

## РАДИАЦИОННЫЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

**С. В. Волков**

Известный факт, что под воздействием радиоактивного излучения увеличиваются потери оптического волокна (а также структура и свойства). Если оптическое волокно используется для связи (т.е. в качестве линии передачи информации), то данные потери необходимо снизить до минимума. Если же оптическое волокно является чувствительным элементом (собственно датчиком), то это свойство можно использовать.

В оптическом волокне, где в качестве примеси используются железо, медь, кобальт, бор или фтор (для снижения коэффициента преломления), под воздействием гамма-излучения и нейтронного пучка потери значительно возрастают по сравнению с волокном, не содержащим этих примесей. Однако одновременно с этим проявляется так называемый эффект фотоотбеливания – устранение энергией света дефектов оптического волокна, вызываемых действием радиоактивных лучей. В результате этого нарушается линейность зависимости потерь в оптическом волокне от дозы излучения, а при добавлении таллия и сурьмы линейность восстанавливается.

Однако стоит заметить, что данный способ изготовления оптоволокон является довольно дорогостоящим и практически непригодным для массового производства.

Большое значение для разработки новых сенсоров имеет исследование новых материалов для изготовления оптического волокна. Одним из возможных путей создания широкой гаммы оптических волокон с варьируемыми характеристиками представляется использование в качестве исходного материала кварцевых стекол, синтезированных по гибкой, экологичной золь-гель технологии. Основным преимуществом данной технологии является возможность достаточно легко варьировать оптические характеристики стекла, получая образцы с заданными свойствами.

Для оптических измерений из стержней изготавливались образцы в виде прямоугольных параллелепипедов размером 10×10×40 мм с полированными гранями.

Спектры поглощения исследуемых образцов записывались на абсорбционных спектрометрах SPECORD M-40.

Исследуемые образцы облучали при комнатной температуре гамма-излучением  $^{60}\text{Co}$  (период полураспада 5,3 года, средняя энергия квантов

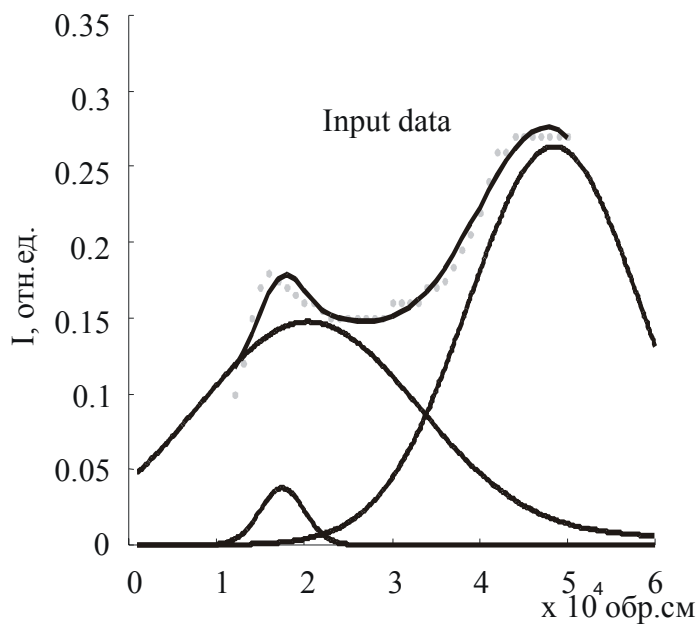


Рис. 1. Спектр поглощения образца кварцевого стекла

мамаи поглощения при 4.85 эВ и 2.05 эВ (рис. 1).

При рассмотрении спектров облученного образца отмечено смещение максимума полосы поглощения при 2.05 эВ в длинноволновую область при увеличении дозы облучения. Поэтому при моделировании учитывались три полосы поглощения с максимумами при 4.85, 2.05, 1.75 эВ.

Поглощение при 4.85 эВ возрастает с увеличением дозы облучения. При этом положение максимума полосы поглощения сохраняется. Поглощение пропорционально дозе облучения (рис. 2).

