

Уважаемые читатели! Мы продолжаем публикацию учебных материалов из руководства «Handbook of Ophthalmic Optics», подготовленного компанией Carl Zeiss. В указанном руководстве в конспективном виде изложены практически все необходимые для работы врача-офтальмолога и оптика вопросы.

«Заочная школа Carl Zeiss» была уже напечатана в следующих номерах: №6, №7 2005 г., №1, №2, №4-7 2006 г., №1-7, 2007 г.

Публикация 16

Очковая оптика: Очковые линзы (продолжение)

Поперечные хроматические aberrации

При прохождении лучей белого света через линзу в точке с призматическим эффектом P наблюдается разложение белого света на составляющие цвета из-за поперечных хроматических aberrаций. Величина поперечных хроматических aberrаций P_{chrom} определяется формулой (16.1):

$$(16.1) \quad P_{\text{chrom}} = P/v,$$

где v – число Аббе материала линзы.

Порогом чувствительности глаза к хроматическим aberrациям считается величина $P_{\text{chrom}} = 0,12$ см/м. Хроматические aberrации для кронового стекла обычно не доставляют каких-либо неудобств пользователям, если призматический эффект в линзах не превышает $P = 7$ см/м. У органических линз и высокопреломляющих минеральных этот порог из-за большей величины дисперсии несколько ниже – 5 см/м.

Формула (16.1) применима к цельным бифокальным, трифокальным и прогрессивным линзам. Для мультифокальных линз, у которых сегменты спекаются с основной линзой, величина хроматических aberrаций в области сегмента (далее индексы M и S относятся к основной линзе и сегменту):

$$(16.2) \quad P_{\text{chrom}} = P_M/v_M + P_S/m,$$

где m (коэффициент краевого окрашивания) равен

$$(16.3) \quad m = (n_s - n_M) / (\Delta n_s - \Delta n_M),$$

(здесь n_s и n_M – показатели преломления материала сегмента и основной линзы, соответственно, а Δn – средняя дисперсия). Для обычного минерального стекла (флинт) m примерно равен 12.

В большинстве случаев в верхней части сегмента $P_S > P_M$, и окрашивание края обычно может быть заметно, если призматический скачок ($J = P_S$) больше 1,5 см/м.

Лучший способ уменьшения этих хроматических aberrаций до приемлемого уровня – выбор для линз материалов с низкой дисперсией.

Дисторсия

Поскольку дисторсия – это следствие сферических aberrаций, то она особенно сильно проявляется в линзах большого диаметра. Подушкообразная (наблюдаемая для положительных линз) и бочкообразная дисторсии (для отрицательных) возрастают с увеличением задней вершинной силы линзы и заднего вертексного расстояния. Дисторсия влияет на пространственное восприятие поля зрения и поля фиксации.

Дисторсия у более плоских линз выражена сильнее, чем у более крутых.

Характеристики светопропускания Солнцезащитные линзы и фильтры

Поглощающие свет очковые линзы в зависимости от степени поглощения делятся на солнцезащитные линзы со светопропусканием меньше 80% и фильтры с пропусканием больше 80%. В УФ-диапазоне (а некоторые линзы и в диапазоне инфракрасных лучей) большинство таких линз поглощают сильнее, чем неокрашенные линзы. Примеры спектров пропускания показаны на рис.16.1 и 16.2.

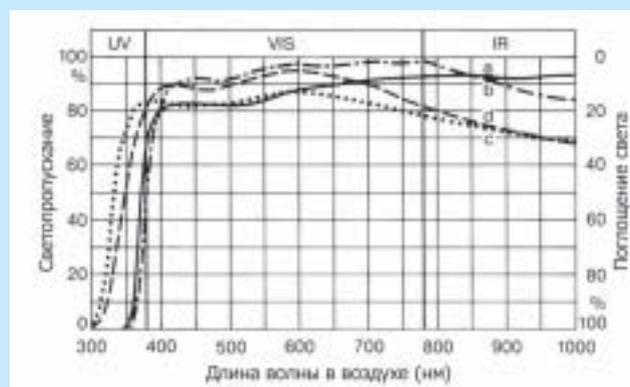


Рис. 16.1. Спектры пропускания линз-фильтров Zeiss: а) Clarlet Rose без покрытия, в) Clarlet Rose с покрытием Super ET, с) Uropal без покрытия, д) Uropal с покрытием Super ET

