

М. А. ОМАРОВ, *д-р техн. наук*, Р. Ю. АЛЛАХВЕРАНОВ, И. С. ХАТНЮК
**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗЕРКАЛЬНО-ГЛАДКОГО СКОЛА
 ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА**

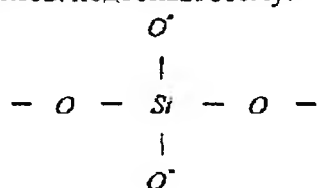
Введение

Традиционная технология изготовления соединителей требует последовательного применения сначала шлифовки, а затем полировки торца оптического волокна. Существенным недостатком такой обработки является то, что в поверхностной области торца появляется сетка мельчайших микротрещин, а на самой поверхности возникает тонкий амортизированный слой, который хотя и не рассеивает свет, но усугубляет коррозию и другие физико-химические процессы старения под действием влаги. Последняя, проникая в микротрещины, разъедает их, расширяет до размеров, соизмеримых с длиной волны света, и вызывает помутнение шлифованного и полированного торца волокон. В результате такой доводки появляется поверхность сложного профиля (вместо ровной плоскости) на торце волокна, химический состав и механические свойства которого переменны по сечению, что вносит дополнительные потери. Доводка некачественно сколотого торца с помощью шлифовки и полировки характеризуется технологическими воздействиями преобразующего типа. В данной работе предложена технология изготовления торца волокна путем управляющего воздействия, для которого характерны минимальные значения свободной энергии системы и, следовательно, стабильность во времени [1].

Механизм разрушения стекла в вершине трещины

Для неорганических стекол, прочность которых находится в пределах $(5 - 200) \times 10^7 \text{ Н/м}^2$, содержащих микроскопические трещины, наблюдается следующий двухступенчатый механизм углубления трещины у ее вершины в нейтральной среде и в вакууме [2].

Первая (начальная) стадия разрушения заключается в раскрытии имеющейся трещины и имеет термоактивационную природу. Она представляет собой последовательный разрыв межатомных связей в вершине трещины за счет совместного действия механических напряжений и возникающих нерегулярно во времени наиболее значительных по амплитуде тепловых колебаний отдельных атомов, молекулярных комплексов или участков полимерных цепочек в стекле, составленных из комплексов, подобных этому:



Здесь символ O^* — обозначает оборванные связи у боковых атомов кислорода в результате перехода части электронов в системе связей комплексов SiO_4 на антисвязывающие орбитали после добавления к валентным электронам этой системы валентных электронов щелочного металла, введенного в составе модифицирующих добавок. Таких, например, как Na_2O , K_2O , Zi_2O и т.п.

Расстояние между полимерными цепочками равно $0,5 \text{ нм}$, что примерно вдвое превышает длину комплекса модифицирующей добавки $\text{Na}-\text{O}$.

При одиночной флуктуации происходит разрыв только одной связи $\text{Si}-\text{O}$. В неориентированном состоянии вдоль направления растяжения подвергается одновременному действию растягивающегося напряжения одна треть цепочек, которая составляет ту часть материала, где разрываются межатомные связи. Среднее расстояние между рвущимися связями составляет $(3 \times 0,5 \text{ нм}) = 1,5 \text{ нм}$. Одиночная связь $\text{Si}-\text{O}$, имеющая длину $0,16 \text{ нм}$, рвется при удлинении на $0,1 \text{ нм}$.

Введем понятие флуктуационного объема $\Delta V_{\phi} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_n$, где λ_1 — относительное удлинение связи, переводящее атом из минимума, соответствующего равновесному ненапряженному состоянию, в максимум на вершину потенциального барьера разрушения. Расстояние λ_2 — от вершины барьера до минимума по другую сторону потенциального барьера разрушения, энергетическая величина которого в ненапряженном состоянии равна U_p . Оно определяет расхождение в раскрывающейся микротрещине атомов с разорванной связью. Величина λ_n — элементарный отрезок фронта микротрещины, включающий в себя один или не-

сколькo атомов. λ – элементарный путь, равный межатомному расстоянию, на который передвигается участок фронта микротрещины при каждой флуктуации. Обычно принимают, что $\lambda_n \approx \lambda$. Флуктуационный объем стекла оценивают в виде $V_\Phi \approx 1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,1 \text{ нм}^3 \approx 0,225 \text{ нм}^3$ [2].

