

Лекция 2. Оптическое безцветное неорганическое стекло

1. Типы и марки оптических безцветных стекол

Оптические стекла характеризуются показателем преломления, средней и частной дисперсией (относительные частные дисперсии и коэффициент дисперсии), которые определяют область применения оптических стекол в соответствующих приборах. В качестве номинального согласно ГОСТ 3514-76 установлен показатель преломления n_d для линии ртути, имеющей длину волны $\lambda=546,7\text{nm}$. Дисперсия определяется разностью показателей преломления для двух выбранных длин волн. Номинальной установлена средняя дисперсия $n_F - n_C$ для линий кадмия имеющих соответственно длины волн 480nm и 643,8nm. Оптическое бесцветное неорганическое стекло в зависимости от расположения на диаграмме показатель “преломления – коэффициент дисперсии” подразделяют на следующие марки:

ЛК - легкий крон;
ФК - фосфатный крон;
ТФК - тяжелый фосфатный крон;
К - крон;
БК - баритовый крон;
ТК - тяжелый крон;
СТК - сверхтяжелый крон;
ОК - особый крон;
КФ - крон флинт;
БФ - баритовый флинт;
ТБФ - тяжелый баритовый флинт;
ЛФ - легкий флинт;
Ф - флинт;
ТФ - тяжелый флинт;
СТФ - сверхтяжелый флинт;
ОФ - особый флинт.

Каждый тип стекол в зависимости от значений показателя преломления n_d и средней дисперсии $n_F - n_C$, определяемых химическим составом и режимами термической обработки стекла включает несколько марок обозначаемых соответствующими номерами. В общей сложности ГОСТ 3514-76 содержит 95 марок стекол, которые подразделяются на две серии. Обычные оптические стекла имеют нумерацию от 1 до 99. Стекла серии 100 и более это радиационно-устойчивые стекла, которые мало темнеют под воздействием излучения.

2. Показатели качества оптических безцветных стекол.

Качество изображения, создаваемого оптическим прибором, находится в прямой зависимости от качества материала из которого изготовлены детали оптической системы. В соответствии с ГОСТ 3514-76 оптическое безцветное неорганическое стекло в заготовках нормируется по следующим параметрам:

- 1) показатель преломления n_e ;
- 2) средней дисперсии $n_F - n_C$;
- 3) однородности партии заготовок по показателю преломления;
- 4) однородности партии заготовок по средней дисперсии;
- 5) оптической однородности;
- 6) двойному лучепреломлению;
- 7) радиационно-оптической устойчивости;
- 8) показателю преломления ϵ_A ;
- 9) безсвильности;
- 10) пузырьности.

Все перечисленные требования могут быть сведены в две группы: основные, определяющие качество деталей, и дополнительные. Причем, в зависимости от служебного назначения детали эти требования можно группировать различными способами. Необоснованное снижение основных требований к материалу заготовки приводят к заметному ухудшению работы всего прибора в целом. Повышение требований к показателям, которые не являются определяющими, не обеспечивает заметного улучшения всего прибора в целом, повышает его стоимость.

Предельное отклонение показателя преломления n_e и средней дисперсии $n_F - n_C$ от значений установленных для стекол всех марок нормируется пятью категориями:

1) числовые значения предельных отклонений для всех категорий находятся в пределах от $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ до $\pm 20 \cdot 10^{-4}$ для n_e и от $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ до $\pm 20 \cdot 10^{-5}$ для $n_F - n_C$;

2) однородность партии заготовок стекла по показателю преломления n_e нормируется четырьмя классами. Числовые значения предельных отклонений n_e для всех классов лежат в пределах от $\pm 0,2 \cdot 10^{-4}$ до $\pm 20 \cdot 10^{-4}$;

3) однородность партии заготовок стекла по средней дисперсии нормируется двумя классами. Числовые значения предельных отклонений составляют от $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ до $\pm 20 \cdot 10^{-5}$;

4) оптическая однородность показателя преломления во всем объеме заготовки в зависимости от ее размеров и условий работы деталей оценивается по ее разрешающей способности или по ее оптическому градиенту показателя преломления, характеризуемого волновыми аберрациями. Установлено пять категорий оптической однородности;

5) двойное лучепреломление является показателем качества отжига стекла, который характеризуется разностью хода (в миллиметрах на один сантиметр пути) двух лучей, на которые разделяется падающий луч под действием остаточных напряжений в толще стекла в направлении наибольшего размера.

Допускаемое двойное лучепреломление нормируется пятью категориями. Числовые значения для всех категорий находятся в пределах от 1,5 до 65 нм/см. У заготовок малого размера двойное лучепреломление не оказывает существенного влияния на качество изображения, а проявляется лишь для деталей, имеющих значительную толщину.

Показатель преломления ϵ_A есть величина обратная расстоянию, на котором поток излучения от источника типа А ослабляется в результате поглощения и рассеяния в 10 раз.

Установлено 8 категорий, допускаемых значений показателя ослабления, который находится в пределах от $2 \cdot 10^{-4}$ до $130 \cdot 10^{-4}$.

Свилы являются резко выраженными локальными оптическими неоднородностями стекла. Они представляют собой прозрачные нитевидные или слоистые включения имеющие показатель преломления отличный от показателя преломления основной массы стекла. Наличие в стекле свилей резко снижает качество изображения, формируемого оптической системой. Класс безсвильности характеризуется отсутствием видимых включений при просмотре образца стекла в одном (А) или двух (Б) взаимно перпендикулярных направлениях. Установлено две категории безсвильности. Установлено, что если стекло безсвильно в двух взаимно перпендикулярных направлениях, то оно безсвильно и в любом другом направлении. Наличие в стекле слоистых свилевидных включений вызывает астигматизм в оптических деталях.

Пузыри нормируются из-за видимости их в поле зрения прибора, что приводит к появлению различных пятен в изображении и увеличение коэффициента диффузного рассеяния света, а как следствие снижение освещенности в плоскости изображений. Пузырность характеризуют диаметром наибольшего пузыря допускаемого в заготовке при ее просмотре. Установлено 11 категорий пузырности. Допустимые предельные отклонения диаметров пузырей для всех категорий находятся в пределах от 0,002 до 5 мм. Присутствие на поверхности вскрытых пузырей исключает возможность получения поверхностей высоких классов чистоты. Крупные пузыри вызывают появление вокруг них местных ям на поверхности. Они также затрудняют очистку поверхностей, нанесение на них покрытий высокого качества, соединение склеиванием или оптическим контактом. Вскрывшиеся пузыри являются также центром химического и биологического разрушения полированных поверхностей детали.