

## Смарт-стекло: основные виды «Умного стекла»

Смарт-стекло (от *Smart glass*, англ.; также используются названия: «электрохромное стекло», «умное стекло», «стекло с изменяющимися оптическими свойствами») – композит из слоев стекла и различных химических материалов, используемый в архитектуре и производстве для изготовления светопрозрачных конструкций (окон, перегородок, дверей и т.п.), изменяющий свои оптические свойства (матовость, коэффициент пропускания, коэффициент поглощения тепла и т.д.) при изменении внешних условий, например, освещенности или температуры или при подаче электрического напряжения.



### Основные принципы

Различные типы стекольных композитов основаны на фотохимических явлениях, связанных с изменением пропускающих свойств при изменении внешних условий: изменение светового потока (*фотохромизм*), температуры (*термохромизм*), электрического напряжения (*электрохромизм*).

Некоторые устройства с применением жидких кристаллов (LCD), когда находятся в термотропном состоянии, могут изменять количество пропускаемого света, при возрастании температуры. Вольфрам с добавлением диоксида ванадия  $VO_2$  отражает инфракрасное излучение, при возрастании температуры выше  $29^\circ C$ , блокируя солнечное излучение через окно при высоких внешних температурах.

Эти типы остекления невозможно контролировать. Окна из смарт-стекла, управляемые электричеством также могут изменять свойства в зависимости от внешних условий (яркости освещения или температуры) с применением соответствующих датчиков, например, термометра или фотодатчиков.

Также к смарт-стеклам относят *самоочищающиеся* или *автоматически открывающиеся* (или *автоматически закрывающиеся*) для вентилирования окна, например, по времени или при сигнале от датчика дождя. Иногда к смарт-стеклу относят специфическое остекление, например *проекционное* (на основе *диффузных* или аналогичных технологий), *звуковое стекло* (в котором вся поверхность стекла является динамиком, что позволяет наполнять помещение равномерным hi-end звуком) или *сенсорное стекло* (реагирующее на касание рукой или специальным указателем).

**Основные технологии смарт-стекла:**

- Полимерный жидкокристаллический слой (LCD, liquid crystal devices)
- На взвешенных частицах (SPD, suspended particle devices)
- Электрохимический (электрохромный) слой

**Преимущества и недостатки**

Смарт-стекло позволяет уменьшить потери тепла, сократить расходы на кондиционирование и освещение, служат альтернативой жалюзи и механическим затемняющим экранам, шторам. В прозрачном состоянии жидкокристаллическое или электрохимическое смарт-стекло не пропускает ультрафиолетовое излучение; смарт-стекло на взвешенных частицах требует для блокировки ультрафиолета использование специальных покрытий.

Основные недостатки смарт-стекла - это относительно высокая стоимость, необходимость использования электрического напряжения, скорость переключения между состояниями (электрохромное стекло), мутность или меньшая прозрачность по сравнению с обычным стеклом.

**Полимерные жидко-кристаллические устройства (LCD)**

В полимерных жидкокристаллических устройствах (Polymer dispersed liquid crystal devices, PDLCs или LCD), жидкие кристаллы разлагаются на составляющие или диспергируются в жидкий полимер; затем затвердевают или фиксируют полимер.



При переходе полимера из жидкого в твердое состояние, жидкие кристаллы становятся несовместимы с твердым полимером и формируют капли (вкрапления) в полимере. Условия фиксации влияют на размер капель, что в свою очередь приводит к изменению свойств смарт-стекла.

Обычно, жидкая смесь полимера и жидких кристаллов расположена между двумя слоями стекла или пластика, с нанесенным тонким слоем прозрачного проводящего материала, который обеспечивает подвод напряжения и затвердевание полимера. Эта принципиальная «сэндвичная» структура смарт-стекла является эффективным рассеивателем. Электропитание от источника подключается к прозрачным электродам, контактирующим с проводящим слоем.

Без напряжения, жидкие кристаллы случайно упорядочены в капли, что приводит к рассеянию параллельных лучей света. Стекло имеет "молочный белый" цвет.

При подаче электропитания, электрическое поле между двумя прозрачными электродами на стекле заставляет жидкие кристаллы выравниваться, позволяя свету проходить через капли с очень маленьким рассеянием. Стекло переходит в прозрачное состояние.

Степень прозрачности может контролироваться приложенным напряжением. Это возможно благодаря тому, что при маленьких напряжениях только часть жидких кристаллов может выровняться полностью в электрическом поле, и только маленькая порция света проходит сквозь стекло без искажения, в то время как большая часть рассеивается. По мере возрастания напряжения, меньше кристаллов остается не выровненными, что приводит к меньшему рассеянию света.

Также можно контролировать количество света и тепла, проходящего через стекло, при использовании красителей и специальных добавочных внутренних слоев. Также возможно создать противопожарные и противорадиационные версии для использования в специальных устройствах.

Al Coat Ltd. (один из исследовательских центров США) продемонстрировала, что изображение может быть сформировано в прозрачных электродах или в полимере, позволяя производство экранных устройств и декоративных окон. Большая часть устройств, предлагаемых сегодня работает в только «ВКЛ» или «ВЫКЛ» состояниях, хотя технология обеспечения различных уровней прозрачности легко осуществима.

В настоящее время при изготовлении конструкций из смарт-стекла используются жидкокристаллические пленки третьего поколения (3G). В них уровень замутненности в прозрачном состоянии существенно меньше, требуется меньшее напряжение (20В вместо 80-100В) и многократно увеличенное время эксплуатации.

