

УДК 544.77.022.822+544.774.4+535.3

ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КВАРЦЕВЫХ СТЕКОЛ, ЛЕГИРОВАННЫХ ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Н.В. Борисенко¹, Е.К. Фролова², Л.И. Борисенко¹, И.Я. Сулим¹, М.В. Галабурда¹,
В.М. Богатырев¹

¹Институт химии поверхности им. А.А. Чуйко Национальной академии наук Украины
ул. Генерала Наумова, 17, Киев, 03164, Украина, info@isc.gov.ua

²Институт физики Национальной академии наук Украины
проспект Науки, 46, Киев, 03028, Украина, fizyka@iop.kiev.ua

Разработан новый вариант золь-гель синтеза кварцевого стекла, активированного наночастицами оксидов переходных металлов. Полученное легированное стекло имеет высокую оптическую однородность, содержит ~ 0.3 % масс. ОН-групп и отличается повышенным показателем преломления по сравнению с чистым кварцевым стеклом.

Введение

Стекла, активированные ионами переходных металлов (ПМ), широко используются при производстве люминофоров, в лазерной технике, интегральной и волоконной оптике. Так, в качестве активного волоконного световода лазера, используются нити на основе кварцевого стекла с добавками Nd, Yb, Er, Ho, Tm [1]. Стекла, активированные ионами Ce^{3+} и Tb^{3+} , представляют интерес в качестве световых переизлучателей и катодолюминесцирующих экранов [2]. Стекловидные материалы, легированные Cr-содержащими наночастицами, проявляют спектрально-люминесцентные характеристики, подобные рубину [3]. Обычно легированное кварцевое стекло получают плавлением кремнезёмистого сырья высокой чистоты ($t_{\text{пл}} \sim 1665$ °C) и активаторов. Попытки сохранить введенные в шихту наночастицы соединений активаторов оказались безуспешными из-за их растворения в расплаве [3]. С развитием золь-гель (ЗГ) технологии появилась возможность получения стекол, исключая стадию расплава, путем введения наночастиц на стадии золя. Источниками таких наночастиц могут служить модифицированные оксидами ПМ высокодисперсные кремнеземы. Возможность использования хромсодержащих кремнезёмов для синтеза оптического Cr-стекла показана нами в предыдущих исследованиях [4]. Данная работа посвящена дальнейшей разработке ЗГ синтеза легированных наночастицами оксидов ПМ стекол и изучению их оптических свойств.

Экспериментальная часть

В работе использовали высокодисперсный кремнезем А-175 производства Калушского опытно-экспериментального завода Института химии поверхности им. А.А. Чуйко НАН Украины (ГОСТ 14922-77); модифицированные кремнеземы, синтезы которых разработаны нами и подробно описаны в [4–10], тетраэтоксисилан, ТЭОС, $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$, ОСЧ 14-5-ОП-1 (ТУ 6-09-5230-85) Ангарского завода химреактивов.

Спектры в ИК области полированных стекол толщиной ~ 2 мм записывали с помощью спектрофотометра Specord M-80 (Германия). Коэффициенты преломления стекол измеряли на ноль-эллипсометре ЛЭФ-3М-1 с использованием в качестве

источника света гелий-неонового лазера ($\lambda = 632,8$ нм). Измеряли угол Брюстера, угол падения, при котором происходит полная поляризация отраженного и преломленного света. Коэффициент преломления стекол рассчитывали как тангенс угла Брюстера. Химический анализ ПМ в стеклах выполняли атомно-эмиссионным методом с использованием спектрографа СТЭ-1 (результаты см. табл. 2).

Результаты и их обсуждение

Сущность гибридного способа производства кварцевого стекла заключается в получении однородной золь-коллоидной системы путем гидролиза алкоксидов кремния, добавления в жидкий золь наполнителя – высокодисперсного кремнезема для уменьшения усадки, получения прочных гелей путем созревания, сушки и спекания на воздухе или в атмосфере различных газов (азот, кислород, гелий, хлор и др.). Нами разработан вариант золь-гель синтеза активированных ионами ПМ кварцевых стекол и стеклокерамики (ситаллов) на основе гибридного ЗГ способа получения оптических материалов с использованием в качестве наполнителей в алкоксидно-формованные золи модифицированных высокодисперсных кремнезёмов, содержащих наночастицы оксидов металлов в заданной степени окисления, определенной концентрации и прочно связанных с поверхностью.

