

## Лекционный материал по теме «Оптические постоянные стекла»

Оптическое стекло является основным материалом для изготовления большинства оптических деталей. Основное назначение оптических деталей заключается в закономерном изменении хода световых лучей.

При выборе стекол для оптического прибора руководствуются большим числом параметров, которые можно разделить на три группы:

1. Оптические постоянные стекла: показатель преломления и дисперсии;
2. Показатели качества оптического стекла: показатель ослабления, оптическая однородность, пузырность, бессвильность, двойное лучепреломление. Эти параметры определяются, в основном технологией производства стекла;
3. Физико-химические свойства стекол: механические, термические, радиационные, химическая устойчивость. Эти характеристики определяются химическим составом стекол и обеспечиваются постоянным его соблюдением.

Одно из самых положительных свойств стекла - его прозрачность для прохождения света и других видов лучистой энергии. При прохождении луча света из среды А (воздух) в среду В (стекло) с иной плотностью он меняет свое направление на границе этих сред, так как скорость распространения света в средах А и В обратно пропорциональна их плотности.

Основной характеристикой **оптического стекла** является его показатель преломления. От величины показателя преломления зависит изменение направления луча света при переходе из одной среды в другую с иной плотностью. Чем больше показатель преломления стекла, тем меньше угол преломления  $\beta$  при том же угле падения  $\alpha$ .

Угол падения и угол преломления связаны соотношением:

где  $\alpha$  — угол падения луча;

$\beta$  — угол преломления луча;

$n$  — показатель преломления, величина постоянная для данного стекла, не зависящая от угла падения луча; здесь  $n$  — относительный показатель преломления, т. е. показатель преломления стекла, определенный относительно показателя преломления воздуха.

Чем больше плотность среды В, тем выше значение показателя преломления. Поскольку плотность стекол тем выше, чем больше плотность входящих в них оксидов, то наибольшим показателем преломления будут обладать стекла, содержащие оксиды тяжелых элементов, а наименьшим — стекла, содержащие оксиды легких элементов.

По ГОСТ 3514-76 «Стекло оптическое бесцветное» показатель преломления принято обозначать в общем виде  $n_\lambda$ . Индекс  $\lambda$  означает длину волны в нанометрах, для которой дается показатель преломления. Вместо длины волны в качестве индекса служит обозначение соответствующей спектральной линии. Согласно ГОСТ 3514-76 предусматриваются

следующие оптические постоянные: показатель преломления  $n_e$ ; средняя дисперсия  $n_F$ , —  $n_C$ , и коэффициент дисперсии:

$$v_e = \frac{c}{e},$$

где  $e$  — линия спектра ртути с  $\lambda_e = 546,07$  нм;  $F$ , и  $C$ , — линии спектра кадмия с  $\lambda_F = 479,99$  нм;  $\lambda_C = 643,85$  нм. Значения показателя преломления и дисперсий приводятся при температуре  $20^\circ\text{C}$  и нормальном атмосферном давлении. Стекла для оптических систем, работающих совместно с глазом, характеризовались ранее показателем преломления  $n_D$ ,  $n_F$ ,  $n_C$ . Для получения линии  $D$  спектра пользуются пламенем паров натрия, дающим спектральный свет с  $\lambda = 589,3$  нм, для линии  $d$  установлена длина волны гелия  $\lambda = 587,56$  нм, для линий  $F$  и  $C$  — пламенем водорода, дающим спектральный свет с длинами волны  $\lambda = 486$  нм и  $\lambda = 656,3$  нм.

Для отечественных оптических стекол значение  $n_e$  изменяется от 1,4891 до 1,8138. Имеются стекла и с большим показателем преломления, например, стекло марки СТФЗ имеет  $n_e$  более 2,0.

Показатель преломления для оптических стекол измеряют и указывают в справочной литературе с точностью не меньше чем до одной единицы четвертого десятичного знака, например,  $n_d = 1,5215$  для очковых стекол марки ОЧК-80;  $n_e = 1,5183$  для марки стекла К8.

Вследствие различного преломления лучей с разной длиной волны луч белого света, проходя через стеклянную призму, разлагается на цветные лучи: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. Это разложение называется дисперсией. Дисперсия света определяется разностью показателей преломления для волн различной длины. Средняя дисперсия стекол деталей приборов для наблюдения глазом определяется разностью  $F$ , —  $n_C$ . Частные дисперсии света определяются разностью других показателей преломления, например  $D - n_C$ ,  $n_F - n_D$ .

Значения средней и частных дисперсий измеряют и задают с точностью до одной единицы пятого десятичного знака. Если оптический прибор предназначен для наблюдения в видимой области спектра, то расчет радиусов кривизны поверхностей линз ведут так, чтобы фокус  $F_c'$  красных лучей совпал с фокусом  $F_f'$  — синих лучей. При расчете используют функцию показателя преломления и средней дисперсии стекла — так называемый коэффициент дисперсии (число Аббе):

$$v_e =$$

Величину  $V_e$  вычисляют с точностью до одной единицы первого десятичного знака.

Для большинства оптических стекол  $V_e$  изменяется в пределах от 76 до 17. Дисперсия зависит от состава стекла, она возрастает при увеличении содержания в стекле тяжелых оксидов. Показатель преломления и дисперсия очень важны при использовании стекла в оптических приборах. По показателю преломления судят также об однородности стекла, и им широко пользуются в практике стекловарения.

Показатель преломления любого вещества, в том числе и стекла, меняется с изменением длины волны излучения — для фиолетовой части

спектра он больше, а для красной - меньше. Оптическое стекло, выпускаемое стекловаренными заводами, по допускаемым отклонениям оптических свойств делят на пять категорий:

При тщательном проведении анализа химического состава сырьевых материалов, строгом соблюдении режима варки по категории 1 выход стекла составляет 50—70%, а по категории 2—90—95%.

По однородности показателя преломления и средней дисперсии в партии заготовок оптическое стекло делят на четыре класса:

К однородности партии по показателю преломления и средней дисперсии предъявляются довольно жесткие требования. Это возможно выдержать лишь при специальном сопровождении данной партии, когда исключено перемешивание с заготовками других партий.

### **Показатели качества оптического стекла**

На основании расчета оптической системы производится выбор допусков по показателям качества при изготовлении заготовки будущей оптической детали.

Оптическое стекло бесцветное делят на категории и классы по следующим показателям качества:

- а) допускаемым отклонением показателя преломления  $n_D$  и средней дисперсии  $n_F' - n_C'$  от значений, установленных для стекла каждой марки;
- б) однородности партии заготовки стекла по показателям преломления и средней дисперсии;
- в) оптической однородности;
- г) двойному лучепреломлению;
- д) показателю ослабления  $\epsilon_A$ ;
- е) бессвильности;
- ж) пузырности.