Введем понятие безопасного перенапряжения σ_0^* , оцениваемого в форме [3]

$$\sigma_0^* = \frac{2\gamma}{(\lambda_1 + \lambda_2)}. \quad (1)$$

В вакууме для чистой поверхности стекла значение γ близко к 2 Джс/м^2 . При наличии адсорбированной на поверхности стекла пленки воды, которая образуется в атмосфере, содержащей водяной пар, значение $\gamma_{\text{вкл}} \approx (0,25 - 0,3) \text{ Джс/м}^2$.

Один из эффектов действия поверхностно-активной среды состоит в том, что смачивание поверхности, образующейся при раскрытии трещины, снижает величину безопасного перенапряжения

$$\bar{\sigma}_0^* = \frac{2(\gamma_{\text{вак}} - \gamma_{\text{нас}})}{(\lambda_1 + \lambda_2)}, \quad (2)$$

где $\gamma_{\text{нас}}$ – свободная поверхностная энергия поверхностно-активной среды.

Для стекла, смоченного водой, $\gamma_{\text{вак}} - \gamma_{\text{нас}} \approx (0,25 - 0,3) \text{ Джс/м}^2$, как следует из изложенного, перенапряжение снижается в 6,6 – 8 раз.

При перенапряжениях σ^* меньше величины σ_0^* (или в поверхностно-активной среде $\bar{\sigma}^* < \bar{\sigma}_0^*$) процесс разрывания и восстановления связей носит вероятностный (случайный) характер, т.е. реально имеют место оба процесса. Скорость роста трещины

$$V_{\text{тр}} = V_{\text{разр}} + V_{\text{залеч}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{разр}} = \lambda v_1$ – скорость распространения трещины при разрыве связей; $V_{\text{залеч}} = \lambda v_2$ – скорость сокращения трещины; $v_1 = v_0 \exp\left(-\frac{U_p - \Delta V_\Phi K \sigma'}{RT}\right)$ – частота флуктуации, приводящих к разрыву

связей; $v_2 = v_0 \exp\left(-\frac{U_p + \Delta V_\Phi K \sigma'}{RT}\right)$ – то же при восстановлении связей при залечивании трещины,

$v_0 = 10^{13} \text{ с}^{-1}$ – частота тепловых колебаний; R – газовая постоянная; T – абсолютная температура; K – коэффициент напряжения; σ' – истинное механическое напряжение, рассчитанное на площадь поперечного сечения за вычетом площади трещины.

При напряжении σ' , стремящейся к нулю, скорости распространения и залечивания равны, в результате скорость движения равна нулю. При больших значениях, существенно превышающих σ_0^* ($\bar{\sigma}^* > \bar{\sigma}_0^*$), скоростью залечивания можно пренебречь ($V_{\text{залеч}} \ll V_{\text{разр}}$) и для скорости раскрытия трещины имеет место соотношение

$$V_{\text{тр}} \approx \lambda v_0 \exp\left(-\frac{U_p - \Delta V_\Phi K \sigma'}{RT}\right). \quad (4)$$

В работе [2] даются экспериментальные оценки коэффициента концентрации механических напряжений $K \approx 20 - 40$ для неорганических стекол, разрушающихся в вакууме.

Для стекла максимальная скорость распространения трещины может достигать $(1/2 - 1/3) V_K$ и для кварцевого стекла равна 2155 м/с ; для силикатного – 2000 м/с . При дальнейшем увеличении напряжения достигается критическое перенапряжение

$$\sigma_k^* = K \sigma_k = \frac{U}{\Delta V_\Phi}. \quad (5)$$

Экспериментально наблюдаются две стадии раскрытия трещины. Первая стадия протекает при величинах $\sigma' < \sigma_k$. Она обусловлена флуктуационным разрывом связей и дает зеркально гладкую поверхность разрыва. Скорость раскрытия трещины мала $V_{\text{тр}} = 10^{-4} - 10^{-5} \text{ м/с}$.

