

ного диода составило 11%, при этом с приближением к максимальной температуре величина снижения мощности возрастала (падение мощности от 20°C до 50°C составило 7%).

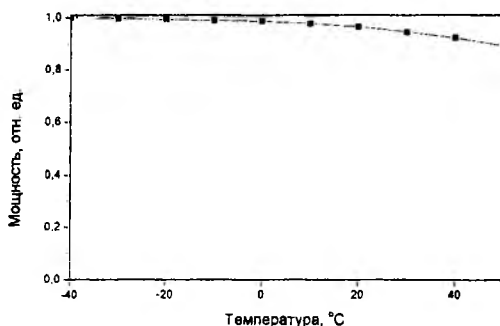


Рисунок 4 – Зависимость выходной мощности лазерного диода накачки от температуры

Вклад в изменение выходной мощности микрочип лазера при изменении его температуры вносит также температурный сдвиг длины волны излучения лазерного диода, что приводит к работе микрочип лазера на краях полосы поглощения иона Yb (для рассматриваемого случая полоса поглощения с пиком 940 нм). Сдвигом длины волны излучения лазерного диода объясняется повышение выходной мощности микрочип лазера на

УДК 621.315.592

ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕЛЛУРИДАХ СВИНЦА И КАДМИЯ

Ивлев Г.Д.¹, Гацкевич Е.И.², Малевич В.Л.³, Шимко А.Н.³

¹Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

³Институт физики НАН Беларуси им. Б.И. Степанова, Минск, Беларусь

В настоящее время большой интерес исследователей вызывает теллурид свинца в связи с его уникальными термоэлектрическими свойствами, что позволяет использовать его как базовый материал при разработке различных преобразователей энергии, а также в альтернативных источниках энергии [1]. Для повышения эффективности разрабатываемых приборов необходимо иметь материалы с максимально высокой термоэлектрической добротностью. Есть различные способы увеличения добротности теллурида свинца, в частности, это введение легирующих примесей, а также наноструктурирование образцов при изменении условий выращивания. Одним из способов модификации свойств различных материалов является лазерное воздействие.

В настоящей работе проведено исследование воздействия наносекундных импульсов излучения рубинового лазера на образцы PbTe.

температуре -40°C по сравнению с температурой -30°C, когда длина волны накачки переходит из полосы поглощения с пиком 940 нм в полосу поглощения с пиком 915 нм.

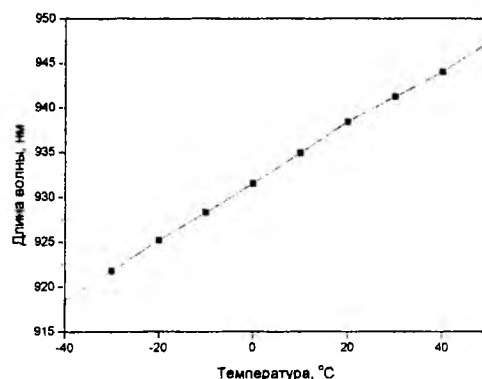


Рисунок 5 – Зависимость длины волны лазерного диода в зависимости от температуры

В ходе экспериментов была определена температурная зависимость выходной мощности микрочип лазера на кристалле Yb³⁺:YAG с диодной накачкой в диапазоне изменения температуры окружающей среды в пределах -40°C - +50°C, а также определено влияние отдельных элементов лазерной системы на ее выходные характеристики.

Лазерно-индуцированные процессы в теллуридах свинца до настоящего времени практически не исследовались, поэтому для сравнения приведены данные, полученные в аналогичных условиях облучения для исследованного материала - теллурида кадмия [2]. Для диагностики лазерно-индуцированных процессов использовался метод оптического зондирования. Метод оптического зондирования широко используется для исследования воздействия лазерного излучения на полупроводниковые материалы. В указанном методе диагностика лазерно-индуцированных процессов осуществляется на основе того факта, что большинство полупроводников при плавлении переходят в металлическое состояние, характеризующееся высокими значениями коэффициента отражения. Наличие области повышенного отражения на осциллограммах отраженного зондирующего излучения (ЗИ) свидетельствует о фа-

зовом переходе твердое тело – расплав. Длительность фазы повышенного отражения определяет времени существования расплава, а плотность энергии, при которой начинается существенное возрастание отражения, является порогом плавления. Таким образом, используя метод оптического зондирования, определяют порог плавления и длительность фазовых превращений.

