



PILKINGTON
NSG Group Flat Glass Business

Технический бюллетень

ТВ 02

Интерференционные полосы в стеклопакете

Интерференционные полосы – это ряд тусклых, неравномерно распределенных, почти параллельных линий, которые имеют сероватый или радужный оттенок и иногда видны на бесцветных стеклах стеклопакетов. Обычно они представляют собой отрезки шириной в 2-3 см и длиной несколько десятков сантиметров. Их появление вызвано эффектом интерференции, когда световые волны отражаются от параллельных или почти параллельных поверхностей стекол.

Интерференционные полосы появляются в результате отражения от различных поверхностей стекол стеклопакетов, когда одна световая волна проходит больший путь и сдвигается по фазе по сравнению с другой световой волной. Полосы становятся видимыми из-за усиливающей или ослабляющей интерференции (называемой также конструктивной и деструктивной интерференцией), которая возникает при наложении этих двух световых волн (см. рис. 1 и 2). Если отраженные волны совпадают по фазе, световой поток усиливается. Если эти волны находятся в противоположных фазах, они компенсируют друг друга и интенсивность света уменьшается. Существует также и промежуточный вариант, когда происходит частичное усиление и частичное ослабление световых волн.

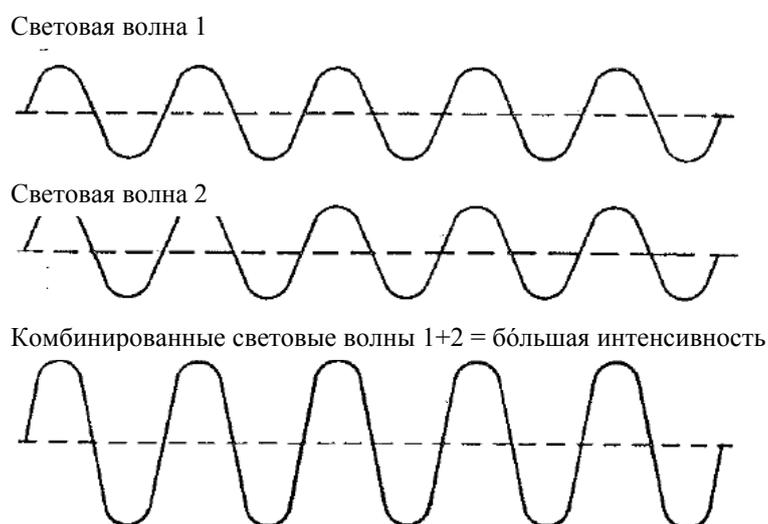


Рис. 1. Пример конструктивной интерференции

ООО «Пилкингтон Гласс»

140125, Московская область, Раменский район, Чулковский с/о, дер. Жуково, ул. Стекольная, 1
тел. + 7 (495) 980 5027, факс + 7 (495) 980 5028