Между размерами зеркально гладкой зоны (например, ее радиусом R_3) и прочностью σ стекла существует соотношение

$$\sigma \cdot R_3^{b_1} = A_3, \quad (6)$$

где b_1, A_3 – константы, не зависящие от состояния поверхности образца, температуры и времени испытания. Они зависят лишь от типа стекла (химического состава и структуры).

В работе [3] на основании испытаний восьми наиболее распространенных сортов стекла даются средние значения этих констант в виде $b_1 \approx 0.5$; $A_3 = 2 \cdot 10^3 \text{ кг/мм}$.

При этом радиус R_3 выражается в миллиметрах.

Вторая стадия разрушения начинается при $\sigma' \approx \sigma_K$ и связана с размножением вторичных трещин с образованием шероховатой зоны.

Разрушение характеризуется долговечностью τ нагруженного образца, под которой понимают время, истекшее с момента приложения постоянного напряжения от растягивающей нагрузки до разделения образца на две части. На эту долговечность влияет форма образца.

На первой стадии разрушения скорость распространения трещины выражается соотношением (3). Долговечность образца τ вычисляют при изменении напряжения в интервале $[\sigma_0, \sigma_x]$ в виде

$$\tau = \int_0^{l_K} \frac{dl}{V} + \tau_K \frac{L - l_K}{L}, \quad (7)$$

где l_K – критическая длина трещины, соответствующая переходу ко второй стадии разрыва при $\sigma' = \sigma_K$; τ_K – время, требуемое для разрушения образца при приложении критического напряжения σ_K , когда в разрушении принимают участие вторичные трещины,

Большая часть зависимости долговечности в интервале ее значений от 10^2 с до 10^8 с и интервале напряжений от 10^2 Н/м^2 до 10^8 Н/м^2 хорошо описывается экспоненциальным выражением

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{U_0 - \gamma_1 \sigma}{RT}\right), \quad (8)$$

где предэкспоненциальный множитель

$$\tau_0 = \frac{LKT e^{-\gamma/K}}{\lambda \nu_0 \Delta \nu_\phi \beta_n \sigma}, \quad (9)$$

$U = U_0 - aT$ – изменение энергии активации с температурой; U_0 – ее значение, экстраполированное к абсолютному нулю.

Для твердых тел множитель $K \exp\left(-\frac{a}{K}\right)$ имеет значение порядка 10^{28} Дж/град , коэффициент $\gamma_1 = \Delta V_\phi \cdot \beta_n \approx 10^{-18} - 10^{-19} \text{ мм}^3$.

Выражение (8) выведено для образцов, имеющих форму полосы, но при замене в ней величины L на πR , где R – радиус стержня или волокна, оно пригодно для расчета долговечности образцов цилиндрической формы.

При наличии m_1 – поверхностных и m_2 – объемных микротрещин и начальной микротрещины длиной l_0 соотношение (8) удается представить в виде

$$\tau = \frac{\Phi K T e^{-\gamma/K}}{\lambda \nu_0 \Delta \nu_\phi \beta_n (m_1 + 2m_2) \chi^2 \sigma} \exp\left(\frac{U_0 - \Delta V_\phi \beta_n \chi \sigma}{RT}\right), \quad (10)$$

где Φ – фактор формы, равный для пластин их ширине L для цилиндрических стержней πR ;

$$\chi = \left(1 - \frac{l_0}{L}\right)^{-1}.$$

При наличии надреза глубиной l_0 , которым нельзя пренебречь по сравнению с габаритным размером образца, фактическое напряжение в образце равно величине $\chi \sigma$. Поскольку разные образцы