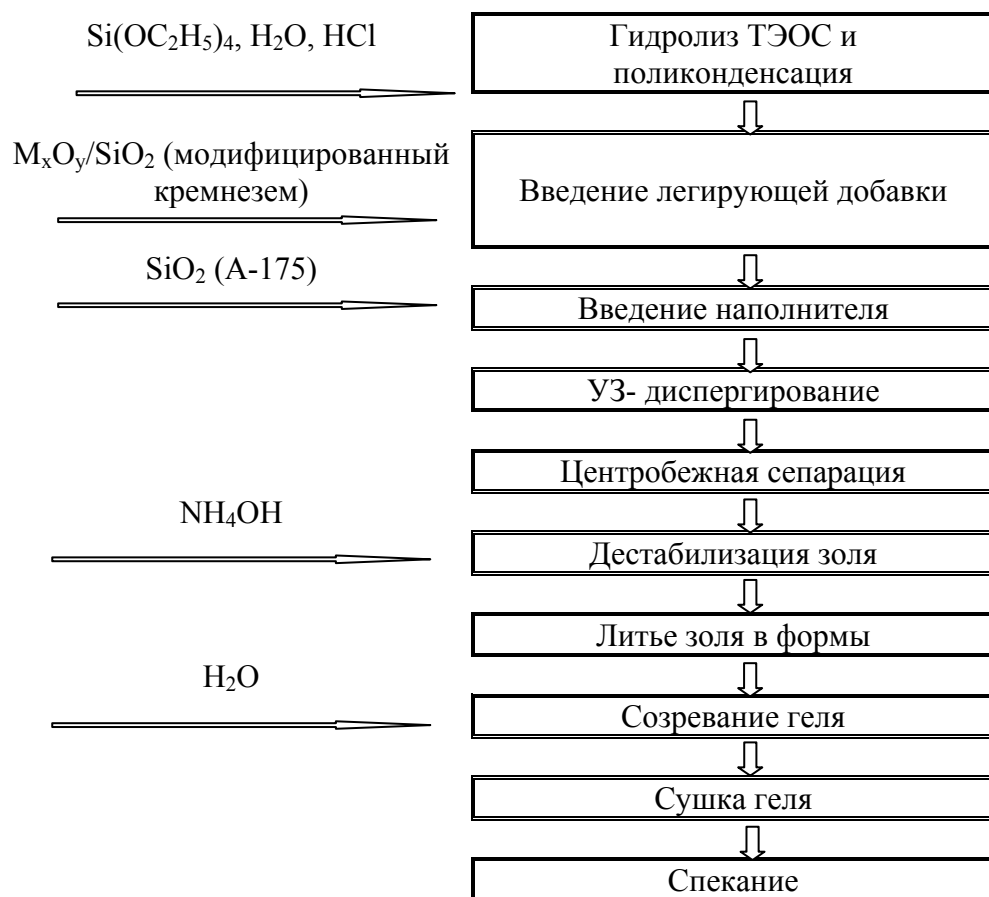


Рис. 1. Схема золь-гель синтеза легированных оптических материалов.

Схема золь-гель синтеза металлсодержащих оптических материалов приведена на рис. 1. Последовательность операций ЗГ синтеза выглядит следующим образом: гидролиз ТЭОС в трехкомпонентной системе исходных веществ $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4 - \text{H}_2\text{O} - \text{HCl}$, взятых в мольном соотношении 1:16:0.01; добавление кремнезёмов, модифицированных оксидами металлов и А-175; тщательное диспергирование в

ультразвуковой ванне; центробежная сепарация для отделения крупных примесей и агломератов; нейтрализация смеси до pH 5,0 – 5,5 раствором аммиака; литье золя в пластиковые контейнеры; гелеобразование и созревание; сушка геля; спекание на воздухе в муфельной печи при температуре 1140 – 1200 °С в течение 0,5 ч. Последовательность операций синтеза металлсодержащих стекол остается практически такой же, как и в традиционном способе, за исключением того, что источником ионов металлов, которые вводят в состав золя, являются модифицированные кремнеземы M_xO_y/SiO_2 вместо растворов солей. Необходимая концентрация легирующей добавки достигается введением дополнительного объема исходного кремнезема А-175 (принцип «разведения»).

Особенности физико-химических процессов, происходящих в системе $Si(OC_2H_5)_4 - H_2O - HCl$, начиная со смешивания исходных веществ и заканчивая образованием прозрачного монолитного тела, рассмотрены ниже.

