

Термодиффузионный механизм нелинейного поглощения суспензии наночастиц

К.Н. Окишев, В.И. Иванов, С.В. Климентьев, А.А. Кузин, А.И. Ливашвили*

Дальневосточный государственный университет путей сообщения
680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47

Поступила в редакцию 1.09.2008 г.

Представлены экспериментальные результаты самоиндуцированного просветления (или потемнения) суспензии углеродных наночастиц в оптоволоконной ячейке под действием излучения. Предложена модель, основанная на явлении термодиффузии с учетом конвекции.

Ключевые слова: жидкофазная дисперсная среда, наночастицы, нелинейное поглощение, конвекция, термодиффузия; the disperse fluid medium, nanoparticles, nonlinear absorption, convection, thermodiffusion.

Введение

Известны нелинейно-оптические методы исследования термодиффузии (эффекта Соре) в жидких двухкомпонентных средах, основанные на определении параметров тепловой линзы [1] или характеристик динамических голограмм [2]. В обоих случаях термодиффузионный механизм оптической нелинейности среды обусловлен перераспределением концентрации компонентов в неоднородном световом поле и соответствующим изменением показателя преломления среды. В случае различающихся коэффициентов поглощения компонентов изменение их концентрации приводит также к изменению коэффициента поглощения среды (просветлению или потемнению) [3].

Целью данной работы является экспериментальное исследование термодиффузионного механизма самоиндуцированного просветления (или поглощения) двухкомпонентной среды лазерным пучком.

Для проведения эксперимента была использована схема на основе волоконно-оптических соединителей (рис. 1), состоящая из оптической розетки-соединителя и двух патч-кордов, разделенных зазором толщиной 125 мкм, пространство между которыми заполнялось суспензией наночастиц углерода в циклогексане.

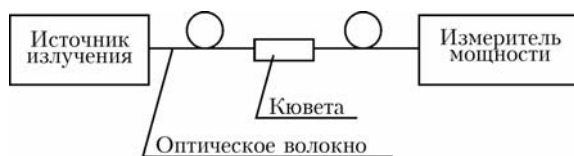


Рис. 1. Схема эксперимента

Были проведены измерения прошедшей через кювету оптической мощности для двух вариантов ориентации кюветы: вертикальной и горизонтальной (источник излучения снизу). Исходная мощность излучения (с длиной волны 1310 нм), подаваемая в волокно, составляла 1 мВт. Изменение мощности прошедшего излучения P от времени (рис. 2) зависело от ориентации кюветы. Для горизонтальной ориентации хорошо заметен начальный участок просветления длительностью около 7 с.

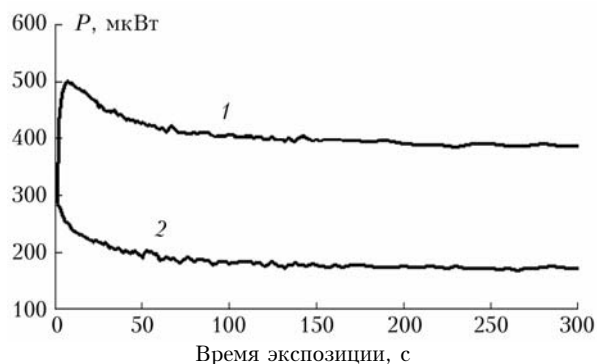


Рис. 2. Интенсивность излучения на входе измерителя мощности (кривые 1 и 2 соответственно для горизонтальной и вертикальной ориентации кюветы)

На обеих кривых присутствует область уменьшения пропускания кюветы, однако для горизонтального расположения кюветы первоначальный уровень ослабления так и не достигается.

Для объяснения приведенных результатов нами предлагается качественная модель явления, основанная на учете совместного действия термодиффузии и свободной конвекции. В результате поглощения излучения в дисперсной среде под действием градиента температуры возникает поток частиц (эффект Соре). Сопутствующий этому процессу градиент концентрации, в свою очередь, приво-

* Константин Николаевич Окишев (ivanov@festu.khv.ru); Валерий Иванович Иванов (ivanov@festu.khv.ru); Сергей Вячеславович Климентьев (ivanov@festu.khv.ru); Андрей Анатольевич Кузин (kuzin@festu.khv.ru); Альберт Ильич Ливашвили (livbru@mail.ru).

дит к диффузии. Все эти явления протекают на фоне конвективного движения жидкости, характерного для ячейки Бенара.

В предыдущих наших экспериментах было показано, что в суспензиях частиц углерода в воде и циклогексане коэффициент термодиффузии положительный [3]. При этом наночастицы под воздействием градиента температуры стремятся покинуть область нагрева. Так как общий объем кюветы значительно больше области нагрева, то подводимая конвекцией к этой области жидкость имеет концентрацию частиц, близкую к начальной. Теплопроводность стекла [~ 1 Вт/(м·К)] значительно выше теплопроводности циклогексана [$\sim 0,12$ Вт/(м·К)], что приводит к большому градиенту температуры в направлении стенок кюветы. Это, в свою очередь, обуславливает значительный термодиффузионный поток частиц к стенкам кюветы в области нагрева и соответствующее уменьшение пропускания в этой области.

В эксперименте на основе волоконно-оптических соединителей первоначальное просветление среды объясняется тем, что при горизонтальной ориентации кюветы создаются худшие условия для конвекции. То есть в начальный момент времени,

до установления конвективных потоков, термодиффузионные потоки уменьшают концентрацию, затем конвективные потоки «выносят» этот обедненный наночастицами слой из области взаимодействия с излучением. В вертикальной же кювете с самого начала определяющей является конвекция жидкости.

Отметим, что полученные результаты могут быть положены в основу разработок автоматических аттенюаторов для волоконно-оптических линий связи, а также использованы при экспериментальном определении величин коэффициентов диффузии и термодиффузии в жидкофазных дисперсных системах.

1. *Vicary L.* Pump-probe detection of optical nonlinearity in water-in-oil microemulsion // *Philosoph. Mag.* В. 2002. V. 82. N 4. P. 447–452.
2. *Leppla C., Wiegand S.* Investigation of the Soret effect in binary liquid mixtures by TDFRS-contribution to the benchmark fey // *Philosoph. Mag.* В. 2003. V. 83. N 17–18. P. 1989–1994.
3. *Иванов В.И., Карпец Ю.М., Окишев К.Н., Ливашвили А.И.* Термодиффузионный механизм просветления двухкомпонентной среды лазерным излучением // *Изв. ТПУ.* 2007. Т. 311. № 2. С. 39–42.

K.N. Okishev, V.I. Ivanov, S.V. Klimentev, A.A. Kuzin, A.I. Livashvili. The thermal diffusion mechanism of the nonlinear absorbing in nanoparticle suspensions.

An experimental research of the thermal diffusion mechanism of a self-induced enlightenment (or darkening) of suspension of carbon nanoparticles in the optical fiber cell by the radiation is presented. The model of the phenomenon, which is based on the thermal diffusion mechanism and taking into account a convection, is proposed.