



# ЛАЗЕРНЫЙ ОТЖИГ

Авторы: Р. М. Баязитов

---

ЛАЗЕРНЫЙ ОТЖИГ, физическое явление и метод быстрой ориентированной кристаллизации твёрдых тел под действием импульсного лазерного излучения высокой интенсивности. Как физич. явление Л. о. открыт в 1974–75 в ряде ин-тов АН СССР (Гос. пр., 1988). Как метод Л. о. был предложен И. Б. Хайбуллиным с сотрудниками (Казанский физико-технич. ин-т) и означал восстановление кристаллич. структуры тонких (толщиной менее 1 мкм) полупроводниковых слоёв, разупорядоченных при [ионной имплантации](#). Л. о. предложен как альтернатива термич. отжигу, широко применяемому в микроэлектронике после имплантации ионов электроактивных примесей (напр., фосфора или бора) в полупроводниковый кремний для создания слоёв проводимости электронного или дырочного типа. В широком смысле Л. о. означает разл. структурные и фазовые превращения в твёрдых телах (полупроводниках, металлах, диэлектриках) под действием лазерного излучения. Л. о. положен в основу науч. направления и технологии импульсной модификации материалов интенсивными пучками электромагнитных волн, электронов, ионов.

Осн. механизм Л. о. полупроводников и др. материалов в широком диапазоне длительностей лазерного излучения является тепловой. В зависимости от скорости и степени нагрева, определяемых плотностью мощности и длительностью излучения, а также оптич. и теплофизич. свойствами материала, реализуются 2 режима Л. о. – твердофазный и жидкофазный.

Твердофазный режим, осуществляемый при воздействии импульсами лазера (или импульсных ламп) длительностью  $10^{-3}$ –10 с, позволяет снизить до минимума диффузионное перераспределение примеси. Этот режим широко применяется для отжига интегральных схем, создания сверхтонких (толщиной менее 0,1 мкм) сильнолегированных слоёв, уплотнения тонкоплёночных покрытий, сглаживания

микрорельефа поверхности и т. п.

Жидкофазный режим Л. о. реализуется при воздействии интенсивного лазерного импульса длительностью  $10^{-9}$ – $10^{-6}$  с. При Л. о. в этом режиме в условиях высокого темпа нагрева и охлаждения (до  $10^{12}$  градус/с) происходит быстрая направленная кристаллизация равновесных или метастабильных расплавов со скоростями (до 10 м/с), превышающими скорости образования протяжённых дефектов кристаллич. структуры. В этом режиме Л. о. повышается также сечение захвата примесей движущейся границей раздела фаз. При воздействии коротковолнового излучения в пикосекундном диапазоне длительности импульса (менее  $10^{-9}$  с) скорости охлаждения и затвердевания возрастают, что приводит к срыву кристаллизации и аморфизации материалов.

Уникальными и технологически важными особенностями Л. о. являются высокая пространственная локальность модифицирования тонких слоёв и отд. участков поверхности с размерами менее 0,1 мкм; отсутствие ростовых дефектов (дислокаций, кластеров примесей и др.) в кристаллич. слоях, подвергнутых отжигу; повышенный уровень растворимости примесей в кристаллах, в десятки раз превышающий их равновесную растворимость. Внедрение (напр., ионной имплантацией либо диффузией) электроактивных примесей в полупроводниковые кристаллы с последующим Л. о. приводит к значит. снижению удельного электрич. сопротивления элементов полупроводниковых приборов. Л. о. позволяет синтезировать новые тонкоплёночные (в т. ч. нанокристаллические) материалы и обрабатывать сложные структуры и легкоразлагающиеся соединения на воздухе без использования защитных сред. Импульсное лазерное воздействие широко применяется при разработке новых приборов микро- и наноэлектроники.

## Литература

Лит.: Качурин Г. А., Придачин Н. Б., Смирнов Л. С. Отжиг радиационных дефектов импульсным лазерным облучением // Физика и техника полупроводников. 1975. Т. 9. Вып. 7; Штырков Е. И., Хайбуллин И. Б. и др. Локальный лазерный отжиг ионно-легированных полупроводниковых слоев // Там же. 1975. Т. 10. Вып. 10; Импульсный

отжиг полупроводниковых материалов. М., 1982; Ахманов С. А. и др. Воздействие мощного лазерного излучения на поверхность полупроводников и металлов // Успехи физических наук. 1985. Т. 147. № 12; Модифицирование и легирование поверхности лазерными, ионными и электронными пучками / Под ред. М. Поута. М., 1987; Ивлев Г. Д., Гацкевич Е. И. Фазовые превращения, инициируемые в тонких слоях аморфного кремния наносекундным воздействием излучения эксимерного лазера // Физика и техника полупроводников. 2003. Т. 37. № 5.