Гидролиз ТЭОС и поликонденсация.

Трехкомпонентная система исходных веществ $Si(OC_2H_5)_4 - H_2O - HCl$, взятых в мольном соотношении 1:16:0.01, выбрана как наиболее подходящая для практического использования при получении монолитных образцов ксерогелей и стекол. $Si(OC_2H_5)_4$ реагирует с H_2O в четыре стадии [11] с образованием истинно растворимой кремневой кислоты [12]. Затем происходит ее конденсация в поликремневые кислоты и образование золя. Жидкости ТЭОС и вода не смешиваются между собой, поэтому для осуществления гидролиза требуется интенсивное перемешивание смеси пропеллерной мешалкой (700 об/мин, 30 мин). При указанном соотношении компонентов pH ~ 2 (кислотный катализ), скорость гидролиза высокая, а полимеризации – наименьшая. В этих условиях формируются сферические гидратированные частицы золя кремнезема диаметром 4–6 нм [11].

Введение легирующей добавки и наполнителя.

Экспериментально установлено, что оптимальный состав золя должен содержать SiO_2 , полученный из ТЭОС и введенный в виде А-175 в пропорции, равной 1:1. Оптимальное массовое соотношение вода : А-175 равно 3,7:1, а соотношение А-175 : модифицированный кремнезем было 20:1. Для получения кварцевого стекла, содержащего переходные металлы, в качестве наполнителей и легирующей добавки ЗГ системы использовали кремнезем, модифицированный наночастицами оксидов ПМ. Состав и свойства использованных кремнезёмов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Состав и свойства модифицированных кремнезёмов

Состав	C_m , масс. %	S , м ² /г	D, нм	Литература
SiO_2	-	175	Аморфный	-
$ZrO_2/CeO_2/SiO_2$	1.6 (Zr), 4.1 (Ce)	287	Аморфный	[5]
$ZrO_2/CeO_2/SiO_2$	3.7 (Zr), 4.1 (Ce)	283	Аморфный	[5]
$ZrO_2/CeO_2/SiO_2$	7.4 (Zr), 4.1 (Ce)	282	Аморфный	[5]
$ZrO_2/CeO_2/SiO_2$	14.8 (Zr), 4.1 (Ce)	279	4 ($t-Zr_{0.88}Ce_{0.12}O_2$)	[5]
ZrO_2/SiO_2	4	270	19	[6]
Fe_2O_3/SiO_2	1	297	Аморфный	[7]
Fe_2O_3/SiO_2	4	228	Аморфный	[7]
$Fe_2O_3/SiO_2 + Eu_2O_3/SiO_2$	2 (Fe), 0.5 (Eu)	230	Аморфный	[7, 8]
Eu_2O_3/SiO_2	1.1	230	Аморфный	[8]
$Eu_2O_3/SiO_2 + Cr_2O_3/SiO_2$	0.5 (Eu), 0.7 (Cr)	200	10 (Cr_2O_3)	[8, 4]
Cr_2O_3/SiO_2	1.3	165	10	[4]
CeO_2/SiO_2	10	230	3	[9]
CuO/SiO_2	1.7	286	88	[10]

S – удельная поверхность, D – размер кристаллитов фазы оксидов ПМ.

Для синтеза кварцевого стекла, легированного ионами двух и более металлов, в золь вводили необходимое количество различных модифицированных кремнезёмов, например $\text{Eu}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 + \text{Cr}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ или $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 + \text{Eu}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$. Также использовали кремнезёмы, модифицированные одновременно двумя оксидами, $\text{ZrO}_2/\text{CeO}_2/\text{SiO}_2$. Возможность синтеза бинарных и тройных оксидных систем ПМ на поверхности высокодисперсного кремнезёма предусматривает практически неисчерпаемые возможности в создании новых наноразмерных керамических порошков для золь-гель синтеза легированных кварцевых и керамических материалов с уникальными оптическими свойствами.

УЗ диспергирования и центробежная сепарация

При соотношении компонентов вода : А-175, равном 3.7:1, образуется максимально концентрированная суспензия SiO_2 в H_2O . Это необходимо для уменьшения усадок гелевых заготовок при сушке и спекании. Получение концентрированной суспензии требует ультразвуковой обработки смеси исходного и модифицированных кремнезёмов в течение 15 мин с использованием диспергатора УЗДН-А (22 кГц). Затем суспензию подвергают центрифугированию при 2000 об/мин в течение 0,5 ч для удаления крупных примесей, грита и агломератов. Полученный коллоидный золь вливают в алкоксидный золь, синтезированный из ТЭОС, и 10 мин перемешивают на пропеллерной мешалке. Образовавшийся композиционный золь имеет $\text{pH} \sim 2$.