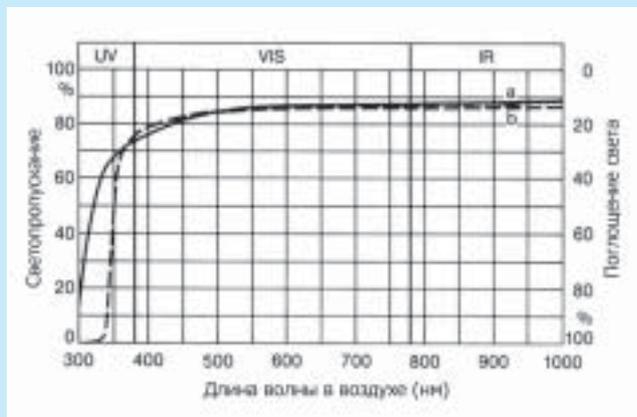


Рис. 16.2. Спектры пропускания линз Zeiss: а) Punktal Filter ET, в) Clarlet Filter ET

Солнцезащитные линзы используют как для защиты глаз от ослепления, так и для увеличения остроты зрения.

Солнцезащитные линзы защищают от:

1. Ослепления видимым светом, вызывающего снижение остроты зрения
2. Нарушения зрительного восприятия, при котором все видимое представляется окрашенным в красноватый цвет (эритропсия), вызванного видимым, в основном, зеленым светом
3. Воспалений конъюнктивы и роговицы (конъюнктивиты, снежная слепота), вызванных коротковолновым УФ-излучением с длиной волны меньше 313 нм.

В современных солнцезащитных линзах степень ослабления различных цветов видимого света может быть подобрана таким образом, чтобы обеспечить естественную цветопередачу. Солнцезащитные линзы полезно использовать при ярком естественном освещении, однако их не рекомендовано носить в сумерках или ночью. В этих условиях их ношение может оказаться даже опасным. Поэтому, в частности, в Германии запрещено пользоваться при вождении автомобиля ночью любыми солнцезащитными линзами (светопропускание которых менее 80%), так как они существенно ухудшают сумеречное зрение.

Ношение линз-фильтров со светопропусканием 85% и выше обычно не представляет угрозы для водителей, у которых сумеречное зрение в норме.

Эти же рекомендации применимы и для фотохромных линз.

Линзы-фильтры применяют, чтобы устранить или уменьшить резь в глазах и для увеличения качества зрения за счет увеличения контраста.

Несмотря на безопасность обычного естественного освещения и его невидимых компонентов, тем не менее, оно может вызывать астенопические жалобы (резь в глазах, головная боль, затуманивание), особенно в туманную погоду. Похожие жалобы могут появляться и при искусственном свете (флюоресцентные лампы, лампы накаливания, мониторы). Показано, что эти проблемы можно устранить ношением линз-фильтров, в то время как обычные неокрашенные корректирующие линзы не имеют такого положительного действия.

До сих пор не найдено достаточно точного и полного объяснения этого хорошо известного эффекта. Известен вклад в этот эффект поглощения длинноволнового УФ-излучения и сине-фиолетовых лучей (фильтры ослабляют рассеянный свет и флюоресценцию в хрусталике, усиливают контраст изображения).

Солнцезащитные линзы и фильтры изготавливают как в однофокальном (сферические, астигматические, призматические), так и в би- и мультифокальном, а также в прогрессивном дизайне.

Существуют два типа солнцезащитных линз:

1. Окрашенные в массе солнцезащитные линзы, у которых, однако, степень поглощения света зависит от толщины линзы. Поэтому их в основном применяют как *plano* линзы.

2. Линзы со светопоглощающим слоем, который наносится на минеральную линзу путем вакуумного напыления. У этих линз однородное ослабление света по всей поверхности линзы, даже при очень большой оптической силе. Эти покрытия так же прочны, как минеральные линзы, и не приводят к увеличению веса линзы.

