

Лазерные треки в радужной пленке на воде

Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю.

Обнаружено, что узкие нерасходящиеся лазерные треки, которые изучались ранее в свободных мыльных пленках /1-13/, могут также образовываться и в тонких радужных пленках бензина, лежащих на воде.

Разноцветные пленки часто встречаются на поверхности городских луж и водоемов. Их цвета обусловлены интерференцией света и свидетельствуют о малой толщине пленок. Аналогичные переливы цвета характерны и для тонких мыльных пленок, в которых, как показано ранее /1-13/, введенный в них лазерный луч формирует нерасходящиеся световые каналы, лазерные треки.

Могут ли быть такие же лазерные треки в радужных пленках? При внешнем цветовом сходстве эти пленки имеют разный состав. В отличие от слоистой структуры мыльных пленок, у которых обе поверхности покрыты плотно упакованным слоем молекул мыла или ПАВ с малым поверхностным натяжением, радужные пленки на воде однородны по толщине и в свободном виде, без воды, они не существуют. В то же время, показатель преломления таких пленок может быть больше, чем у воды и, следовательно, введенный в них свет может идти по ним так же, как в мыльных пленках, с полным внутренним отражением.

Наличие лазерных треков в таких пленках увеличило бы разнообразие сред и условий для получения и изучения лазерных треков. Но не окажется ли препятствием для формирования в них треков их однородный состав, контакт этих пленок с водой и уменьшение из-за этого угла полного внутреннего отражения?

В поиске ответов на эти вопросы для исследований была выбрана пленка бензина (марки 92). Она образовывалась в чашке Петри диаметром 10 см, в которой на поверхность воды наносилась одна капля бензина объемом около 15 мм³.

