

проекторов, в которую пока включены только экранные и технологические проекторы (к последним относятся и концентраторы);

прожекторов для освещения, которые могут быть подразделены, в частности, на поисковые (следящие) и длительного действия;

сигнальных прожекторов, которые могут отличаться по назначению (например, аэродромные, морские,

транспортные), а также длительностью проблесков и способами их получения;

облучателей, которые могут быть подразделены по виду излучения (УФ, ИК, видимое или их совместное действие).

По этим вопросам важно узнать точку зрения специалистов.

Г. О. 25

# Обмен производственным опытом

УДК 621.32:666.122.2

## ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ КВАРЦЕВОГО СТЕКЛА В ИСТОЧНИКАХ СВЕТА

Канд. хим. наук В. В. Акимов, инженеры В. П. Алявин, М. Г. Андреев,  
В. В. Кижакеева, В. В. Степанов, Т. А. Щетинина

Всесоюзный институт источников света им. А. Н. Лодыгина

Более половины всего кварцевого стекла, выпускаемого в мире, применяется в виде труб диаметром 4—100 мм для изготовления различных интенсивных источников света: газоразрядных, галогенных, специальных. Количество типоразмеров кварцевых ламп, выпускаемых в СССР, достигает 200 и продолжает быстро расти.

Помимо общих требований [Л. 1, 2] к геометрическим параметрам, показателям внешнего вида, кристаллизационной стойкости, термостойкости и др. к кварцевому стеклу для отдельных типов ламп предъявляются специфические требования. Так, для газоразрядных источников света нужно стекло с содержанием радикалов OH<sup>-</sup> (гидроксильных групп) не более 0,001% и не темнеющее при температуре 800—900°C из-за кислородной недостаточности. Для оболочек ксеноновых ламп сверхвысокого давления (порядка 25—40 атм.) нужно стекло с повышенными требованиями по размерам и отсутствию пороков, ослабляющих механическую прочность ламп. Для ламп типа ДКсРМ требуется стекло в виде линз, оптически однородное по светопропусканию.

В настоящее время в источниках света применяются в основном трубы из электронаплавленного в вакууме кварцевого стекла, полученного по тигельной или роторной (стержневой) технологии с содержанием гидроксила 0,0002—0,0006% [Л. 4—7], имеющего сравнительно высокую температуру начала деформации (см. таблицу).

Тигельная электровакуумная технология при использовании обычных видов кварцевого сырья, например, гранулированного кварца, обеспечивает получение вполне удовлетворительного стекла по капиллярам и пузырям. Однако к серьезным недостаткам относятся низкая ее производительность и возможность потемнения стекла при термообработке. Тем не менее этим способом изготавливается кварцевое стекло для источников

света во Франции (фирма «Кварц и Силис»), Чехословакии, США.

По роторной технологии, обладающей сравнительно высокой производительностью, выпускается кварцевое стекло в Англии (фирма «Термал Синдикейт») и в Польше, закупившей лицензию у этой фирмы. Однако для получения труб удовлетворительного качества по капиллярам требуется бразильский или отечественный горный хрусталь или искусственные кристаллы кварца.

Согласно [Л. 7] японская фирма «Тосиба Керамикс» выпускает трубы из газонаплавленного кварцевого стекла для производства ксеноновых ламп. Трубы характеризуются малым содержанием капилляров, включений и других пороков, но газонаплавленное кварцевое стекло [Л. 3—6] имеет повышенное содержание OH<sup>-</sup> (около 0,04%). Пригодность этих труб для ксеноновых ламп обеспечивается [Л. 7] специальной дополнительной термообработкой при 1000°C в течение 20 ч. Содержание газов в поверхностном слое стекла уменьшается при этом примерно на один порядок. Газонаплавленное стекло обладает наибольшей кристаллизационной устойчивостью.

В течение 1968—1975 гг. нами были испытаны трубы из различных типов кварцевых стекол в ртутных и металлогалогенных лампах высокого давления и в галогенных лампах накаливания. Некоторые из труб были подвергнуты дополнительной обработке. Получены следующие результаты.