www.pilkington.ru



PILKINGTON

NSG Group Flat Glass Business

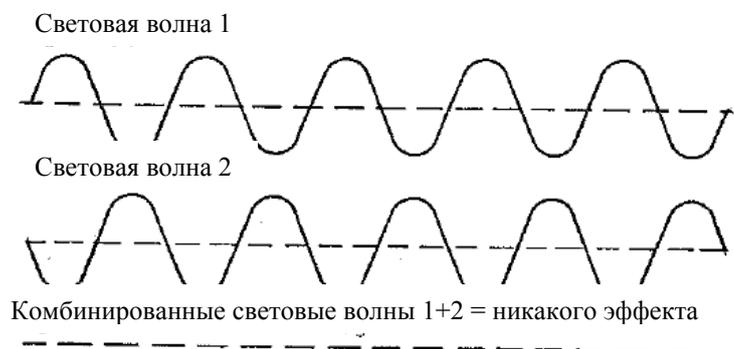


Рис. 2. Пример деструктивной интерференции

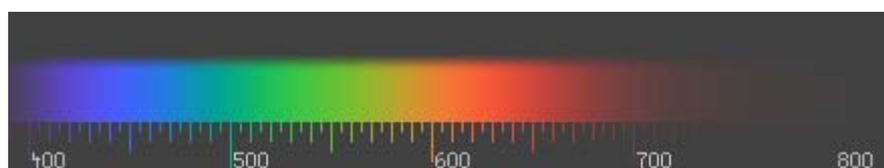


Рис. 3. Спектр видимого света

Видимый свет представляет собой поток электромагнитного излучения в диапазоне 380-780 нм. По сути, это поток множества световых волн с разной длиной, которая определяет их цвет. Видимый свет можно разделить на 7 общепринятых цветов радуги: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. На самом деле существуют еще промежуточные оттенки, которые вместе с вышеперечисленными образуют непрерывный цветовой спектр (см. рис. 3). При возникновении интерференции эти многочисленные световые волны начинают усиливать или ослаблять друг друга, что приводит к появлению своеобразной интерференционной картины. Пожалуй, самый яркий и хорошо всем нам известный пример интерференции света возникает в мыльных пузырях.

В стеклопакетах ярче всего проявляются полосы, представляющие собой так называемые цветные кольца Ньютона, которые появляются, когда два стекла касаются друг друга в центральной части. Центральный участок стекла будет окружен концентрическими изогнутыми полосами. Постукивание или нажим на стекло обычно не оказывает влияние на эти полосы, поскольку контакт между стеклами предотвращает какое-либо изменение геометрии отражающих поверхностей.

Появление этих полос вызвано легкой задержкой в прохождении между двумя волнами, отраженными от поверхностей на каждой из сторон очень узкого сужающегося воздушного зазора (см. рис. 4), что приводит к возникновению усиливающей или ослабляющей интерференции.

Кольца Ньютона могут появиться вследствие неправильного со стороны производителя контроля давления в межстекольном пространстве при герметизации стеклопакета, либо когда два сильно изогнутых закаленных стекла устанавливаются обеими вогнутыми сторонами наружу. Производство очень больших по размеру стеклопакетов, когда их стороны выступают за края узкой конвейерной ленты, может также привести к изгибанию стекла и

ООО «Пилкингтон Гласс»

140125, Московская область, Раменский район, Чулковский с/о, дер. Жуково, ул. Стекольная, 1
тел. + 7 (495) 980 5027, факс + 7 (495) 980 5028

www.pilkington.ru



PILKINGTON

NSG Group Flat Glass Business

соприкосновению стекол в центральной части. Стекла в составе правильным образом изготовленного стеклопакета никогда не будут иметь контакта в центральной части, вне зависимости от размеров стеклопакета, ширины дистанционной рамки (обычно от 6мм до 25мм), величины ветровой нагрузки, обычного колебания температуры окружающей среды и атмосферного давления в течение года. Однако, значительный перепад атмосферного давления, связанный с изменением высоты над уровнем моря, вызванный вследствие транспортировки стеклопакетов с места производства на место монтажа (например, производство находится на равнине, а монтаж осуществляется в гористой местности), может быть достаточным для появления контакта между стеклами в центральной части.

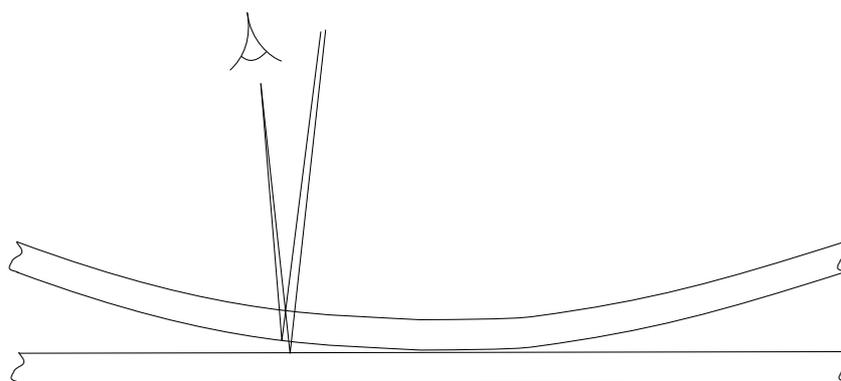


Рис. 4. Образование колец Ньютона

Кольца Ньютона в стеклопакетах часто можно устранить при помощи закачивания воздуха или смеси газов в стеклопакет через временное отверстие в дистанционной рамке и повторной герметизации при параллельном положении обоих стекол. Закачивание воздуха в стеклопакет должно производиться до момента соприкосновения стекол, т.к. это может вызвать появление видимых царапин.