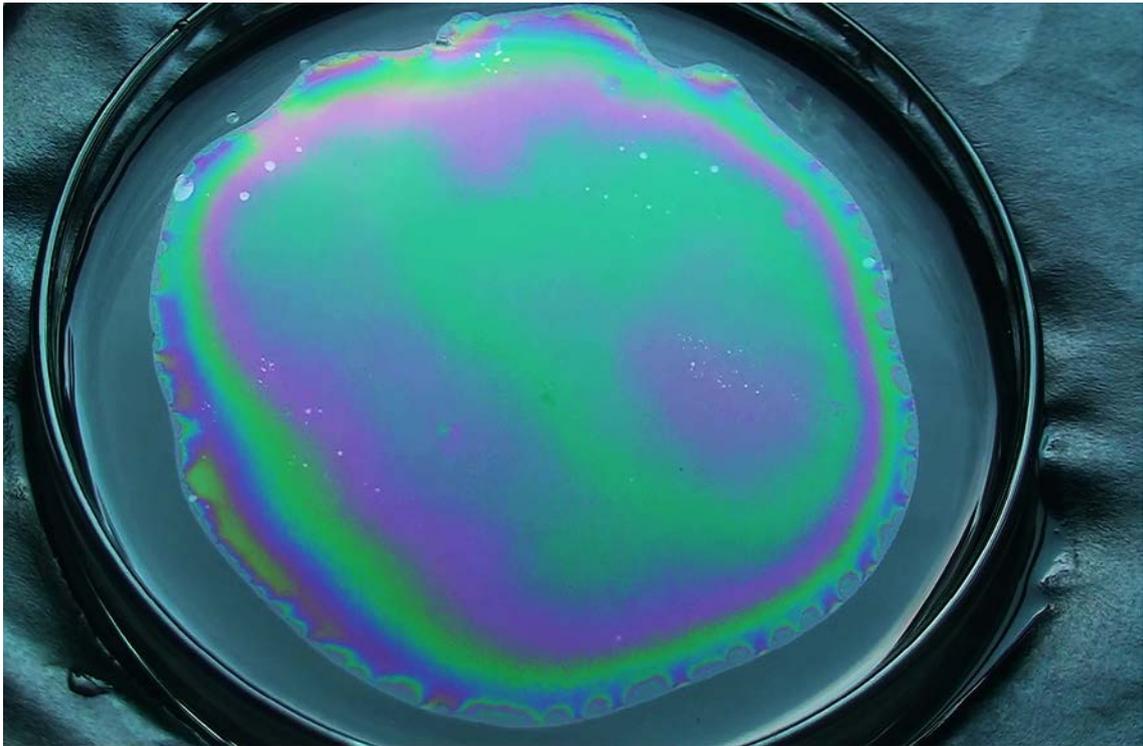


Рис.1. Пленка бензина (марки 92) на поверхности воды в чашке Петри диаметром 10 см от одной капли бензина объемом около 15 мм^3 .

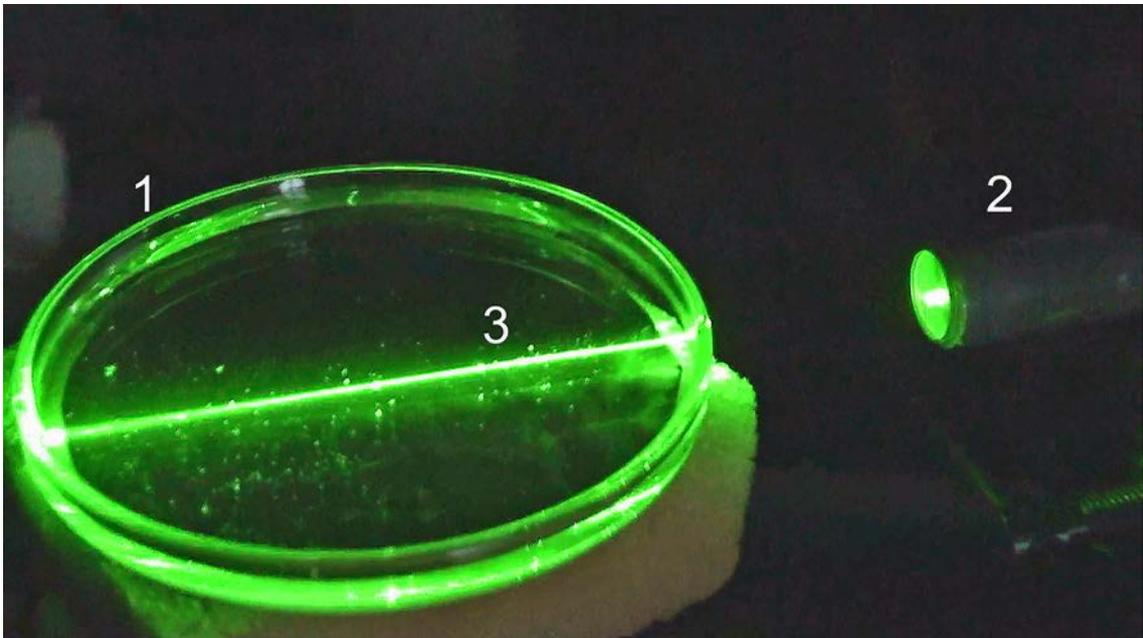


Рис.2. Схема опытов, в которых луч лазерной указки -2 (532 нм, 10 мВт) фокусируется линзой с $F=5 \text{ см}$ в край пленки -3 снизу через прозрачную стенку чашки -1 и воду под углом около 5 градусов к поверхности пленки.

Капля сразу растягивалась в хорошо заметное в отраженном свете широкое пятно, вид которого показан на Рис.1. Величина пятна показывает, что начальная толщина пленки составляет несколько микрон. Особенно ярко цвета на пленке проявляются примерно через минуту, а затем за 5-10 минут они исчезают, т.е. толщина испаряющейся пленки становится меньше 0.1 мкм. В открытой чашке цветные кружочки у краев на пленке показывают, что края пленки неровные. В чашке под крышкой (без испарения) пленка меняется, но может быть цветной часами.