1. Большинство ламп ДРЛ-400 (без люминофора на внешней колбе), изготовленных из стекла парофазного синтеза (содержание гидроксила около 0,1%), не зажглось вообще. Остальные лампы после 300 ч горения теряли до 70% своего первоначального светового потока и быстро выходили из строя.

2. Лампы ДРЛ-400 из газонаплавленного стекла имели по сравнению с лампами из парофазного стекла несколько лучшие параметры, но уступали лампам из электронаплавленного и плазменного стекол.

3. Галогенные лампы накаливания типов КГД220-400-1, КГ110-500, КГ220-500, КГСМ200, изготовленные из труб, полученных одностадийным непрерывным электровакуумным способом и газопламенным с использованием природного газа, имели удовлетворительные начальные параметры, но выходили из строя из-за низкого качества изготовления ламп.

4. На параметрах ламп ДРЛ-400 благоприятно отражается предварительное травление кварцевых труб в растворе плавиковой кислоты [Л. 9] с последующей

Тип стекла	Основные значения физико-химических свойств [Л. 4—7]		
	Сумма примесей, мас. %	Содержание OH <sup>-</sup> , мас. %	Температура начала деформации, °C
Электронаплавленное	1·10 <sup>-2</sup>	5·10 <sup>-4</sup>	1220
Газонаплавленное	1·10 <sup>-2</sup>	(1,5—4)·10 <sup>-2</sup>	1160
Паросинтетическое	<0,2·10 <sup>-4</sup>	0,1	1100
Плазменное	<0,2·10 <sup>-4</sup>	0,4·10 <sup>-4</sup>	1300

оплавкой поверхности труб в пламени газовой горелки. Эти операции целесообразно проводить непосредственно перед изготовлением ламп. При такой обработке удаляется слой стекла, наиболее загрязненный графитом и другими вредными примесями, в значительной мере устраняются посечки, трещины, царапины и другие дефекты поверхности. В результате поверхность труб становится гладкой, блестящей, повышается механическая прочность, светопропускание и кристаллизационная стойкость стекла. Световой поток ламп увеличивается на 10–12%, повышается срок их службы.

Примеси ухудшают качество кварцевого стекла. Так, железо и титан уменьшают светопропускание; щелочные металлы, кальций, магний и алюминий понижают кристаллизационную устойчивость и температуру начала деформации; алюминий взаимодействует с наполнением источников света — галогенидами. Содержание примесей в кварцевом стекле для источников света не должно превышать  $1 \cdot 10^{-2}\%$ , в частности  $\text{Al}_2\text{O}_3 < 2 \cdot 10^{-4}\%$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 2 \cdot 10^{-4}\%$ ;  $\text{TiO}_2 < 8 \cdot 10^{-4}\%$ , окислов щелочных металлов больше  $5 \cdot 10^{-4}\%$ .

Отрицательную роль играют радикалы  $\text{OH}^-$ , присутствующие в кварцевом стекле. В настоящее время установлено, что при работе газоразрядной лампы группы  $\text{OH}^-$  выделяются из кварцевого стекла внутрь горелки, отравляют катоды, повышают напряжение зажигания лампы. Радикалы  $\text{OH}^-$  заметно понижают температуру деформации кварцевого стекла (см. таблицу) и светопропускание в инфракрасной части спектра, особенно в области 2720 нм. Поглощение в инфракрасной области плохо отражается на параметрах термоизлучателей и других аналогичных кварцевых приборов.

По этим причинам в зарубежных стандартах на трубы из кварцевого стекла для источников света ограничивается допустимое содержание  $\text{OH}^-$ : например, в польском — 0,0006%; в рекомендациях СЭВ: венгерских —  $(2,6-117) \cdot 10^{-4}$ , польских —  $(0,8-6) \cdot 10^{-4}\%$  [Л. 8]. Гидроксид не удается удалить даже при расплавлении кварцевого стекла, например, в высокочастотной электрической печи перед вытягиванием труб. Считается, что кремнезем не может существовать в стеклообразном состоянии без радикалов  $\text{OH}^-$  и кислородной недостаточности:

Таким образом, для источников света наиболее пригодно электронаплавленное кварцевое стекло и плазменное, содержащие минимум  $\text{OH}^-$ . Особенно «сухое» кварцевое стекло требуется для газоразрядных ламп с добавками иодидов металлов.