Технология используется для внутренних и внешних установок для контроля приватности (например, переговорных комнат, медицинских комнат интенсивной терапии, ванных комнат, душа) и для временного экрана для проектора.

## Устройства с взвешенными частицами (SPD)

В устройствах со взвешенными частицами (*Suspended particle devices, SPD*), тонкая пленка слоистых материалов стержнеобразных частиц, взвешенных в жидкости помещается между двумя слоями стекла или пластика (или присоединяется к одному слою).

Если напряжение не приложено, взвешенные частицы ориентированы случайно и поглощают свет, так, что стекло выглядит темным (непрозрачным), синим или реже серым или черным.

Если напряжение приложено, взвешенные частицы выравниваются и позволяют свету проходить.



Смарт-стекло на основе взвешенных частиц может мгновенно переключаться и позволяет осуществлять точный контроль количества проходящего света и тепла. Маленький, но постоянный ток необходим все время, пока смарт-стекло находится в прозрачном состоянии.

## Электрохромные устройства

Электрохромные устройства (от греч. *ēlektron* – янтарь, *chromos* – цвет, греч.) изменяют прозрачность материала при подаче напряжения и тем самым контролируют количество пропускаемого света и тепла. Состояние меняется между цветным, полупрозрачным состоянием (обычно темно-синим) и прозрачным. Оттенки в «темном» состоянии могут быть от самой насыщенной тоировки до едва заметного затемнения.



Обычно подача напряжения необходима только для изменения прозрачности, но после того, как состояние изменилось, нет необходимости в электропитании для поддержания достигнутого состояния.

Затемнение возникает по краям, перемещается внутрь - это медленный процесс, занимающий от многих секунд до нескольких минут в зависимости от размеров окна («радужный эффект»).

Электрохимические материалы используются для контроля количества света и тепла, проходящего через окна, применяются в автомобильной индустрии для автоматического затемнения зеркал заднего вида при различном освещении.

Электрохромное стекло обеспечивает видимость даже в затемненном состоянии и так сохраняет визуальный контакт с внешней средой. Это используется в небольших

приложениях, как, например, зеркалах заднего обзора. Электрохромная технология также находит применение во внутренних устройствах, например, для защиты объекта под стеклом в музее и картин от повреждающего воздействия ультрафиолета и видимых длин волн искусственного цвета.

Хороший пример электрохромного материала - полианилин, который может быть создан электрохимически или химическим окислением анилина. При погружении электрода в соляную кислоту с небольшой примесью анилина, на нем формируется пленка полианилина.

В зависимости от окислительно-восстановительного состояния, полианилин может окраситься желтым или темно-зеленым/черным.

Другими электрохромными материалами, применяющимися на практике, являются виологены и оксид вольфрама  $WO_3$ , который находит наибольшее применение при производстве электрохромных или смарт-стекол.

Виологен используется в соединении с диоксидом титана  $TiO_2$  для создания небольших цифровых дисплеев. Ожидается, что они заменят жидкокристаллические экраны, т.к. виологен (обычно темно-синий) очень контрастен с светлым белым титаном, и обеспечивает большую контрастность экрана.

Последние достижения в электрохромных материалах относящиеся к переходным электрохромическим металл-гидридам привели к разработке отражающих гидридов, которые становятся более отражающими, чем поглощающими, переключая состояния между «прозрачным» и «зеркальным».

### **Примеры использования**

Смарт-стекло может использоваться как в наружных, так и во внутренних инсталляциях. Например, огромный экран из смарт-стекла с изменяющейся матовостью служит дисплеем в Guinness Storehouse (Дублин). Рекламная компания Nissan Micra CC в Лондоне проводилась с использованием коробов с четырьмя панелями из смарт-стекла, которые последовательно изменяли матовость для создания поразительной рекламной инсталляции на улицах города.



Другой пример использования – огромный стеклянный куб, способный выезжать из здания жилой башни на высоте 88 этажа (Eureka Towers, Мельбурн, Австралия). Куб вмещает в себя 13 человек. Когда он выступает на 3 метра, стекло становится прозрачным, предоставляя посетителям обзор Мельбурна с высоты 275 метров.

Основное использование смарт-стекла – внутренние перегородки и двери, которые многие компании используют для организации конфиденциальных комнат переговоров. В обычном состоянии такие помещения являются частью внутреннего пространства офиса, но при необходимости служат приватным помещением. Такую же функцию выполняет смарт-стекло в госпиталях для организации комнат осмотра пациентов.

В рекламе используются витрины из смарт-стекла, выходящие на улицу, для презентаций и рекламных роликов. По необходимости, смарт-стекло может становиться прозрачным для обзора интерьера помещения или выставленных образцов (одежды, машин и т.д.), либо матовым и использоваться в качестве проекционного экрана.

В новом Боинге 787 Dreamliner используются электрохромные окна, которые заменяют шторы самолета. NASA рассматривает возможность использования электрохромного остекления для управления температурой в новых космических кораблях Орион и Альтаир.

Смарт-стекло также используется в некоторых малых сериях машин. Например, в Ferrari 575 M Superamerica установлена крыша из смарт-стекла, такая же опция есть в автомобилях Maybach.



© AbavaNet  
Специально для RU Wikipedia  
02 Июня 2009,  
г. Москва

### **Внимание!**

*Все права на статью принадлежат **AbavaNet**.technology*

*Коммерческое использование текста или любой его части запрещено и может преследоваться в судебном порядке согласно ГК РФ.*

*При публикации, цитировании или ином некоммерческом использовании данного текста, или любой его части необходима явная и недвусмысленная ссылка на данную статью с указанием правообладателя.*

Онлайн-версия статьи по адресу: <http://abava.net/>