Схема опытов показана на Рис.2. Луч лазерной указки -2 (532 нм, 10 мВт) фокусировался линзой с $F=5$ см через прозрачную стенку чашки -1 в край пленки -3 снизу через воду под углом около 5 градусов к поверхности пленки.

Когда на воде лежит толстый (доли миллиметра) слой бензина, введенный в него лазерный луч из-за десятков отражений от верхней и нижней поверхностей слоя имеет вид зубцов, как показано на Рис.3. В таком слое треков не наблюдается, но их нет и в толстой мыльной пленке, поэтому для нас большой интерес представляет тонкая радужная пленка. В ней, когда удастся направить лазерный луч точно на край тонкой цветной пленки и еще подобрать точку ввода луча на ее краю, образуются хорошо заметные узкие нерасходящиеся световые треки, как показано на Рис.4. Они имеют желтоватую окраску и меняют свой путь, ветвятся, исчезают и возникают снова, т.е. ведут себя так, как это характерно для них и в мыльной пленке [1-13]. В отличие от треков в мыльной пленке у них поменьше яркость, и они менее подвижны. Иногда треки удается наблюдать и при освещении бензиновой пленки не с краю, а в ее середине, но для этого, как мы уже знаем по опытам с мыльными пленками, должны выполняться особые резонансные условия по толщине [10], для которых трудно подобрать подходящее место в пленке на воде.

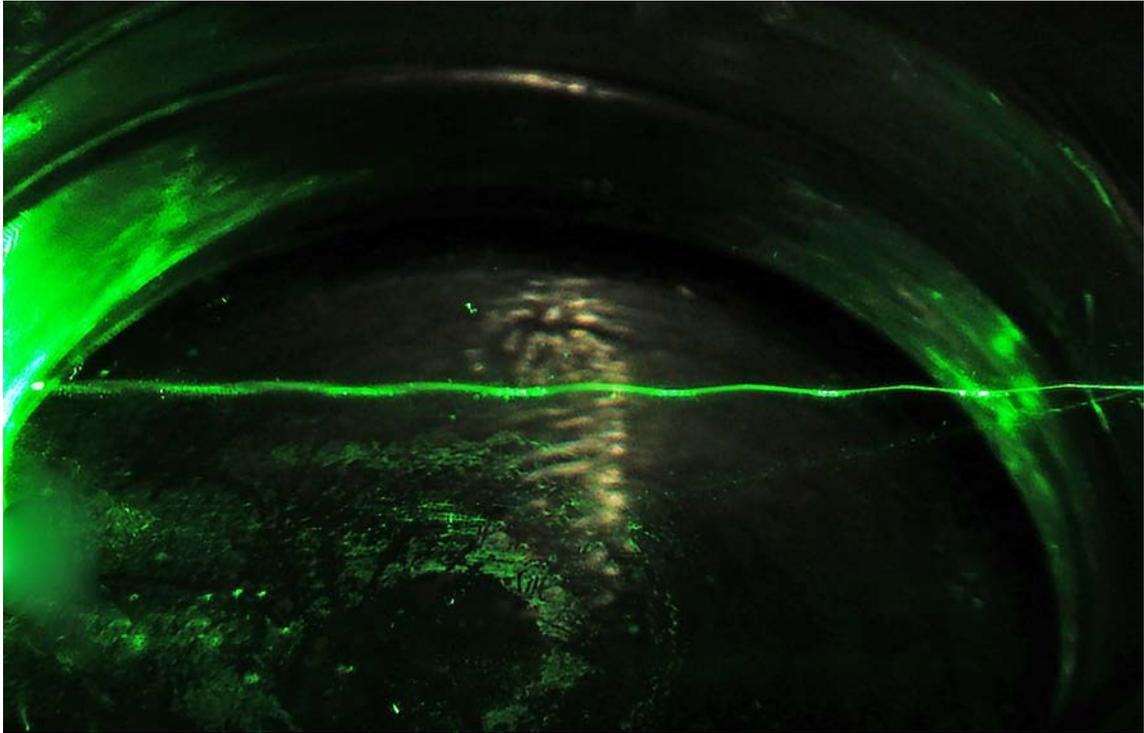


Рис.3. Введенный в толстый слой бензина (доли миллиметра) лазерный луч из-за десятков отражений от верхней и нижней поверхностей слоя имеет вид зубцов.