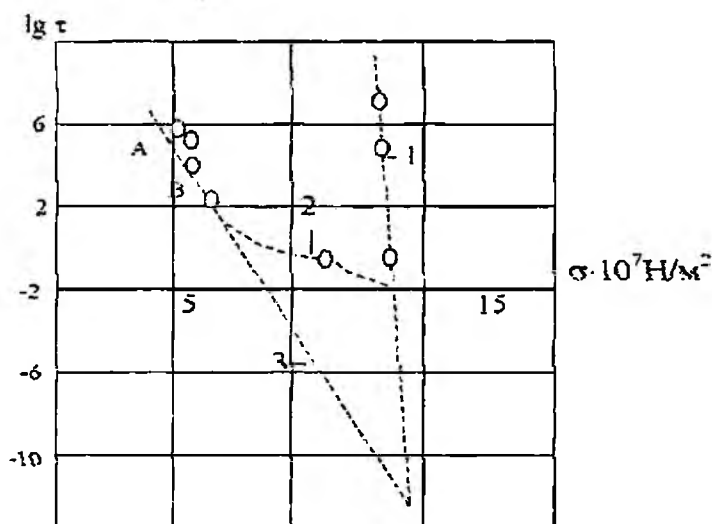
одной и той же партии обладают различным значением m_1 и m_2 , то среднее значение $\bar{\chi}$ находят по наклону прямой в системе координат $\lg \tau - \sigma$, среднее значение $(m_1 + 2m_2)$ по отрезку, отсекаемому прямыми от оси $\lg \tau$ (рис. 1) [2].

Получение молекулярно-гладкого скола волокна в поверхностно-активной среде

Как следует из соотношения (3), основное влияние поверхностно-активной среды состоит в уменьшении безопасного перенапряжения [2, 4].

Закон долговечности в связи с этим будет определяться новыми значениями параметров

$$(\tau'_0 \text{ и } \gamma'_1) \quad \tau_0 = \frac{\left(\frac{\gamma_1}{\gamma'_1}\right)}{\tau_0}$$



1 – в вакууме; 2 – в атмосфере;

3 – экстраполяция линейной зависимости долговечности АВ

Рис. 1

При значительном повышении напряжения, т.е. для наиболее прочных образцов, возрастает скорость движения трещины и последняя движется скачками, частично отрываясь от фронта напозающей пленки поверхностно активной примеси. Чем больше нагрузка, тем большую долю скачков составляет движение трещины без смачивания примесью. Эта, вторая, стадия разрушения завершается третьей, на которой скорость движения трещины значительно больше скорости диффузии ($V_{тр} < V_d$) и разрушение происходит так же, как и в вакууме.

Рис. 1 иллюстрирует все три стадии зависимости долговечности от уровня механического напряжения.

Аналитически подобная переходная зависимость учитывается выражением

$$\tau^* = \tau' \left(1 - \frac{1}{f'}\right) + \frac{(\tau \ln f) / f - (\tau' \ln f') / f'}{\left(1 + \frac{RT}{\gamma_1 \sigma} \ln f\right) \left(1 + \frac{RT}{\gamma'_1 \sigma} \ln f'\right)} + \frac{\tau}{1 + \frac{RT}{\gamma_1 \sigma} \ln f} \quad (11)$$

Здесь $f = \frac{V_d}{V_0}$; при $V_0 < V_d$; $f' = 1$ при $V'_0 < V_d$; $V_0 < V_d$ $f = 1$ при $V_0 > V_d$

при $\sigma \rightarrow 0$ $\tau^* = \tau'$; $f' \gg 1$ $f > f'$,

при $\sigma \rightarrow 1,4 \cdot 10^8 \text{ H/m}^2$ $\tau^* \approx \tau$; $V_0 > V_d$, $f = f' \approx 1$,

V_0 – скорость движения трещины в вакууме; V'_0 – то же в поверхностно-активной среде.

В системе координат $\lg \tau - \sigma$ при испытании серии образцов под влиянием поверхностно-активной среды существенно снижается наклон прямых долговечности и, следовательно, уменьшаются отрезки, отсекаемые от оси $\lg \tau$

Это происходит при малых значениях напряжении и долговечностей, т.к. в этом случае скорость движения $V_{тр}$ трещины мала и оказывается меньше, чем скорость диффузии V_d пленки поверхностно-активной примеси ($V_{тр} \ll V_d$). Последнее означает, что пленка этой примеси успевает двигаться за фронтом трещины, постоянно создавая ситуацию смачивания вновь образовавшейся поверхности.