Дестабилизация золя и гелеобразование

Максимальная во времени устойчивость золя отмечается при $\text{pH} 1,5-3$ (вблизи изоэлектрической точки), а минимальная устойчивость золя и быстро протекающий процесс образования геля наблюдается в области $\text{pH} 5 - 6$. Гелеобразование в коллоидно-кремнезёмных системах при $\text{pH} 1,5 - 3$ является самопроизвольным и длится несколько суток [11]. При введении в золь гидроксид-ионов и повышении pH происходит дестабилизация золя, процесс агломерации коллоидных частиц резко ускоряется и сопровождается стремительным увеличением вязкости и потерей текучести золя. Порцию полученного композиционного золя (200 мл) титровали 0,2 н раствором аммиака до $\text{pH} 5 - 5,5$.

Литье золя в формы

Нейтрализованный золь быстро разливали в формы, время гелирования составляло 10 – 20 мин. В качестве материала для форм подходят полипропилен, полистирол, тефлон. Образовавшийся гель через 1 ч заливали дистиллированной водой и оставляли в форме на 10 ч.

Сушка геля и спекание

Мокрый гель аккуратно извлекали из формы и помещали в закрытый контейнер из фильтровальной бумаги для сушки. Продолжительность сушки для цилиндрических образцов до 50 мм в диаметре и высотой до 20 мм составляет трое суток, с повышением температуры за это время от 40 до 60 °С. Высушенные ксерогели спекали на воздухе в муфельной печи при температуре 1140 – 1200 °С в течение 0,5 ч. Ксерогели, полученные с использованием модифицированных кремнезёмов, начинали спекаться при температуре 900 °С и превращались в прозрачное стекло при $t = 1140-1200$ °С без плавления. Полученные легированные золь-гель стекла (ЗГС) имеют высокую оптическую однородность – бесцветные (содержащие Zr, Ce, Eu) или равномерно окрашенные (Fe – оранжевые, Cu – желтые, Cr – желто-зеленые). ЗГС не содержат трещин, вкраплений и пузырей воздуха.

Наночастицы оксидов ПМ ассоциированы с поверхностью высокодисперсного кремнезёма химической связью. Связывание с поверхностью кремнезёма должно

предотвращать их свободное передвижение в порах, заполненных жидкостью, и вытеснение к поверхности объемных образцов в процессе уплотнения пор и термической конденсации ксерогелей. Кроме того, химическая связь должна препятствовать агрегации и образованию больших скоплений (островков) кристаллической фазы, следовательно, повысить однородность распределения легирующей добавки в объеме образца. Хотя переход наночастиц ПМ в золь во время ультразвукового диспергирования также возможен. В этом случае, их поверхностные гидроксильные группы будут участвовать в конденсационных процессах и встраиваться в кремнийкислородный каркас на стадии образования мокрого геля.

Результаты химического анализа ПМ в стеклах приведены в табл. 2. В результате ЗГ синтеза модифицированные кремнеземы разбавляли в ~40 раз кремнеземом А-175 и образовавшимся из ТЭОС. Фактическое содержание ПМ, для большинства стекол, не в 40, а в 10 – 200 раз меньше, чем в M_xO_y/SiO_2 , что можно объяснить потерями модифицированного или исходного кремнезема в процессе центрифугирования.

Таблица 2. Состав и свойства легированных стекол

№	Состав	C_M , масс. %	n
1	SiO_2	-	1,456
2	$ZrO_2/CeO_2/SiO_2$	0,02 (Zr), 0,04 (Ce)	1,459
3	$ZrO_2/CeO_2/SiO_2$	0,035 (Zr), 0,05 (Ce)	1,465
4	$ZrO_2/CeO_2/SiO_2$	0,04 (Zr), 0,02 (Ce)	1,465
5	$ZrO_2/CeO_2/SiO_2$	0,04 (Zr), 0,03 (Ce)	1,466
6	ZrO_2/SiO_2	0,03	1,492
7	Fe_2O_3/SiO_2	0,08	1,459
8	Fe_2O_3/SiO_2	0,20	1,466
9	$Fe_2O_3/SiO_2 + Eu_2O_3/SiO_2$	0,50 (Fe), 0,05 (Eu)	1,458
10	Eu_2O_3/SiO_2	0,05	1,459
11	$Eu_2O_3/SiO_2 + Cr_2O_3/SiO_2$	0,05 (Eu), 0,003 (Cr)	1,455
12	Cr_2O_3/SiO_2	0,006	1,462
13	CeO_2/SiO_2	0,005	1,480
14	CuO/SiO_2	0,1	1,464
15	Кварц KB	-	1,456
16	Кварц КУ-2	-	1,455

