

А

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

Л. В. Жукова
А. С. Корсаков
Д. С. Врублевский

НОВЫЕ ИНФРАКРАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: КРИСТАЛЛЫ И СВЕТОВОДЫ

2-е издание, стереотипное

Москва
Издательство «ФЛИНТА»
Издательство Уральского университета
2017

А

УДК 004.94; 548.55; 681.7.068.2
ББК 22.37
Ж 89

Научный редактор
профессор, доктор физико-математических наук *Б. В. Шульгин*

Рецензенты:
профессор, доктор физико-математических наук *И. И. Мильман*
профессор, доктор химических наук *И. Х. Аветисов*

Жукова, Л. В.
Ж 89 Новые инфракрасные материалы: кристаллы и световоды [Электронный ресурс] : [монография] / Л.В. Жукова, А.С. Корсаков, Д.С. Врублевский. — 2-е изд., стер. — М. : ФЛИНТА : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 280 с.

ISBN 978-5-9765-3103-1 (ФЛИНТА)
ISBN 978-5-7996-1357-0 (Изд-во Урал. ун-та)

В монографии представлены сведения об изучении свойств и синтезе новых кристаллов на основе твердых растворов галогенидов серебра и одновалентного таллия, из которых получают методом экструзии уникальные по оптико-механическим свойствам световоды для среднего ИК-диапазона. Изготовлено оборудование для получения сырья и выращивания кристаллов.

Монография будет полезна студентам, аспирантам, инженерно-техническим работникам, занимающимися вопросами получения ИК-световодов и волоконной оптики.

УДК 004.94; 548.55; 681.7.068.2
ББК 22.37

© Уральский федеральный университет, 2014
ISBN 978-5-9765-3103-1 (ФЛИНТА) © Жукова Л. В., Корсаков А. С.,
ISBN 978-5-7996-1357-0 (Изд-во Урал. ун-та) Врублевский Д. С., 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие научного редактора	6
ВВЕДЕНИЕ	8
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КРИСТАЛЛАХ ГАЛОГЕНИДОВ ОДНОВАЛЕНТНОГО ТАЛЛИЯ И ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА ИХ ОСНОВЕ КРС-5, КРС-6	12
1.1. Химическая связь в кристаллах галогенидов одновалентного таллия	12
1.2. Диаграммы состояния систем на основе галогенидов одновалентного таллия $TlCl - TlBr$ и $TlBr - TlI$	15
Методика эксперимента.....	16
1.3. Физико-химические свойства ИК-кристаллов.....	20
Глава 2. КРИСТАЛЛЫ ГАЛОГЕНИДОВ СЕРЕБРА И ТВЕРДЫЕ РАСТВОРЫ НА ИХ ОСНОВЕ.....	27
2.1. Диаграммы состояния систем $AgCl - AgBr$, $AgCl - AgI$, $AgBr - AgI$	29
2.2. Система $AgCl - AgBr - AgI$	33
2.2.1. Характеристика исходных материалов и методы исследования ...	34
2.2.2. Политермические сечения системы $AgCl - AgBr - AgI$	40
Система I (69 % $AgBr$, 31 % $AgCl$) – AgI	40
Система IV (54 % AgI , 46 % $AgCl$) – $AgBr$	42
Система V (65 % AgI , 35 % $AgCl$) – $AgBr$	43
Система VI (23 % AgI , 77 % $AgBr$) – $AgCl$	45
2.3. Расчет изоморфной емкости матриц хлорид-бромид серебра.....	46
Глава 3. НОВЫЕ КРИСТАЛЛЫ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ГАЛОГЕНИДОВ СЕРЕБРА И ОДНОВАЛЕНТНОГО ТАЛЛИЯ	54
3.1. Физико-химические свойства галогенидов серебра и йодида одновалентного таллия	54
3.2. Исследование фазовой диаграммы системы $AgBr - TlI$	57
3.3. Рентгеноструктурный анализ твердых растворов галогенидов металлов, полученных методом ТЗКС	63

