

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА КРЕМНИЯ И СИСТЕМЫ КРЕМНИЙ-ОКИСЕЛ В БЛИЖНЕМ ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Сиверс А.Н. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.ф.-м.н. Поляков Д.С.

(Университет ИТМО)

В докладе представлены результаты исследований различных режимов лазерного воздействия на кремний и систему кремний-окисел, способных увеличить эффективность его люминесценции в ближнем ИК диапазоне.

Введение. Кремний является самым распространенным и доступным из материалов, используемых в современной микроэлектронике. В связи с этим одной из перспективных задач современной микроэлектроники является создание светоизлучающих структур на его основе. В настоящее время кремний не имеет широкого применения в качестве излучающего материала, так как скорость излучательной рекомбинации в нем на несколько порядков ниже, чем в прямозонных полупроводниках. Разработанные на сегодняшний день кремниевые светодиоды способны излучать при комнатной температуре с внешней квантовой эффективностью не более 0.1%. Для увеличения эффективности излучения кремния были предложены различные подходы, в том числе, использование т.н. дислокационной люминесценции. Спектр дислокационной люминесценции обычно состоит из четырех линий, лежащих в ближнем ИК диапазоне, одна из которых, являющаяся, как правило, наиболее интенсивной, соответствует окну прозрачности волоконной оптики (~1.55 мкм) и может быть использована для создания кремниевых светодиодов. Существующие методы контролируемого введения дислокаций в кремний либо не совместимы с полупроводниковой технологией, либо не могут обеспечить формирование достаточно глубоких слоев с дислокациями, необходимых для достижения высокой выходной мощности светодиодов. В этой связи большой интерес представляет исследования лазерных методов формирования дислокационных структур в кремнии.

Основная часть. В проведённых экспериментах в качестве образцов использовались пластины монокристаллического кремния, а также пластины монокристаллического кремния с термически выращенным слоем диоксида кремния.

Облучение образцов осуществлялось импульсами наносекундного волоконного иттербиевого лазера путем построчного сканирования лазерного луча по поверхности. В ходе эксперимента варьировались следующие параметры лазерного излучения: мощность излучения, длительность импульса, количество циклов сканирования, диаметр пучка.

Измерения люминесценции проводились при температурах от 10К и выше. Для возбуждения люминесценции образец облучался лазерным пучком с длиной волны 532 нм; регистрация спектров люминесценции производилось в диапазоне длин волн 1000-1650 нм.

Было установлено, что дислокационная люминесценция наблюдается на окисленных подложках, облученных “длинными” (~ 200 нс) наносекундными импульсами с плотностями мощности ниже порога плавления кремния. Показано, что толщина слоя с введенными дислокациями составляет ~ 4-5 мкм, что выше соответствующих значений, характерных для метода ионной имплантации. Исследована трансформация спектров люминесценции при изменении числа циклов сканирования и повышении температуры измерения. На не окислённых подложках дислокационная люминесценция наблюдалась при низких скоростях сканирования и высоких частотах следования импульсов, при этом можно ожидать ещё большую толщину сформированного оптически активного слоя.

Выводы. В ходе выполнения работы было установлено, что лазерное излучение может рассматриваться как инструмент, позволяющий контролируемым образом формировать

дислокационные структуры в кремнии, который совместим с современной полупроводниковой технологией. Светоизлучающие дислокационные структуры, сформированные при лазерном облучении кремния, представляют интерес для создания эффективных кремниевых светодиодов с длиной волны, соответствующей окну прозрачности волоконной оптики (~ 1.55 мкм).