Органические линзы обычно окрашивают методом погружения в красящий раствор.

Стандартные солнцезащитные линзы изготавливают с поглощением до 85%. Линзы с самым высоким светопоглощением относятся к линзам специального назначения.

Фотохромные линзы

Фотохромные линзы затемняются под действием коротковолнового излучения 300-450 нм и снова становятся неокрашенными, когда эти излучения перестают действовать на линзы. Процесс просветления происходит при нагревании (тепловое просветление) и при воздействии длинноволнового излучения (оптическое просветление). Диапазон оттенков простирается от коричневатого-серого до голубовато-серого в зависимости от типа линз и температуры. На рис.16.3 показаны спектры пропускания фотохромных линз Umbromatic.

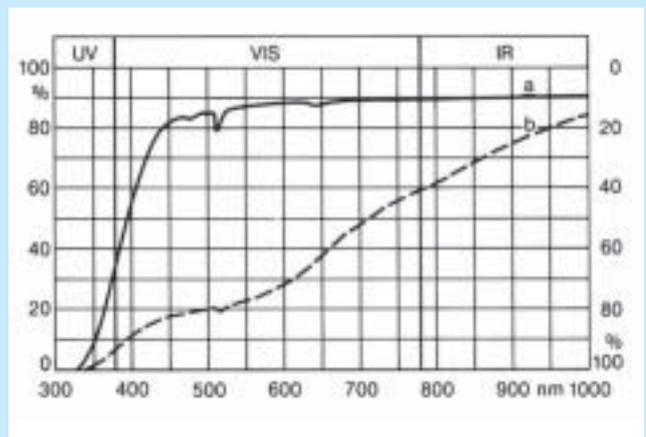


Рис. 16.3. Спектры пропускания минеральных фотохромных линз Umbromatic (толщина 2,0 мм)
а) неактивированные линзы, б) после 15 мин облучения

Равновесное состояние затемнения минеральных фотохромных линз наступает после облучения в течение 10-15 мин. Светопропускание в области 555 нм (максимум спектральной fotocувствительности глаза) называют насыщением пропускания, оно в большой степени зависит от температуры. Если температура окружения низкая, то затемнение более насыщенное с поглощением света до 85%; высокая температура способствует просветлению. Эти закономерности проиллюстрированы на рис. 16.4.

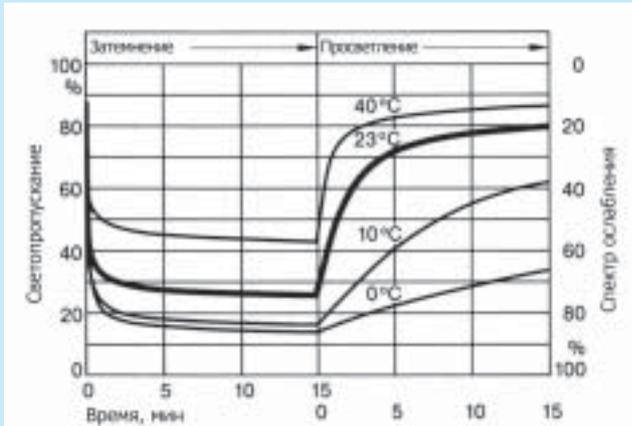


Рис. 16.4. Влияние температуры на процесс затемнения и просветления фотохромных линз Umbromatic

Фотохромные линзы могут оставаться вне помещения в облачную погоду все еще достаточно темными (поглощение 30%), хотя их светопоглощение внутри помещения соответствует слабому поглощению, характерному для фильтров.

Фотохромные линзы могут изготавливаться с постоянным начальным затемнением. Это достигается нанесением светопоглощающих слоев на заднюю поверхность или окрашиванием в массе. Светопоглощение этих линз даже в неактивированном состоянии составляет 30-35%. В активированном состоянии поглощение у этих линз более высокое, чем у фотохромных линз без начального затемнения.