Из большинства видов стекол самым низким поглощением в видимой и ближней инфракрасной области спектра обладает плавленный кварц. Стекла, применяемые для изготовления сердцевины и оптической оболочки световодов, различаются показателями преломления n . В кварц добавляют оксид бора или соединения фтора, снижающие показатель преломления. Для соединений бора изменение показателя преломления от содержания элемента носит экстремальный характер. Напротив, разность показателей преломления чистого SiO_2 и материала с добавкой фтора увеличивается линейно с повышением молярной концентрации фтора вплоть до нескольких процентов. Снижение n у кварцевого стекла с добавкой фтора – внутреннее свойство атомов фтора в матрице SiO_2 . При этом оптические свойства кварца не ухудшаются. Фторирование кварца позволяет уменьшить рэлеевское рассеяние и минимизировать волновые потери. Однако легирование фтором увеличивает вероятность возникновения трещин и уменьшает прочность стекла, а, кроме того, делает кварц более чувствительным к диффузии водорода [13].

Оптические свойства полученных стекол сравнивали с плавленными кварцевыми стеклами KB и КУ-2 (Гусь-Хрустальный) (рис. 2) [14]. Коэффициент преломления ЗГ

стекла (№ 1) соответствует n КВ (№ 15) и КУ-2 (№ 16), что свидетельствует о высоком качестве полученного чистого кварцевого стекла. Все легированные ЗГ стекла (кроме № 11) имеют значение n выше, чем у исходного. Самым высоким n обладают стекла, легированные диоксидами церия и циркония. В [13] также подчеркивается, что все добавки к плавленому кварцу (кроме бора и фтора) – такие, как GeO_2 , P_2O_5 , TiO_2 , Al_2O_3 , Sb_2O_3 – приводят к увеличению показателя преломления по сравнению с чистым кварцем без ухудшения его оптических свойств.

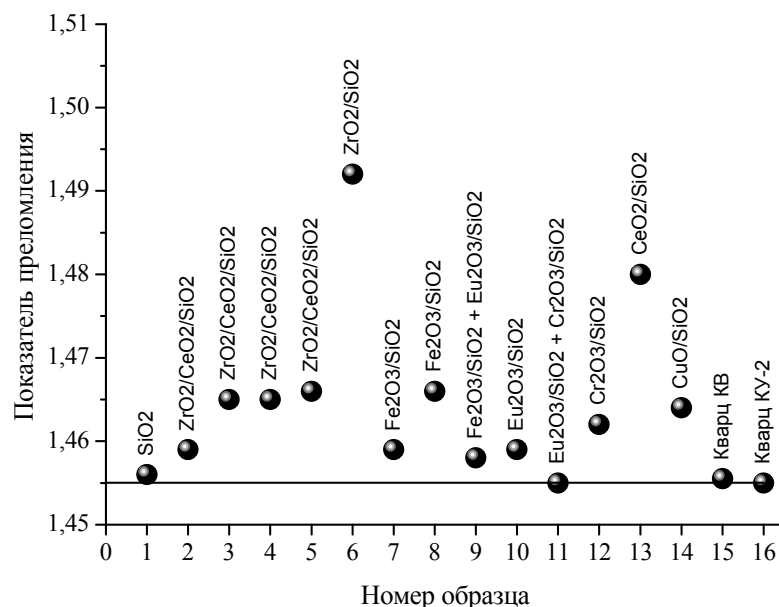


Рис. 2. Показатели преломления оптических материалов КВ, КУ-2 и ЗГС, легированных ПМ.

