

ТЕПЛООТРАЖАЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ НА СТЕКЛЕ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Тимова В. М.

Телеш Е. В. –ст.преподаватель

В условиях постоянно растущих цен на энергоносители особый интерес в строительстве представляют различные способы экономии отопления и электроэнергии. В светопрозрачных конструкциях экономия тепла и энергии может достигаться, в том числе, и за счет применения энергосберегающего стекла.

Энергосберегающее стекло - это полированное флоат-стекло, на поверхность которого путем напыления нанесено специальное, содержащее свободные электроны, покрытие из полупроводниковых оксидов металлов или цветных металлов. За счет явлений интерференции и электропроводимости стекло с таким покрытием отражает тепловые волны в инфракрасном диапазоне, что позволяет существенно сократить теплотери помещения. Поскольку, энергосберегающее стекло *выборочно* пропускает волны, становится понятным одно из его менее распространенных определений как *селективного стекла* [1].

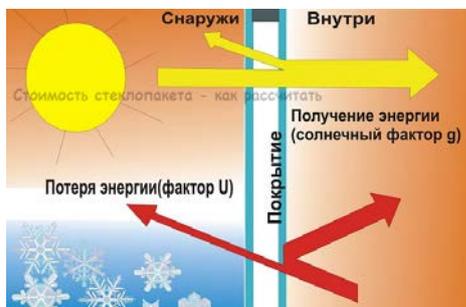


Рис. 1 – энергосберегающее стекло

Очевидно, что параметром, характеризующим энергосберегающие свойства стекла, будет являться его излучательная способность, под которой понимают свойство поверхности отражать длинноволновое тепловое излучение. Для сравнения, такой параметр как *эмиссионность* поверхности (E) у обычного стекла имеет числовое значение $E=0,835$, а у селективного – уже менее $0,04$, что говорит о том, что эмиссия стекла селективного на порядок ниже эмиссии стекла обычного, откуда и другое название энергосберегающего стекла - *низкоэмиссионное стекло*. В холодную погоду низкоэмиссионное стекло отражает, например, внутрь помещения тепло от отопительных приборов (рис.1), а в летнее время, напротив, энергосберегающее покрытие отражает тепловую энергию в длинноволновом диапазоне наружу, создавая тем самым ощущение прохлады и комфорта. Энергосберегающее покрытие низкоэмиссионного стекла, имея толщину всего в несколько десятков нанометров, ничем не отличается от обычного прозрачного стекла визуально, и абсолютно прозрачно для человеческого глаза. Спектральная характеристика покрытия должна обеспечивать высокий коэффициент пропускания в видимой области спектра ($0,38-0,76$ мкм) до 90% , пропускать коротковолновую ультрафиолетовую солнечную радиацию в диапазоне до $0,38$ мкм и высокий коэффициент отражения в инфракрасной области ($0,76-16$ мкм) $80-90\%$ [2].

На сегодняшний день существуют два вида низкоэмиссионных покрытий стекла – мягкое (I-стекло) и твердое (K-стекло). Они отличаются не только технологией нанесения, но и эксплуатационными характеристиками.

Первым шагом в выпуске энергосберегающего стекла явилось производство K-стекла. Для придания флоат-стеклу теплосберегающих свойств непосредственно при изготовлении на его поверхности методом химической реакции при высокой температуре (метод пиролиза) создается тонкий слой из оксидов металлов $InSnO_2$, который является прозрачным и в то же время обладает электропроводностью. Величина излучательной способности K-стекла обычно составляет около $0,2$.

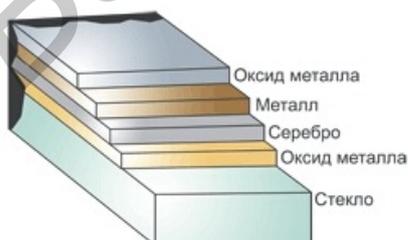


Рис. 2 – типичное расположение отдельных слоев «мягких» покрытий

Следующим значительным шагом в производстве теплосберегающих стекол стал выпуск т.н. I-стекла, которое по своим теплосберегающим свойствам в $1,5$ раза превосходит K-стекло. Различие между K-стеклом и I-стеклом заключается в коэффициенте излучательной способности, а также технологии его получения.

I-стекло производится вакуумным напылением и представляет собой тройную (или более) структуру (рис.2) из чередующихся слоев серебра и диэлектрика (SiO_2 , AlN , TiO_2 и т.п.). Основным недостатком I-стекол является их пониженная, по сравнению с K-стеклом, абразивная стойкость, что представляет некоторое неудобство при их транспортировке, но, учитывая, что такое покрытие находится внутри стеклопакета, это не сказывается на его эксплуатационных свойствах [3].

