

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Казанский государственный технологический университет»

В.Н. Серова

ОПТИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ
НА ОСНОВЕ
ПРОЗРАЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Монография

Казань
КГТУ
2010

УДК 621.357.82:678.744.33

Серова, В.Н.

Оптические и другие материалы на основе прозрачных полимеров: монография / В.Н. Серова; Федер. агентство по образованию, Казан. гос. технол. ун-т. – Казань: КГТУ, 2010. – 540 с. ISBN 978-5-7882-0866-4

Приведены основные сведения об оптических свойствах полимеров, сравнительные характеристики органических стекол (и других полимерных материалов), способы их модификации, включая разработанные в Казанском государственном технологическом университете. Отражено развитие исследований в традиционных областях применения прозрачных полимеров, а также рассмотрены современные тенденции в области создания функциональных полимерных материалов, содержащих наноразмерные наполнители, обладающих нелинейно-оптическими и другими свойствами.

Предназначена для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов и студентов, специализирующихся в области синтеза, исследования свойств, модификации и переработки оптически прозрачных полимеров, а также инженерно-технических работников отраслей, связанных с их применением.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского государственного технологического университета.

Рецензенты: д-р техн. наук *Э.Р. Галимов* (Казанский государственный технический университет);
д-р физ.-мат. наук *И.М. Несмелова* (Федеральное государственное унитарное предприятие НПО «Государственный институт прикладной оптики»)

ISBN 978-5-7882-0866-4

© Серова В.Н., 2010

© Казанский государственный технологический университет, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ВВЕДЕНИЕ	13
Принятые сокращения и условные обозначения	14
ГЛАВА I. ОПТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ: ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	16
1.1. Отличительные свойства и классификация оптических материалов	16
1.2. Традиционные оптические (неорганические) материалы ..	18
1.3. Органические полимеры в качестве оптических сред	21
1.3.1. Преимущества и недостатки	21
1.3.2. Особенности надмолекулярной организации аморфных полимеров	24
ГЛАВА 2. ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРОВ	28
2.1. Природа прозрачности	29
2.1.1. Светопропускание и прозрачность	29
2.1.2. Поглощение света	31
2.1.3. Рассеяние света	42
2.2. Преломление света	48
2.3. Оптическая неоднородность. Оптические искажения	76
2.4. Оптическая анизотропия. Оптико-механические свойства	81
ГЛАВА 3. ХАРАКТЕРИСТИКИ, МОДИФИКАЦИЯ И ВОЗ- МОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ (СО)ПО- ЛИМЕРОВ В КАЧЕСТВЕ ОПТИЧЕСКИХ СРЕД	88
3.1. Основные оптические (со)полимеры: сравнительные характеристики	88

3.2. (Со)полимеры (мет)акрилатов: развитие исследований ...	91
3.2.1. Полиметилметакрилат: комплекс свойств	91
3.2.2. Листовой полиметилметакрилат (органическое стекло)	96
3.2.3. Разработка литевых и экструзионных материалов	100
3.2.4. Модифицирование свойств полиметилметакрилата	106
3.2.5. Сополимеры метилметакрилата	120
3.2.6. Регулирование процесса радикальной (со)полимеризации метилметакрилата	133
3.2.6.1. Контролируемый синтез макромолекул: большие эффекты малых добавок	133
3.2.6.2. Металлоорганические соединения как регуляторы процесса радикальной (со)полимеризации	140
3.2.7. Металлосодержащие сополи(мет)акрилаты и иономеры	149
3.2.8. Фторсодержащие (со)поли(мет)акрилаты	160
3.2.7. Другие гомо- и сополи(мет)акрилаты	168
3.3. (Со)полимеры стирола	173
3.4. Поликарбонаты	181
3.5. Полиамиды	183
3.6. Полиимиды	185
3.7. Полисульфоны	191
3.8. Эпоксиполимеры	193
3.9. Полиолефины	209
3.10. Фторопласты	215
3.11. Поливинилхлорид	221
3.12. Поливинил-N-карбазол	223
3.13. Поливинилацетат. Поливиниловый спирт. Поливинилацетали	225
3.14. Полиалкилентерефталаты	228
3.15. Аллиловые (со)полимеры	231
3.16. Производные целлюлозы	232

ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА И ПЕРЕРАБОТКИ ОПТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ 237

4.1. Оптические дефекты, возникающие при синтезе и пере-

работке полимерных материалов	237
4.2. Условия полимеризации для достижения оптической чистоты и однородности полимера	241
4.3. Влияние способов и параметров переработки на качество оптических изделий	250

ГЛАВА 5. ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

256

5.1. Линзовая и растровая оптика	256
5.1.1. Преимущества и возможности полимерной оптики	256
5.1.2. Защита поверхности полимерных оптических деталей	262
5.2. Офтальмологическая оптика	266
5.2.1. Очковые линзы	266
5.2.2. Контактные линзы	271
5.2.3. Интраокулярные линзы	274
5.3. Микрооптика	277
5.4. Светотехника	282
5.5. Волоконная оптика	293
5.6. Градиентная оптика	309
5.7. Оптические клеи, компаунды, покрытия, связующие	326
5.8. Оптические фильтры	336

ГЛАВА 6. ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ, НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРЫ И (НАНО)КОМПОЗИТЫ

348

6.1. Фотохромные материалы	348
6.2. Полимерные фотопроводники	362
6.3. Фотополимеризующиеся композиции и фоторезистивные материалы	365
6.4. Материалы с фото- и электролюминесцентными свойствами	372
6.5. Прозрачные нанокомпозиты и другие материалы нанотехнологий	388
6.5.1. Объекты и приемы нанотехнологий	388

6.5.2. Основные пути получения металлополимерных нанокмпозитов	390
6.5.3. Фуллеренсодержащие полимеры и композиты	404
6.5.4. Полимеры с фрагментами нанометрового размера	406
6.5.5. Нанопленочные материалы и планарные наноструктуры	410
6.6. Материалы нелинейной оптики	413
6.6.1. Нелинейно-оптически активные нанокмпозиты	416
6.6.2. Полимеры и композиты с квадратичной нелиней- ностью	418
6.6.3. Материалы с кубичной гиперполяризуемостью	428
6.6.4. Лазерно-активные среды на красителях в полимер- ной матрице	432
6.6.4.1. Новый класс твердотельных лазерно-активных сред	432
6.6.4.2. Сополимеризация окрашенных метакрилатов и стабильность лазерных красителей в сополимеризую- щихся системах	438
6.6.4.3. Характеристики поглощения, флуоресценции и генерации лазерных красителей в полимерных матрицах	442
6.6.4.4. (Фото)стабильность и повышение ресурса работы полимерных ЛАС	447
6.6.4.5. Перестройка излучения и другие возможности	461
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	463
ЛИТЕРАТУРА	470