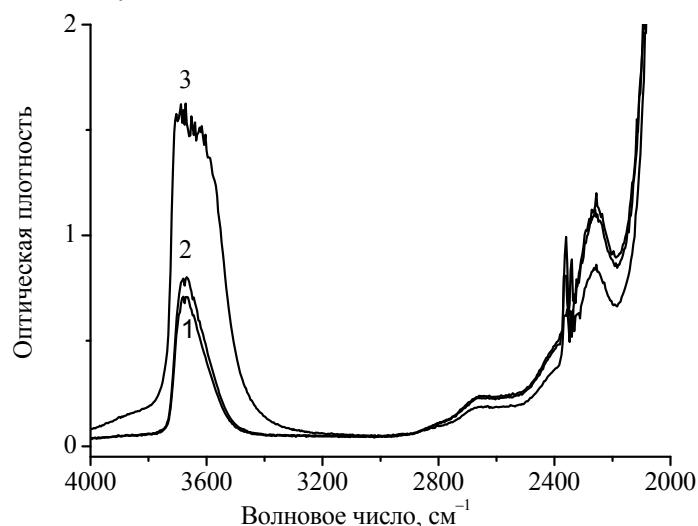


Рис. 3. ИК-спектры плавленных стекол КВ (1), КУ-2 (2) и ЗГС, легированного CeO_2 (3).

Увеличение температуры спекания от 1000 до 1100 °С сопровождается уменьшением удельной поверхности образцов в 10–15 раз и практически полным исчезновением свободных силанольных групп при 3750 cm^{-1} (рис. 3). Спекание при 1200 °С не приводит к полному исчезновению полос поглощения при 3670–3680 cm^{-1} , что подтверждает присутствие остаточных гидроксидов в кремнеземной матрице. Концентрация гидроксильных групп в стеклах для оптических волокон, работающих на длине волны 0,63–1,55 мкм, является важной характеристикой, так как ОН-группы ответственны за поглощение излучения в этом диапазоне.

На рис. 3. приведены ИК-спектры плавленных кварцевых стекол КВ, КУ-2 и ЗГС, легированного церием. ИК-спектры остальных ЗГС не отличаются от спектра стекла №13. Широкая полоса с максимумом при 3660 см^{-1} относится к валентным колебаниям связи О–Н в гидроксильных группах, структурно связанных с кремнийкислородным каркасом. Интегральная оптическая плотность ОН-групп в ЗГС в 3 раза больше, чем у плавленных стекол. Исходя из того, что концентрация пропорциональна оптической плотности, а [ОН] в плавленных стеклах $\sim 0,1\%$ масс., концентрацию ОН в ЗГ стеклах можно оценить в $\sim 0,3\%$ масс., что хорошо согласуется с данными работы [11].

Выводы

Разработан вариант золь-гель синтеза активированных ионами ПМ кварцевого стекла, предусматривающий использование в качестве наполнителей в алкоксидно-формованные золи модифицированных высокодисперсных кремнезёмов, содержащих наночастицы оксидов металлов в заданной степени окисления, определенной концентрации и прочно связанных с поверхностью.

Методом ИК-спектроскопии установлена концентрация ОН-групп в ЗГ стеклах, составляющая $\sim 0,3\%$ масс. Показано, что легирующие добавки к кварцевому стеклу ZrO_2 , CeO_2 , Fe_2O_3 , Eu_2O_3 , Sr_2O_3 , и CuO приводят к увеличению показателя преломления кварцевого стекла.

Работа выполнена при поддержке Комплексной программы фундаментальных исследований НАН Украины "Наноструктурные системы, наноматериалы, нанотехнологии" и проекта CRDF Global № UKC-2-7072-KV-12.