В отличие от указанных выше полупроводников при плавлении теллуридов кадмия и свинца не происходит фазового перехода полупроводник – металл, что затрудняет диагностику лазерно-индуцированных превращений методом оптического зондирования и вообще ставит под сомнение возможность использования указанного метода применительно к теллуридам.

Исследуемые образцы PbTe и CdTe подвергались воздействию импульсов излучения рубинового лазера длительностью 80 нс в широком диапазоне плотностей энергий. Оптическая схема лазера обеспечивала высокую однородность излучения в зоне лазерного воздействия. В центр зоны нагрева под углом 45° направлялся зондирующий двухлучевой пучок с длинами волн $\lambda_1=1.06$ и $\lambda_2=0.53$ мкм. Зеркально отраженное излучение детектировалось двумя ФЭУ и двухлучевым осциллографом. Время нарастания переходной характеристики регистрирующего тракта не превышало 8 нс. Плотность энергии облучения варьировалась от 0.1 до 0.35 Дж/см².

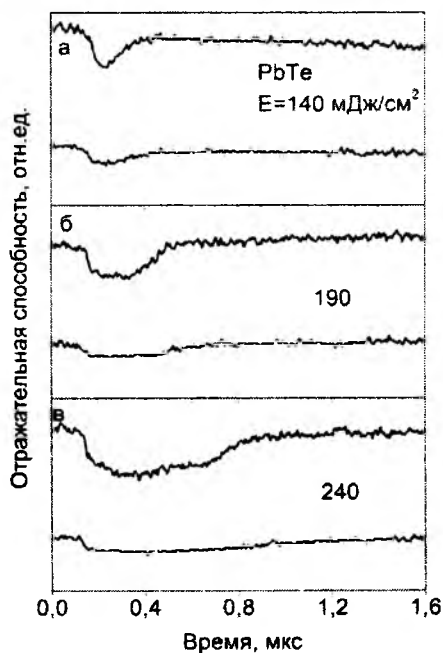


Рисунок 1 – Динамика отражательной способности PbTe на двух длинах волн при облучении импульсом рубинового лазера с указанными плотностями энергии; верхние кривые соответствуют 1.06 мкм, нижние – 0.53 мкм

На рисунках 1 и 2 приведены типичные временные зависимости отражательной способности R теллуридов свинца и кадмия при облучении с различными плотностями энергий.

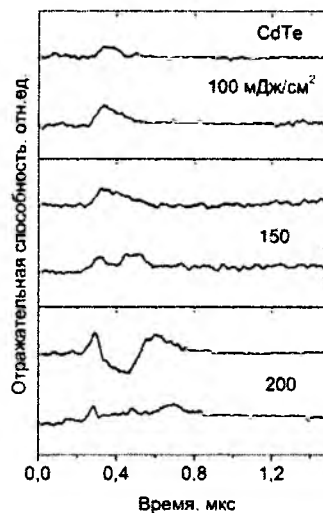


Рисунок 2 – Динамика отражательной способности CdTe на двух длинах волн при облучении импульсом рубинового лазера с указанными плотностями энергии; верхние кривые соответствуют 1.06 мкм, нижние – 0.53 мкм

Для обоих материалов динамика отражательной способности изменяется с ростом плотности энергии облучения, эти изменения более выражены на λ_1 . Характер временных зависимостей R в исследуемых материалах существенно различается. Для PbTe при $E \leq 0.14$ Дж/см² наблюдается уменьшение отражательной способности и затем R возвращается к первоначальному значению (рис. 1, а). Увеличение E до 0.19 Дж/см² ведет к удлинению стадии пониженного отражения (рис. 1, в) для обеих длин волн. С дальнейшим возрастанием плотности энергии облучения характер поведения отражательной способности не изменяется, но длительность фазы пониженного отражения становится длиннее.