Лишь в особых случаях (например, при производстве оболочек ксеноновых ламп, автомобильных ламп головного света и др.), когда требуется высокооднородное стекло без капилляров и других включений, целесообразно применение газонаплавленного стекла, при условии тщательной термообработки оболочек ламп

в вакууме или инертном газе [Л. 3, 7] с целью удалить гидроксид с их внутренней поверхности. При этом также удаляются адсорбированные на поверхности газы: азот, углекислый газ, водород, окись углерода.

В условиях массового производства источников света требуются максимально дешевые полуфабрикаты. Вместе с тем удельный вес кварцевого стекла в стоимости ламп пока велик (достигает 50%). Поэтому большие надежды возлагаются на разрабатываемую одностадийную непрерывную высокопроизводительную технологию производства кварцевых труб.

Изготовители источников света заинтересованы в легированном кварцевом стекле с повышенной температурой начала деформации [Л. 5] и кристаллизации, не пропускающем излучение с длиной волны менее 254 нм (для эритемных ламп) и менее 210 нм (для беззонных ламп).

Для многих галогенных ламп накаливания, особенно малогабаритных, где рабочая температура не превышает 600–650°C, вполне применимо молочно-белое кварцевое стекло, высококремнеземистое стекло с содержанием  $\text{SiO}_2$  более 96% (типа Викор), а также алюмоборосиликатные стекла с высокой (до 700–900°C) температурой деформации. Возможность применения высококремнеземистого стекла в газоразрядных источниках света требует экспериментальной проверки, поскольку оно содержит и выделяет внутрь лампы пары воды.

В работе принимали участие: [Л. В. Пурин], А. И. Ягодин, Н. А. Берчин, В. М. Пустовит, М. П. Горбачева, А. Т. Ермошин и др.

#### Список литературы

1. Акимов В. В., Филонов Ф. Н. Требования к кварцевому стеклу для электрических источников света. Краткие тезисы III Всесоюзной научно-технической конференции по кварцевому стеклу. М., 1973, с. 36–38.
2. Трубы из прозрачного кварцевого стекла для источников света и электровакуумных приборов. ГОСТ 15177-70. Введ. 1/VII 1972. М., 1970. 9 с.
3. Трубы из прозрачного кварцевого стекла. Область применения в электрических источниках света. Руководящие технические материалы. РТМ 16.685.009-75. Введ. 1/VII 1977. М., 1974. 11 с.
4. Мазурин О. В. и др. Свойства стекол и стеклообразующих расплавов. Справочник. Т. 1. Л., «Наука», 1973, с. 15–16.
5. Прянишников В. П. Стекло. Справочник. Под. ред. Н. М. Павлушкина. М., Стройиздат, 1973, с. 207–225.
6. Прянишников В. П. Современное состояние науки и производства в области кварцевого стекла. — Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева. 1975, 20, № 2, с. 206–214.
7. Проспекты фирмы «Тосиба Керамикс КО, ЛТД» (Япония). 1973 и 1975 годы.
8. Witzke Hans Dieter. Кварцевые стекла для производства источников света. — «Silikattechnik», 1975, 26, № 1, с. 5–10, 35, 36.
9. Леко В. К., Комарова Л. А. Кинетика травления кварцевого стекла в плавиковой кислоте. — «Стекло и керамика», 1973, № 1, с. 15.

7. Q29

## Справочный материал

### НОВАЯ ФОРМА ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ГРАФИКА НАЛОЖЕНИЯ

В [Л. 1] отмечалось, что поиски рациональной и компактной формы подачи расчетно-вспомогательных материалов — одна из важнейших задач в области расчета освещения. В связи с этим практический интерес может представить график, являющийся дальнейшим развитием гиперболического графика наложения, описанного в [Л. 2].

Как известно, гиперболический график по [Л. 2] привязан только к одному из возможных сочетаний

исходных данных, что влечет за собой слишком большое количество расчетных материалов [Л. 1, 2]. Предлагаемый гиперболический график (см. рисунок) построен для пяти групп светильников с люминесцентными лампами и для двух диапазонов расчетной высоты, т. е. число сочетаний параметров увеличивается до 10.

График выполняется на прозрачном материале и содержит набор гиперболических кривых равной пло-