В области малых напряжений величины $\tau^* \approx \tau'$ и $V_0' < V_D$ и значение $\sigma < 7 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$; при $\sigma < 1.4 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$; соотношение (11) превращается в закон долговечности при разрушении в вакууме, т.е. $\tau^* \approx \tau$; $V_0 > V_D$.

Для расчетов по формуле (11) принимают на основании обработки данных опытов по рассмотренной выше методике значение $\gamma_1 \approx 5,7 \cdot 10^{-18} \text{ мм}^3$ для вакуума и $\gamma_1 \approx 1,6 \cdot 10^{-18} \text{ мм}^3$ для смачивания трещины пленкой воды, конденсировавшейся из воздуха. Предполагается также, что флуктуационный объем не зависит от наличия или отсутствия поверхностно-активной среды $\Delta V_\phi = \Delta V_\phi'$.

Как указывалось выше, различные радикалы органических соединений (особенно спиртов) могут глубоко проникать в рыхлое тело, состоящее из полимерных цепочек стекла и изменять условия флуктуационного разрыва связей.

Энергия разрыва связи Si–O равна 108 ккал/моль. Поскольку активация разрушения превышает энергию связи Si–O, то рвется несколько связей, одна из которых может быть связью Na–O.

Могут быть сделаны две группы выводов и по ним даны соответствующие рекомендации.

Первая группа связана с тем, что поверхность скола волокна, являющаяся в соединителе выходным окном для одного и входным для другого стыкуемого с ним волокна, должна обладать высокой прозрачностью в течение срока службы соединителя и ВОЛС.

При получении несовершенного скола волокна, когда имеются существенные неоднородности, крупные выступы и другие отклонения от плоскости, мешающие высококачественной стыковке волокон в соединителе или препятствующие прохождению света, необходимо применять последующую шлифовку и полировку.

После этих операций, обычных для обработки оптических поверхностей, достигается хорошая плоскостность, исключая градиентные волокна, у которых из-за изменяющейся вдоль радиуса плотности и твердости образуется радиально симметричная сферическая поверхность, высокое качество которой нарушается, хотя ее приповерхностный слой не рассеивает свет сразу после изготовления. Этот поверхностный слой оказывается сильно нарушенным механически. Он содержит густую сетку микротрещин, сквозь которую проникает вода, и при длительном сроке взаимодействия создает области коррозии, по своим размерам соизмеримые с длиной волны света. Результатом является помутнение торцов ОВ.

Существует два варианта, позволяющие избежать этого явления. Первый состоит в нанесении на торец волокна защитного покрытия. Второй – в изготовлении скола волокна с молекулярно-гладкой поверхностью, который не нуждается в шлифовке и полировке.

Остановимся более подробно на получении скола раскалыванием волокна, поскольку последняя операция является необходимой. Выше достаточно подробно рассмотрены все необходимые аспекты механики и физики изготовления скола волокна. При составлении практических рекомендаций необходимо, однако учитывать следующее.

Если бы стекло было высокопрочным пластичным материалом, то царапина, наносимая на него перед раскалыванием с помощью алмазного резца, имела бы форму треугольной канавки с прямолинейным закругленным гладким дном и представляла аналог одиночной трещины. В этом случае задача раскрытия надреза решалась исходя из рассмотренных соотношений.

Из соотношения (6) видно, что размер зеркальной (молекулярно-гладкой зоны) тем больше, чем меньше уровень механического напряжения, при котором раскрылся надрез. Полагаем барьер U_0 симметричным, берем $\lambda_1 \approx \lambda_2 \approx 10^{-10} \text{ м}$. Величина β_T в вакууме равна 25, в атмосфере – 7; значение $\gamma_{\text{сак}}$ в вакууме равно 2.1 Дж/м^2 , в атмосфере – 0.25 Дж/м^2 . Поэтому нижним пределом для σ в (6) служат значения:

– для вакуума

$$\sigma = 14,5 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}, \quad (12)$$

– для атмосферы

$$\sigma = 7,25 \cdot 10^7 \frac{H}{m^2}. \quad (13)$$

Приведенные оценки показывают, что введение поверхностно-активной среды (воды), уменьшая в два раза, предел безопасного напряжения, позволяет увеличить размер зеркальной зоны.