Другой тип полос, иногда называемый полосами Брюстера, не так четко заметен, однако может появиться в стеклопакете со стеклами практически одинаковой толщины (отражение от 4-х поверхностей) или, в очень редких случаях, с двумя стеклами различной толщины (отражение от 3-х поверхностей). На рисунках 5 и 6 представлены примерные схемы прохождения световых пучков через стеклопакет.

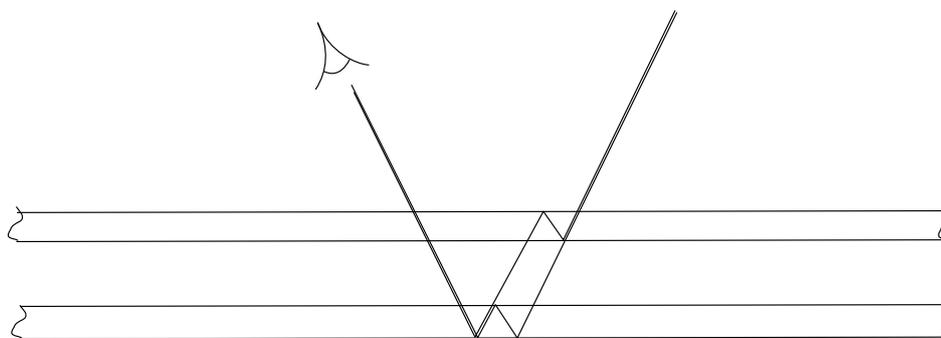


Рис. 5. Формирование интерференционных полос (4 поверхности)

ООО «Пилкингтон Гласс»

140125, Московская область, Раменский район, Чулковский с/о, дер. Жуково, ул. Стекольная, 1
тел. + 7 (495) 980 5027, факс + 7 (495) 980 5028

www.pilkington.ru



PILKINGTON

NSG Group Flat Glass Business

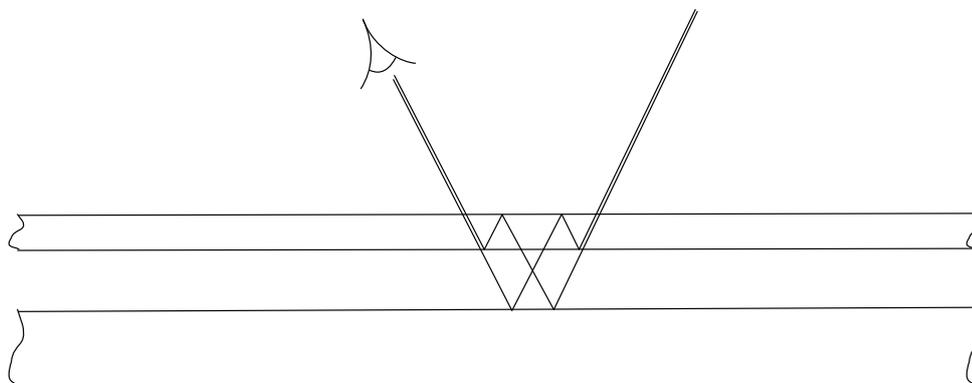


Рис. 6. Формирование интерференционных полос (3 поверхности)

На поверхностях стекла свет разделяется, вследствие частичного отражения, на два световых потока. Эти новые световые потоки могут двигаться различными путями и как следствие пройдут разное расстояние, что приведет к появлению сдвига по фазе одного пучка относительно другого. Например, на рис. 7 прошедшие световые потоки 1 и 2 или отраженные потоки 3 и 4 проходят разное расстояние вследствие наличия небольшой разницы в толщинах двух стекол. Разница в толщине стекол всего лишь в 0,0001мм (100 нм) может вызвать появление интерференционных полос.

