

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ СОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В СИЛИКАТНЫХ СТЕКЛАХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

А. А. Алексесико¹, В. С. Гурин², К.В. Юмашев³, П.В. Прокопкин³, С.А. Золотовская³,
Е. Н. Подденежный¹, А.А. Бойко¹

¹ Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, пр-т Октября 48,
Гомель, 246746, Беларусь

² НИИФХП БГУ, Минск, Беларусь

³ НИУ «Международный лазерный центр», Минск, Беларусь

Исследование материалов, содержащих наноразмерные неорганические соединения, направлено на решение задач по формированию функциональных элементов, обладающих перспективными физическими свойствами, в частности, уникальными оптическими характеристиками для создания сред с высоким целенаправленным оптическим откликом [1]. Нами разработан метод получения кварцевых стекол на основе SiO₂-золь-гель технологии, легированных наноразмерными соединениями переходных металлов (Cu, Co, Cr, Ag и др.). Технология состоит из нескольких стадий: (1) синтез золя SiO₂ путем гидролиза тетраэтоксисилана, катализируемого кислотами, с введением твердого наполнителя - аэросила; (2) его гелирование и частичная дегидратация с формированием пористой матрицы; (3) допирование внедрением прекурсоров наночастиц в матрицу; (4) химические превращения прекурсоров; (5) финальное спекание матрицы с образованием стекла. Особенности структуры SiO₂-матрицы играют важную роль как для получения конечного продукта необходимого состава, так и для достижения высокого оптического качества материала.

В рамках настоящей работы исследовалось влияние типа аэросила на структуру и свойства получаемых стекол. Четыре типа аэросилов, данные по которым представлены в таблице, отличались и размером частиц SiO₂ и величиной удельной поверхности. На рис. 1 показаны распределения по размерам глобул в пористых ксерогельных матрицах (отожженных на воздухе при T=600^oC, 1ч), полученные на РЭМ. Интервал средних размеров приходится на 100-150 нм для синтеза с аэросилами А-380 и Т-30, имеющих собственные меньшие размеры частиц, и несколько большие размеры глобул имеют ксерогели, приготовленные с использованием других аэросилов.

Аэросил	А-175	А-300	А-380	Т-30
Уд. поверхность, м ² /г	175	300	380	300
Размер частиц SiO ₂ , нм	10-40	5-20	5-15	7-10

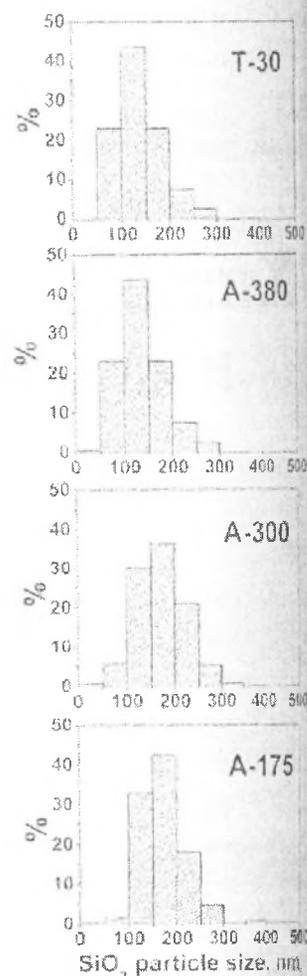


Рис. 1. Размер частиц SiO₂-ксерогелей (для указанных марок аэросила)

Для стекол, легированных наночастицами соединений меди и кобальта (оксиды и селениды, в данном случае), представлены спектры поглощения на рис. 2. Различные типы аэросила заметно влияют на ширину и интенсивность характерного пика поглощения для Cu_2Se -содержащих стекол с максимумом в ближней ИК-области, но положение максимума практически не изменяется. Остается также без значительных изменений часть спектра в области 400-600 нм, соответствующая краю фундаментального поглощения частиц Cu_2Se . Следовательно, изменения в микроструктуре ксерогелей, вызванные разными аэросилами, мало затрагивают химизм образования наночастиц, но сильно сказываются на их финальной концентрации и степени монодисперсности.

В случае Co-легированных материалов наблюдается появление характерных для Co^{2+} -ионов максимумов в видимой области, исчезающих при его восстановлении и селенизации. При

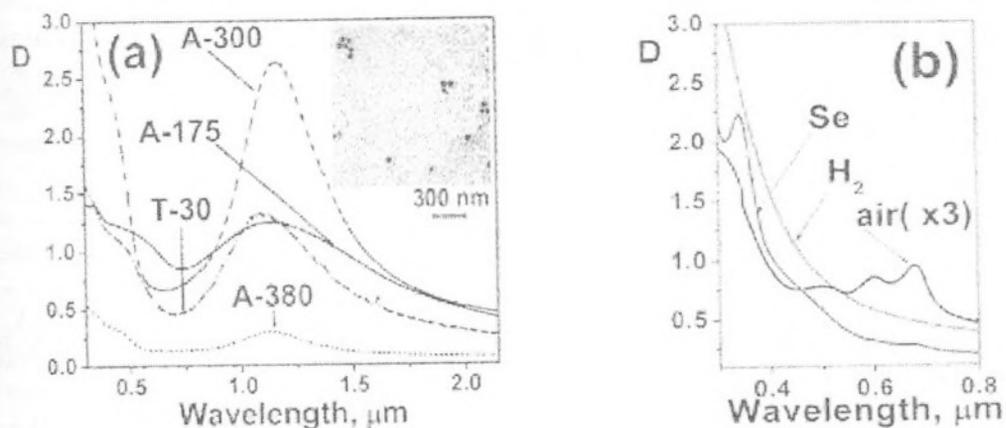


Рис. 2. Спектры поглощения стекол, полученных с разными аэросилами и легированных селенидом меди и микрофотография наночастиц Cu_2Se в стекле с A-300 (а), и стекле, легированном соединениями кобальта (б).

восстановлении можно ожидать формирования металлических частиц, но пик их плазмонного резонанса лежит в более коротковолновой области (не показанной на рис. 2), а в результате селенизации, аналогично процессу образования селенида меди в стеклах, допированных медью, наночастицы селенида кобальта также могут образовываться, но их оптика резко отличается от таковой для Cu_2Se и представлена максимумом с $\lambda \sim 350$ нм (рис. 2б).

Таким образом, разработанный вариант золь-гель технологии позволяет формировать материалы с оптическими свойствами, обусловленными присутствием наночастиц халькогенидов и других химических форм переходных металлов. Одним из путей регулирования свойств получаемых стекол является изменение микроструктуры матрицы на стадии ксерогеля, что сохраняет характер протекающих химических процессов образования наночастиц (восстановление, селенизацию), но изменяет интенсивность поглощения в ИК-области, на базе которого создаются нелинейно-оптические переключатели [2].

1. K.V. Yumashev J.Opt.Soc.Am.B14, N4, 2000, P.572-579.

2. А.А. Алексеевко, Перспективные Материалы, №1, 2004, С.27-35.