Таким образом, введение поверхностно-активной среды во много раз увеличивает размер молекулярно-гладкого участка раскрытия надреза (для воды – в 4 раза). Необходимо, однако, чтобы осуществлялось достаточно медленное раскрытие трещины. При $\sigma = 14 \text{ кэ/мм}^2$ скорость движения трещины будет больше 5 мм/с, равной скорости диффузии воды при раскрытии трещины, и при больших напряжениях раскрытие трещины происходит в присутствии воды так же, как в вакууме, поэтому зеркальная зона сокращается в 4 раза.

Оценка (12) дает высокую прочность стекла в волокне, значительно большую, чем величина $(4 - 7.25) \cdot 10^7 \text{ н/м}^2$. Последнее означает, что, имея партию волокон с распределением безопасных напряжений со средним значением $\bar{\sigma} = (18 - 15) \cdot 10^7 \text{ н/м}^2$, можно рассчитывать на наличие лишь весьма малой доли волокон с самыми низкими значениями безопасных напряжений $\sigma_{\text{мин}} \approx (4 - 7) \cdot 10^7 \text{ н/м}^2$, для которых можно достичь четырехкратного увеличения зоны молекулярно-гладкой поверхности торца скола.

Очевиден путь повышения этой доли. Он состоит в поисках поверхностно-активных сред, которые снижали бы уровень безопасного напряжения до $\sigma_{\text{мин}} \approx 4 \cdot 10^7 \text{ н/м}^2$. К таким средам принадлежат октанол и другие спирты, способные значительно увеличить выход годных торцов волокон.

Рассмотренная выше задача решается, если надрез является идеальным. Однако в действительности царапина, сделанная алмазным резцом на ОВ, представляет деструктивную зону, в которой материал удален за счет его разрушения на мелкие осколки. Поэтому дно царапины изобилует неровностями, придающими ему зигзагообразную форму со значительными случайными вариациями радиуса закругления в местах деструктивного выращивания.

В работе [5] введено понятие локального разрушения

$$\Theta = 2 \arctg \left[\frac{K_1 + \sqrt{K_1^2 + 8K_2^2}}{4K_2} \right]. \quad (14)$$

Для каждой из достаточно больших микротрещин (большее значение l_0) угол между ее плоскостью и плоскостью раскрытия будет зависеть от соотношения растягивающего K_1 и тангенциального напряжения K_2 , как это показано в формуле (14).

Для большой микротрещины, лежащей в плоскости симметрии надреза, это по-прежнему дает большую вероятность ее раскрытия в данной плоскости. Если наибольшая микротрещина развернута в пространстве под углом к указанной плоскости, то могут возникать большие тангенциальные напряжения у ее вершины и $K_2 \neq 0$, $\Theta \neq 0$. Тогда ориентация плоскости ее раскрытия может не совпасть с плоскостью симметрии надреза, и скол окажется неровным.

Введение поверхностно-активной среды в этом случае, увеличивая вероятность раскрытия названной микротрещины, будет способствовать неровному сколу.

В этом случае внешние тангенциальные напряжения (например, изгиб волокна) могут оказаться полезными, если они ориентированы таким образом, что будут снижать значение K_2 или изменять его таким образом, что угол раскрытия Θ , в соотношении (14) будет удалять плоскость раскрытия микротрещины от плоскости, в которой имеет место наибольшая концентрация напряжения.

Рассмотренные явления, от которых зависит увеличение доли зеркальной поверхности скола, позволяют превратить технологическое управляющее воздействие поверхностно-активной среды в эффективное средство зеркального (молекулярно-гладкого) раскрытия трещины, если сделать скорость проникновения в раскрывающуюся трещину поверхностно-активной среды много большей, чем сама скорость раскрытия трещины при любых, даже самых больших допустимых нагрузках.