Оценки температуры поверхности показывают, что пиковая температура поверхности изменяется от 1800 К до 2900 К с ростом плотности энергии облучения от 140 до 240 мДж/см². Поскольку при оценке не учитывались поглощенные тепла при плавлении, то приводимая нами оценка дает завышенные значения. Однако, если учесть, что температура плавления PbTe равна приблизительно 1100 К, можно утверждать, что образец, вероятно, переходит в расплавленное состояние. Таким образом, динамика отражательной способности, наблюдаемая на рисунках 1 «б» и «в», возникает благодаря фазовому переходу из твердого состояния в жидкое. В этом

случае время существования жидкой фазы определяется длительностью фазы пониженного отражения.

Аналогичные зависимости, полученные в тех же экспериментальных условиях, для CdTe показывают, что при наличии плавления временная зависимость отражательной способности характеризуется двумя слабо выраженными максимумами (рис.2). Наблюдаемая динамика может быть объяснена температурной зависимостью коэффициента отражения и интерференционными эффектами при отражении зондирующего излучения от системы расплавленный слой – нагретый монокристалл.

Особенности динамики отражательной способности PbTe могут быть объяснены необычной зависимостью ширины запрещенной зоны, и, следовательно, индекса преломления от температуры. В отличие от большинства полупроводников, в которых ширина запрещенной зоны

сужается с ростом температуры, в PbTe ширина запрещенной зоны возрастает от 0.19 до 0.36 эВ при изменении температуры от 0 К до 450 К и далее не изменяется. Благодаря этому, коэффициент преломления и отражательная способность PbTe уменьшаются с ростом температуры.

Работа выполнена при частичной поддержке БРФФИ по проектам Ф13К – 117 и Ф13К-063.

1. New Directions for Low-Dimensional Thermoelectric Materials / M.S. Dresselhaus [et al.]// *Advanced Materials*.-2007.-V.19, No.8.-P.1043-1053.
2. Ивлев, Г.Д. / Г.Д. Ивлев, Е.И. Гацкевич Динамика отражения и поглощения теллурида кадмия при лазерно-индуцированных фазовых превращениях // *Приборостроение*. – 2006. – Т. 49, № 9.– С. 19-25.

УДК 621

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА МАТЕРИАЛА ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Карпович Е.Ф., Колонтаева Т.В.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Стекло широко применяется в электронике в микросхемах, микросборках электронных приборов, транзисторах, диодах, электроннолучевых трубках и электронных лампах, в кварцевых резонаторах, конденсаторах, резисторах и других приборах. Отличительным свойством стекла является его большая устойчивость к воздействию многих химических реагентов, а также устойчивость к воздействию воды и паров металла

Под легкоплавкими обычно подразумевают стекла, температура размягчения которых не превышает 600 °С. Компонентами, обуславливающими легкоплавкость стекол, могут быть ионы некоторых тяжелых металлов, ионы с внешней электронной оболочкой, содержащей 18 и более электронов, крупные легкодеформируемые ионы и ионы с малыми зарядами.

В настоящее время для покрытия, спаивания и герметизации различных материалов применяют легкоплавкие стекла: свинецсодержащие, боратные, фосфатные, ванадатные, висмутсодержащие. Каждая конкретная область применения легкоплавкого стекла определяется его свойствами.

Термические свойства стекол являются важнейшими свойствами, т.к. в процессе формирования стекло нагревается до высоких температур, а в процессе эксплуатации электронные приборы стекло испытывает тепловую нагрузку.

Термические свойства стекла определяют термическое расширение при нагреве, которое способствует возникновению механических напряжений в зонах стекла с различной температурой и в зонах спаивания стекла с другими стеклами и металлами при одинаковой их температуре из-за различия величины коэффициентов термического расширения.

При спаивании стекол друг с другом и с металлами необходимо прежде всего принимать во внимание напряжения, обусловленные различием коэффициентов термического расширения. Для предупреждения разрушения спаивания эти напряжения не должны превышать предела прочности стекла на растяжение, а режим охлаждения должен способствовать уменьшению этих напряжений.

В настоящей работе была поставлена задача по разработке легкоплавкого стекла на основе оксида висмута с повышенными физико-химическими свойствами, позволяющими использовать это стекло в качестве припоя при спаивании элементов прибора, изготовленного из стекла марки ХС-1, работающего в агрессивных электролитах.

Анализ литературных данных показал, что висмутсодержащие стекла обладают более высокими физико-химическими свойствами по сравнению со свинцовыми, боратными, фосфатными и другими легкоплавкими стеклами. На этом ос-