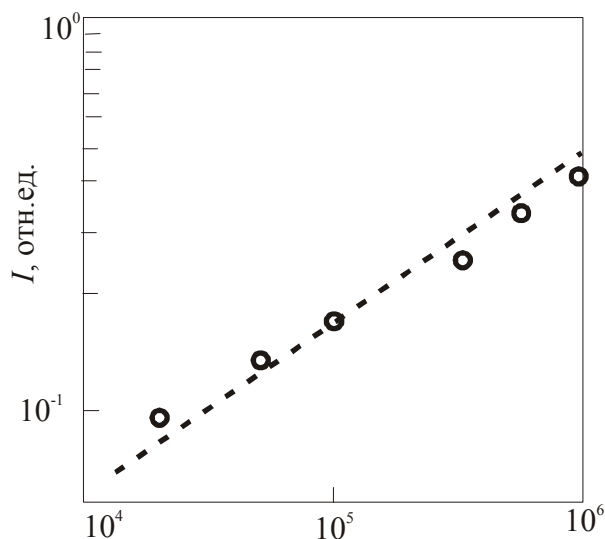


Рис. 2. Зависимость поглощения образца от дозы облучения в полосе 4.85 эВ

1,25 МэВ) на установке МРХ-гамма-25М. В рабочей зоне установки кобальтовые источники собирались в цилиндр так, что образцы облучались равномерно со всех сторон. Контроль доз облучения в диапазоне  $10^2$ - $10^7$  Гр осуществлялся дозиметром Харта. Суммарная доза облучения достигала  $10^6$  Гр. Отжиг стекол проводили при  $10000^\circ\text{C}$  в течение 40 мин.

Спектры поглощения в видимой и УФ области характеризовались максимуму-

Кварцевое стекло, изготовленное по золь-гель технологии, предлагается использовать в качестве чувствительного элемента радиационного датчика. Принципиальная схема приведена на рис. 3.

Для повышения надежности измерений предлагается использовать дифференциальную схему сенсора. Излучение лазера с длиной волны 215 нм вводится в оптическое волокно, после чего волокно разделяется сплиттером на два волокна одинаковой длины, изготовленные из одного материала.

Одно из волокон помещается в среду, где необходимо измерить дозу облучения, второе находится при нормальных условиях. На выходе обоих волокон стоят фотодиоды, которые регистрируют интенсивность прошедшего излучения. Интенсивность излучения в волокне, находившемся под воздействием гамма-облучения, будет меньше за счет поглощения. Величина интенсивности в волокне, находящемся при нормальных условиях, будет служить опорной. Введение такого волокна необходимо для исключения систематической ошибки измерения. Для проведения точных измерений необходима калибровка каждой системы. В предложенной схеме длина волны лазера приходится на максимум поглощения материала. Однако, полоса поглощения очень широкая и в любой ее точке поглощение прямо пропорционально дозе облучения, поэтому можно использовать лазеры с длиной волны в пределах от 200 до 250 нм.

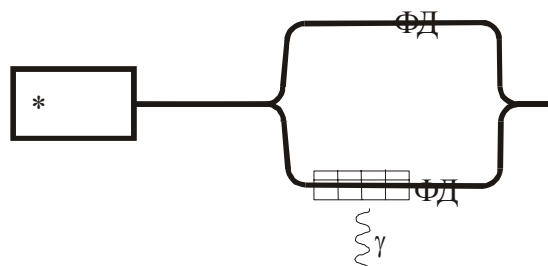


Рис. 3. Принципиальная схема оптоволоконного сенсора дозы облучения

После однократного облучения тестовое волокно необходимо привести в первоначальное состояние. Для этого волокно в лабораторных условиях отжигают в муфельной печи. Однако это неудобно для работающего сенсора. Поэтому предлагается волокно заключить в оболочку из металлической сетки. При пропускании электрического тока по сетке, она будет нагревать волокно. Под воздействием температур выше 200 °С полосы поглощения в волокне исчезают и сенсор можно использовать вновь. Если облучается короткий участок волокна, то прогрев волокна можно осуществить следующим образом. По волокну помимо сигнала передается так же излучение достаточно мощного ИК лазера. Под действием ИК волн волокно будет прогреваться изнутри. Аналогично первому способу после прогрева и исчезновения полосы поглощения сенсор можно использовать вновь.

### Литература

1. Т. Окоси, К. Окамото, М. Оцу, Х. Нисихара, К. Кюма, К. Хататэ Волоконно-оптические датчики // Пер. с японского - Л.: Энергоатомиздат, 1990г.
2. В. А. Саечников, Э. А. Чернявская, Т. П. Янукович и др. Влияние примеси фтора на спектроскопические характеристики кварцевых стекол при гамма-облучении // Журнал прикладной спектроскопии. 2000. Т. 67. № 6.
3. П.Л. Майоров, В.Б. Немтинов Оптическая обработка информации // МФТИ им. Баумана, Москва, 1999г.
4. R. Tohmon, Y. Shimogaichi, S. Munekuni e. a. Relation between the 1.9 eV luminescence and 4.8 eV absorption bands in high-purity silica glass // Appl. Phys. Let. 1989. V. 54, № 17.