h_t T - T_m} \right) \right),$$

где k – коэффициент теплопроводности расплава кремния в стационарных условиях, q – плотность теплового потока на свободной поверхности расплава, T_t и h_t – пороговые значения температуры и толщины слоя расплава, при которых возникает конвективный перенос тепла, T_m – температура плавления, $A \sim 10^{-7}$ см²/Вт.

Численное моделирование фазовых переходов в кремнии, инициируемых наносекундным излучением рубинового лазера, проводилось на основе одномерного уравнения теплопроводности с учетом эффективного коэффициента теплопередачи в расплаве. Рассчитанные значения хорошо согласуются с экспериментальными данными как по пиковой температуре поверхности расплава в зависимости от плотности энергии лазерного облучения, так и по времени существования жидкой фазы при $A = 0,2 \cdot 10^{-7}$ см²/Вт и $(T_t - T_m)/h_t = 2 \cdot 10^5$ К/см.

Работа выполнялась при поддержке БРФФИ по проекту Ф99-184.

1. Ivlev G.D., Gatskevich E.I., Sharaev D.N. // Proc. SPIE. 2001. V. 4157. P.78–81.