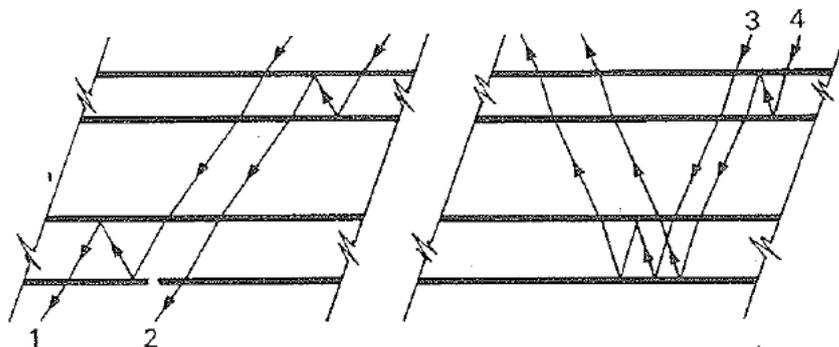


Рис. 7. Схема прохождения света через стеклопакет

Для появления полос Брюстера часто требуется специальное освещение и условия наблюдения, например, наличие темного фона за стеклом или наблюдение под острым углом, а не перпендикулярно плоскости стекла. Большинство людей могут не заметить полосы Брюстера, поскольку их взгляд фокусируется на внешних объектах, которые являются значительно более яркими и скрывают интерференционные полосы. Для того чтобы увидеть картину интерференции, необходимо смотреть на стекло, а не сквозь него, в непривычных для нетренированного глаза условиях. Полосы Брюстера имеют едва заметную окраску или являются просто серыми. При постукивании или легком нажатии на поверхность стекла полосы перемещаются вследствие небольших изменений в геометрии поверхностей.

ООО «Пилкингтон Гласс»

140125, Московская область, Раменский район, Чулковский с/о, дер. Жуково, ул. Стекольная, 1
тел. + 7 (495) 980 5027, факс + 7 (495) 980 5028

www.pilkington.ru



PILKINGTON
NSG Group Flat Glass Business

Удалить полосы Брюстера невозможно. Часто их количество можно максимально уменьшить при использовании стекол различной толщины для производства стеклопакетов. Производители стеклопакетов часто используют стекла разной толщины, например 3 мм и 3,2 мм в одном стеклопакете, чтобы избежать появления полос. Считается, что для устранения полос Брюстера (4 поверхности) требуется минимальная разница в толщине 0,08мм. Часто листы, отрезанные с противоположных сторон флоат-ленты, имеют разницу в толщине, достаточную для предотвращения появления полос. Однако два стекла вырезанные один за другим по длине флоат-ленты и сохраняющие то же положение при сборке, могут с большей долей вероятности вызвать появление интерференции.

Полосы Брюстера чаще появляются в стеклопакетах, изготовленных из флоат-стекла, чем в случае использования стекла, полученного методом вертикального вытягивания (ВВС). Это объясняется тем, что флоат-процесс позволяет получить идеально плоское стекло с минимальными отклонениями по толщине. Кроме того, оптические искажения, характерные для стекла, полученного по ВВС технологии, частично маскируют интерференционный эффект, делая его зачастую совсем незаметным.

К сожалению, Российский ГОСТ 24866-99 "Стеклопакеты клееные строительного назначения. Технические условия" не содержит какое-либо упоминание о возможности появления эффекта интерференции в стеклопакетах. Это приводит к тому, что конечный потребитель, сталкиваясь с этим явлением (надо отметить, сто случается это очень редко; подобные звонки поступают в нашу службу технической поддержки не чаще 1-2 раз в год), трактует его как брак стекла, что является в корне неверным. Европейский стандарт на стеклопакеты EN 1279-2004 "Glass in Buildings. Insulated Glass Units" в приложении «С» приводит краткое описание причин появления интерференции и говорит о том, что данный эффект не является браком стекла или изделия (стеклопакета).

Служба технической поддержки

ООО «Пилкингтон Гласс»

Январь 2009г.

Данный технический бюллетень является справочным материалом. Настоящим компания Pilkington Group Limited и ее подразделения снимают с себя всяческие обязательства, каким-либо образом вытекающие из каких бы то ни было ошибок или упущений данной публикации, и всяческие последствия использования ее в качестве руководства.

ООО «Пилкингтон Гласс»

140125, Московская область, Раменский район, Чулковский с/о, дер. Жуково, ул. Стекольная, 1
тел. + 7 (495) 980 5027, факс + 7 (495) 980 5028

www.pilkington.ru