Фотохромные линзы изготавливают во всех дизайнах и практически в таком же диапазоне оптической силы, как и неокрашенные корректирующие линзы.

На сегодняшний день наиболее распространенными фотохромными линзами являются органические линзы Transitions. Фотохромные свойства этих линз достигнуты путем внедрения специальных фотохромных веществ в верхние слои линзы. Эта технология была разработана компанией Transitions, и сейчас линзы Transitions выпускают все крупнейшие мировые компании, производящие очковые линзы. Интенсивность окрашивания линз Transitions не зависит от толщины линз. В помещении светопропускание линз Transitions (не имеющих специального начального затемнения) практически не отличается от светопропускания обычных (неокрашенных) корректирующих линз. Линзы Transitions на солнце быстро затемняются и быстро восстанавливают свою прозрачность в помещении

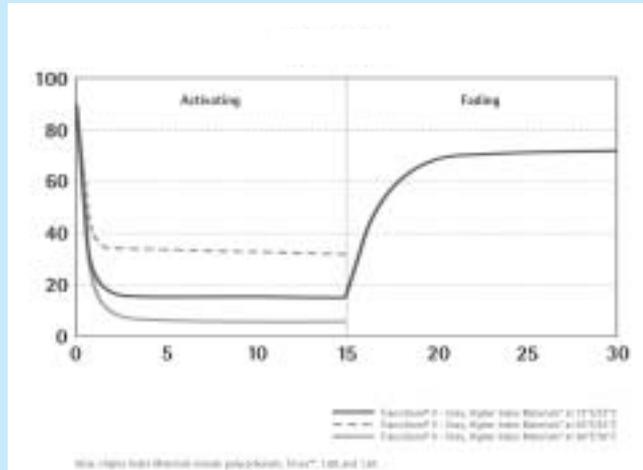


Рис. 16.5. Влияние температуры на процесс затемнения и просветления высокопреломляющих фотохромных линз Transitions V

(рис.16.5). Отметим также, что линзы Transitions обеспечивают надежную 100% защиту глаз от вредного воздействия УФ-излучения.

Уменьшение отражений

У очковых линз может быть целый ряд различных отражений (рис. 16.6). Эти отражения устраняются с помощью просветляющих (антибликовых) покрытий.

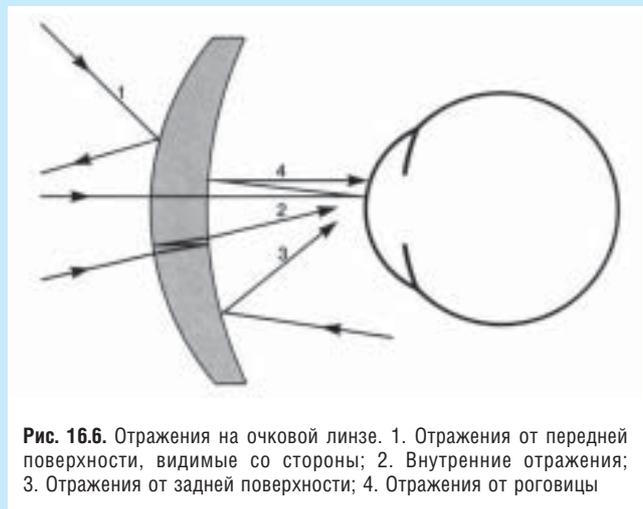


Рис. 16.6. Отражения на очковой линзе. 1. Отражения от передней поверхности, видимые со стороны; 2. Внутренние отражения; 3. Отражения от задней поверхности; 4. Отражения от роговицы

Хотя применение просветляющих покрытий приводит к некоторому увеличению светопропускания, это не противоречит основному назначению солнцезащитных линз — ослаблению избыточного света, мешающего зрению. В действительности, просветляющие покрытия необходимы и для солнцезащитных линз, так как они устраняют отражения от задней поверхности линзы. Просветляющие покрытия практически не изменяют спектр пропускания линз.

Так как цвет остаточного отражения зависит от показателя преломления материала минеральной линзы, то у спеченных бифокалов и мультифокалов цвет сегмента может немного отличаться от цвета основной линзы.