Основная область применения стекол - использование их в составе стеклопакетов, теплосберегающие свойства которых во многом определяются параметрами покрытия на стекле.



Рис. 3 – отражение огонька в обычном и энергосберегающем стеклах

Широко распространено мнение, что наиболее оптимальным является использование двухкамерных стеклопакетов с тремя обычными стеклами. В действительности применение однокамерных стеклопакетов с энергосберегающими стеклами (I - стекло) оказывается более выгодным во всех отношениях (рис.3).

Во-первых, это улучшенная теплоизоляция однокамерного стеклопакета с I - стеклом, по сравнению с двухкамерным стеклопакетом с обычными стеклами. Во-вторых, такой однокамерный стеклопакет с I - стеклом в настоящее время дешевле двухкамерного, причем, судя по всему, разница в цене со временем будет увеличиваться [4].

Кроме того, однокамерный стеклопакет легче двухкамерного, а это означает меньшую нагрузку на фурнитуру и, соответ-

ственно, более долгий срок ее службы. Преимущество окна со стеклопакетом, имеющим энергосберегающие стёкла:

- в комнате прохладнее летом и теплее зимой;
- предохраняют от выцветания обои, ковры и картины;
- окна дешевле тех, где стоят двухкамерные стеклопакеты;
- по энергосбережению I - стекло многократно превосходит другие;
- при заполнении аргоном, улучшаются свойства стеклопакета на 13%;
- легче на 30% окон с двухкамерным стеклопакетом, продлевая срок службы фурнитуры;
- по изоляции звука практически не уступает двухкамерному стеклопакету (1- 2 дБ).

Список использованных источников:

1. Колодный Г.Я., Левчук Е.А., Порядин Ю.Д., Яковлев П.П. Многослойные интерференционные покрытия в квантовой электронике // Электронная промышленность. – 1981. – N 5, 6. – с. 93–101.
2. Риттер Э. Пленочные диэлектрические материалы для оптических применений / В кн.: Физика тонких пленок // Под ред. Г. Хасса, М. Франкомбра, Р. Гофмана. – т. 8. – М.: Мир, 1978, с. 7–60.
3. Технология тонких пленок. Справочник / Под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга. – т. 1. – М.: Сов. радио, 1977, с.662.
4. Фурман Ш.А. Тонкослойные оптические покрытия. 1977,- Л.: Машиностроение. С.264.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА С ЭФФЕКТОМ ПОЛОГО КАТОДА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Божко А.И.

Бордусов С.В. – д-р. техн. наук, профессор

В настоящее время актуальна задача внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий во всех отраслях машиностроения. Исследования в этом направлении идут уже на протяжении долгого времени и всё больший интерес приобретает область вакуумной ионно-плазменной обработки материалов. Таким образом, особенности тлеющего разряда с эффектом полого катода позволяют переходить на новые ресурсосберегающие технологические процессы, причем область применения этих техпроцессов чрезвычайно широка.

Используя разработанный диагностический комплекс, предназначенный для формирования импульсного разряда с эффектом полого катода (ЭПК), были проведены исследования электрофизических характеристик для сред воздуха и молекулярных газов N_2 , H_2 . В частности, были определены зависимости пробивного напряжения от давления плазмообразующей среды, а также значения вкладываемой в разряд мощности в зависимости от питающего напряжения и от давления плазмообразующей среды. В качестве полого катода использовалась цилиндрическая трубка внутренним диаметром 5,7 мм. Разряд формировался НЧ генератором электрических двухполярных прямоугольных импульсов с частотой следования равной 50 кГц.

Установлено, что при фиксированном значении вкладываемой в разряд мощности напряжение питания необходимое для формирования разряда с эффектом полого катода в азоте больше чем для воздуха [1, 2]. Наименьшими напряжениями питания для формирования разряда с эффектом полого катода обладает газ водород, однако диапазон давлений, при которых наблюдается горение разряда и имеет место эффект полого катода, составляет 221–800 Па. Для поддержания разряда при постоянном значении вкладываемой в разряд мощности, при увеличении значения давления плазмообразующей среды необходимо увеличивать напряжение питания. При увеличении давления плазмообразующей среды переход от классического тлеющего разряда к разряду с ЭПК происходит при достижении значения 46 Па для воздуха, 30 Па для азота и 220 Па для водорода. С увеличением давления плазмообразующей среды и поддержанием вкладываемой в разряд мощности на одном уровне переход от классического тлеющего разряда к разряду с эффектом полого катода проис-