Этого можно достичь, если применять легколетучие при температуре расклевывания поверхностно-активные среды. Тогда транспортировка поверхностно-активной среды в раскрывающуюся

трещину кроме медленной поверхностной диффузии будет осуществляться также через газовую фазу. Скорость молекул в паре во много раз выше, чем в поверхностном диффузионном слое, и значительно превышает наибольшую возможную скорость раскрытия трещины.

Как указывалось выше, только что раскрытый участок трещины содержит большое количество оборванных связей и имеет чрезвычайно высокую абсорбционную активность. Это обеспечивает большую скорость конденсации и интенсивную перекачку через паровую фазу молекул активной среды в устье раскрываемой трещины. В последнем случае ограничение, открытое Г. М. Бартеневым [3], устраняется. Фронт смачивания поверхностно-активной среды не отстает от фронта раскрытия трещины при любых нагрузках, и флуктуационный механизм раскрытия трещины, создающий поверхность скола с молекулярно-гладкими торцами, сохраняется практически до конца раскалывания. Последнее оказывается возможным также потому, что поверхностно-активная среда, снижая значение безопасного напряжения и перенапряжения, не позволяет достигнуть такого высокого уровня механических напряжений, при котором осуществляется переход к деструктивной стадии разрыва материала волокна, сопровождаемой появлением микро- и макронеровных поверхностей скола, рассеивающих свет.

В качестве поверхностно-активной среды, исходя из рассмотренного механизма раскрытия трещины, использован ацетон, имеющий точку кипения $56.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, не смешивающийся с водой без ограничений. При $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ он имеет парциальное давление $P = 1.32 \cdot 10^4\text{ Па}$, достаточное для осуществления переброса потока его молекул CH_3COCH_3 через паровую фазу в полностью смачивающуюся свежееоткрываемую трещину.

При осуществлении надреза алмазным резцом участка волокна, смоченного ацетоном, образуется скол, имеющий молекулярно-гладкую поверхность.

Выводы

Анализ метода раскалывания ОВ в воздухе показывает, что характер и интенсивность напряженного состояния влияют сложным, не воспроизводимым образом на угол между плоскостью скола и осью волокна, площадь молекулярно-гладкого участка скола и площадь рельефно разрушаемого участка, размеры выступов и выколов на нем. Поэтому подобный скол нуждается в шлифовке и полировке для доведения его до требуемых эксплуатационных параметров.

Учет воздействия естественных факторов (главным образом влаги) на шлифованный и полированный скол показывает, что он легко подвергается ускоренной коррозии и мутнеет при старении.

На основе анализа физических процессов в стекле при симметрично нагруженном состоянии установлено, что можно управлять флуктуационным механизмом раскрытия трещины, создающими поверхность скола с полностью молекулярно-гладкими торцами. Подобное управление достигается вводом в трещину смеси октилового спирта и ацетона, которая играет роль поверхностно-активной среды при раскрытии трещин.

Данный метод обработки позволяет использовать его для подготовки торцов ОВ в полевых условиях.

Список литературы: 1. Палатник Л.С., Сорокин В.К. Материаловедение в микроэлектронике. М.: Энергия, 1999. 380 с. 2. Бартенев Г.М. Сверхпрочные и высокопрочные неорганические стекла. М.: Стройиздат, 2000. 240 с. 3. Бартенев Г.М. Строение и механические свойства неорганических стекол. М.: Стройиздат, 1996. 216 с. 4. Бартенев Г.М., Карташев Э.М. Влияние поверхностно-активных сред на пороговое неразрушающее напряжение полимеров в хрупком состоянии // Доклады АН СССР. 1991. Т. 296. № 4. С. 894–898. 5. Панасюк В.С., Саврук М.П., Дацьшин А.П. Распределение напряжений около трещин в пластинах и оболочках. Киев.: Наук. думка, 2005. 443 с.

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Поступила в редакцию 07.02.2008