Литература

1. Дианов Е.М. Волоконные лазеры // Успехи физических наук. – 2004. – Т. 74, № 10. – С. 1139–1142.
2. Мелашкевич Г.Е., Семкова Г.И., Ступак А.П., Суходолов А.В. Кварцевые стекла с высокой эффективностью сенсбилизации люминесценции в системе $\text{Ce}^{3+}\text{--Tb}^{3+}$ // Физика твердого тела. – 2004. – Т. 46, Вып. 8. – С. 1386–1391.
3. Мелашкевич Г.Е., Семкова Г.И., Семченко А.В., Першукевич П.П., Прусова И.В. Кварцевые гель-стекла, легированные Sr-содержащими наночастицами // Письма в журн. теорет. и эксперим. физики. – 2008. – Т. 88, Вып. 11. – С. 855–859.
4. Borysenko M.V., Bogatyrov V.M., Poddenezhny E.N., Boiko A.A., Chuiko A.A. Application of chromium-containing silica for synthesising functional glasslike materials by the sol-gel method // J. Sol-Gel Sci. Technol. – 2004. – V. 32. – P. 327–331.
5. Сулим И.Я., Борисенко Н.В., Тиньков В.А., Борисенко Л.И. Синтез, структура и свойства нанокompозитов на основе высокодисперсного кремнезема, модифицированного оксидами циркония и церия // Поверхность. – 2009. – Вып. 1(16). – С. 243–251.
6. Борисенко Н.В., Сулим И.Я., Борисенко Л.И. Модифицирование высокодисперсного кремнезема ацетилацетонатом циркония // Теорет. и эксперим. химия. – 2008. – Т. 44, №3. – С. 191–195.
7. Bogatyrev V.M., Gun'ko V.M., Galaburda M.V., Borysenko M.V., Pokrovskiy V.A., Oranska O.I., Polshin E.V., Korduban O.M., Leboda R., Skubiszewska-Zieba J. Synthesis and characterization of $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ nanocomposites // J. Colloid Interface Sci. – 2009. – V. 338, Is. 2. – P. 376–388.
8. Ignatovych M., Borysenko M., Holovey V., Baranyai P., Kelemen A. Photoluminescence study of Eu-species in tetraborate and silica // Chemistry, physics and technology of surface. – 2010. – V. 1, N 3. – P. 321-325.

9. Кулик К.С., Борисенко Н.В. Синтез и свойства нанокompозитов $\text{CeO}_2/\text{SiO}_2$ // Химия, физика и технология поверхности: Межвед. сб. научных тр. ИХП им. А.А. Чуйко НАНУ. – 2008. – Вып.15. – С. 303–310.
10. Борисенко Н.В., Кулик К.С., Дяченко А.Г., Чернявская Т.В., Борисенко Л.И. Термические превращения ацетилацетоната меди на поверхности высокодисперсного кремнезема // Химия, физика и технология поверхности. – 2013. – Т. 4, № 3. – С. 320–326.
11. Подденежный Е.Н., Бойко А.А. Золь-гель синтез оптического кварцевого стекла. Гомель: УО «ГГТУ им. П.О.Сухого», 2002. – 210 с.
12. Неймарк И.Е. Синтетические минеральные адсорбенты и носители катализаторов. – Киев: Наук. думка, 1982. – 216 с.
13. Ларин Ю.Т. Стекла для изготовления оптических волокон и кабелей. – http://www.hyperline.ru/info/informost/1_2002-2.shtml.
14. ГОСТ 15130-86. Стекло кварцевое оптическое. Общие технические условия. – с. 30.

ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ І ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КВАРЦОВИХ СТЕКОЛ, ЛЕГОВАНИХ ПЕРЕХІДНИМИ МЕТАЛАМИ

**М.В. Борисенко¹, О.К. Фролова², Л.І. Борисенко¹, І.Я. Сулим¹,
М.В. Галабурда¹, В.М. Богатирьов¹**

¹*Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка Національної академії наук України
вул. Генерала Наумова 17, Київ, 03164, Україна, info@isc.gov.ua*

²*Інститут фізики Національної академії наук України
проспект Науки, 46, Київ, 03028, Україна, fizyka@iop.kiev.ua*

Розроблено новий варіант золь-гель синтезу кварцевого скла, активованого наночастинками оксидів перехідних металів. Отримане леговане скло має високу оптичну однорідність, містить ~ 0,3 % мас. ОН-груп і відрізняється підвищеним показником заломлення в порівнянні з чистим кварцевим склом.

SOL-GEL SYNTHESIS AND OPTICAL PROPERTIES OF SILICA GLASS DOPED WITH TRANSITION METALS

**M.V. Borysenko¹, O.K. Frolova², L.I. Borysenko¹, I.Ya. Sulym¹,
M.V. Galaburda¹, V.M. Bogatyrov¹**

¹*Chuiko Institute of Surface Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine
General Naumov street 17, Kyiv, 03164, Ukraine, info@isc.gov.ua*

²*Institute of Physics, National Academy of Sciences of Ukraine
Prospekt Nauki, 46, Kyiv, 03028, Ukraine, fizyka@iop.kiev.ua*

A new variant of the sol-gel synthesis of the quartz glass activated with transition metal oxide nanoparticles have been developed. The resulting doped glass has a high optical homogeneity, contains ~ 0.3 wt. % OH groups and different high refractive index compared to pure silica glass.