3.4. Рентгеноструктурный анализ кристаллов твердых растворов галогенидов металлов.....	65
3.5. Рентгеноструктурный анализ твердых растворов $\text{AgBr} - \text{TiI}$	68
3.6. Моделирование структуры ИК – кристаллов.....	72
3.7. Исследование фазовой диаграммы системы $\text{AgBr} - (\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54})$	76
3.7.1. Моделирование твердых растворов системы $\text{AgBr} - (\text{KPC-5})$	76
3.7.2. Термодинамическое исследование диаграммы фазовых равновесий в системе $\text{AgBr} - (\text{KPC-5})$	77
3.8. Физико-химические свойства кристаллов на основе галогенидов серебра и одновалентного таллия. Аппаратурное оформление.....	83
3.8.1. Определение примесей и химического состава кристаллов.....	83
3.8.2. Определение показателя преломления кристаллов.....	84
3.8.3. Спектральное пропускание ИК-кристаллов.....	92
3.8.4. Исследование зависимости влияния состава кристаллов на коэффициент Пуассона, модуль Юнга и модуль сдвига.....	94
3.9. Оптико-механические свойства кристаллов системы $\text{AgCl}_x\text{Br}_{1-x}$	95
Глава 4. СИНТЕЗ КРИСТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ ГАЛОГЕНИДОВ СЕРЕБРА И ОДНОВАЛЕНТНОГО ТАЛЛИЯ ...	102
4.1. Синтез «сложнолегированного» сырья для выращивания кристаллов.....	103
4.2. Выращивание кристаллов методом Бриджмена – Стокбаргера.....	107
4.3. Новые установки КПЧ-01 и КПЧ-02, реализующие метод Бриджмена с аксиальной вибрацией расплава.....	113
4.4. Химико-механическая обработка кристаллов.....	130
Глава 5. КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ИНФРАКРАСНЫЕ СВЕТОВОДЫ: МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ, ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ.....	138
5.1. Вывод фундаментальных характеристик световода.....	140
5.2. Моделирование оптических волокон.....	143
5.3. Методика Source-Model Technique для анализа жестко связанных мод в фотонно-кристаллическом волокне.....	146
5.3.1. Геометрия диэлектрического волокна.....	150
5.3.2. Задачи метода Source-Model Technique.....	151
5.3.3. Фотонные ИК-световоды (PCF) с поллой сердцевинной.....	158
Описание геометрии.....	158
Размещение источников.....	158
Симметрия волокон.....	159
Числовые результаты.....	162
5.3.4. Выбор меры точности.....	168

5.4. Моделирование ИК-световодов.....	168
5.4.1. Моделирование кварцевых световодов.....	168
5.4.2. Моделирование двухслойных ИК-световодов на основе кристаллов твердых растворов галогенидов серебра и таллия (I) со ступенчатым профилем показателя преломления.....	178
5.4.3. Моделирование двухслойных световодов на основе кристаллов твердых растворов галогенидов серебра и таллия (I) с увеличенным диаметром поля моды.....	183
5.5. Получение инфракрасных световодов.....	189
5.6. Исследование оптико-механических свойств ИК-световодов	193
5.6.1. Измерение спектрального пропускания.....	193
5.6.2. Измерение оптических потерь.....	195
5.6.3. Исследование пространственного распределения мод, вытекающих из ИК-световодов.....	198
5.6.4. Исследование фотостойкости ИК-световодов.....	200
5.6.5. Определение прочности световодов на разрыв.....	204
5.7. Области применения ИК-световодов.....	206
5.7.1. Применение в лазерной медицине	207
5.7.2. Применение в сенсорных волоконно-оптических системах.....	210
5.7.3. Спектроскопия затухающей волны	212
5.7.4. Кристаллические волоконные сцинтилляторы	213
5.7.5. Космические исследования и технологии	214
5.7.6. Волоконные лазеры.....	217
5.7.7. Волоконные зонды для ИК-Фурье спектроскопии	219
 Глава 6. ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ ИЗ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК.....	 234
6.1. Виды линз и их характеристики.....	235
6.2. Теоретический расчет характеристик оптических изделий	237
6.3. Компьютерное моделирование хода лучей	238
6.4. Оснастка и установка для прессования оптических изделий.....	244
 Приложение 1. Патенты Российской Федерации.....	 253
Приложение 2. Международные и российские дипломы	263
Приложение 3. Инновационно-внедренческий центр «Центр инфракрасных волоконных технологий» при Химико-технологическом институте УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина.....	269