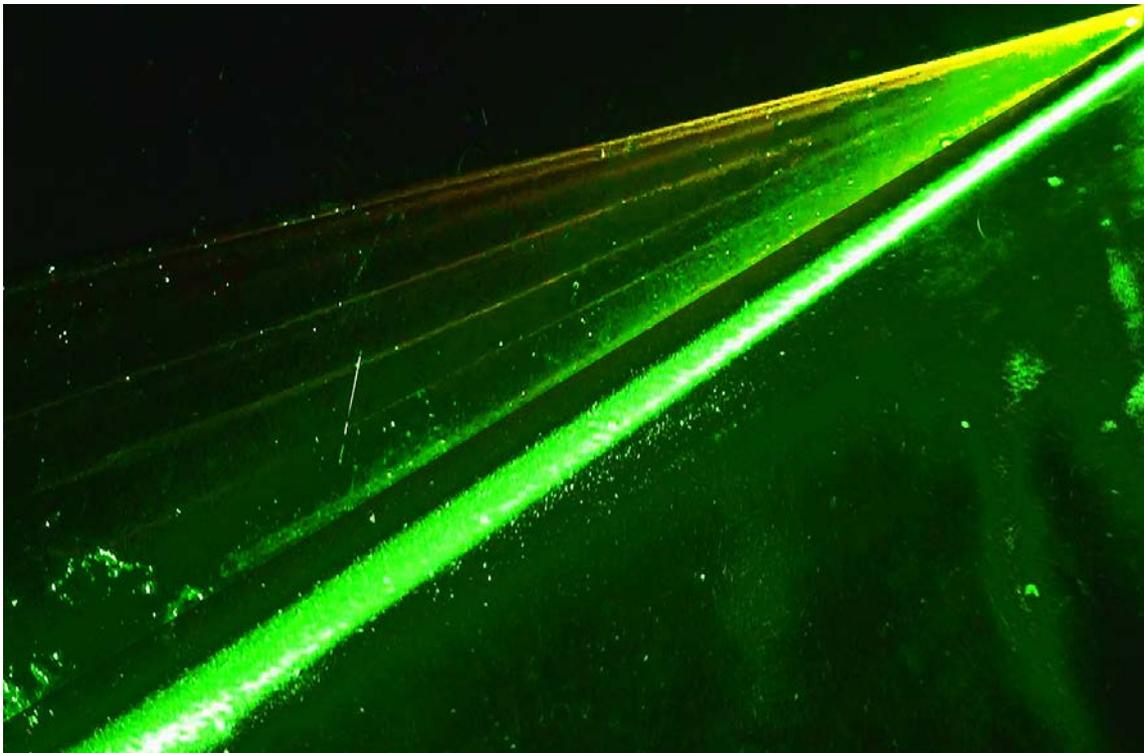


Рис.4. Узкие нерасходящиеся световые треки в радужной пленке бензина. Широкий зеленый – это отраженный от слоя луч лазера.

Под микроскопом (Рис.5) видно, что ширина треков в этих опытах разная, но обычно составляет около 40 мкм. Похожие треки наблюдаются также в пленке керосина и смеси керосина и бензина на воде. Набор веществ нерастворимых в воде и с малым поверхностным натяжением для создания пленок достаточно большой, и треки, видимо, можно ожидать в радужных пленках из других жидких сред и их смесей с разными лазерными источниками.

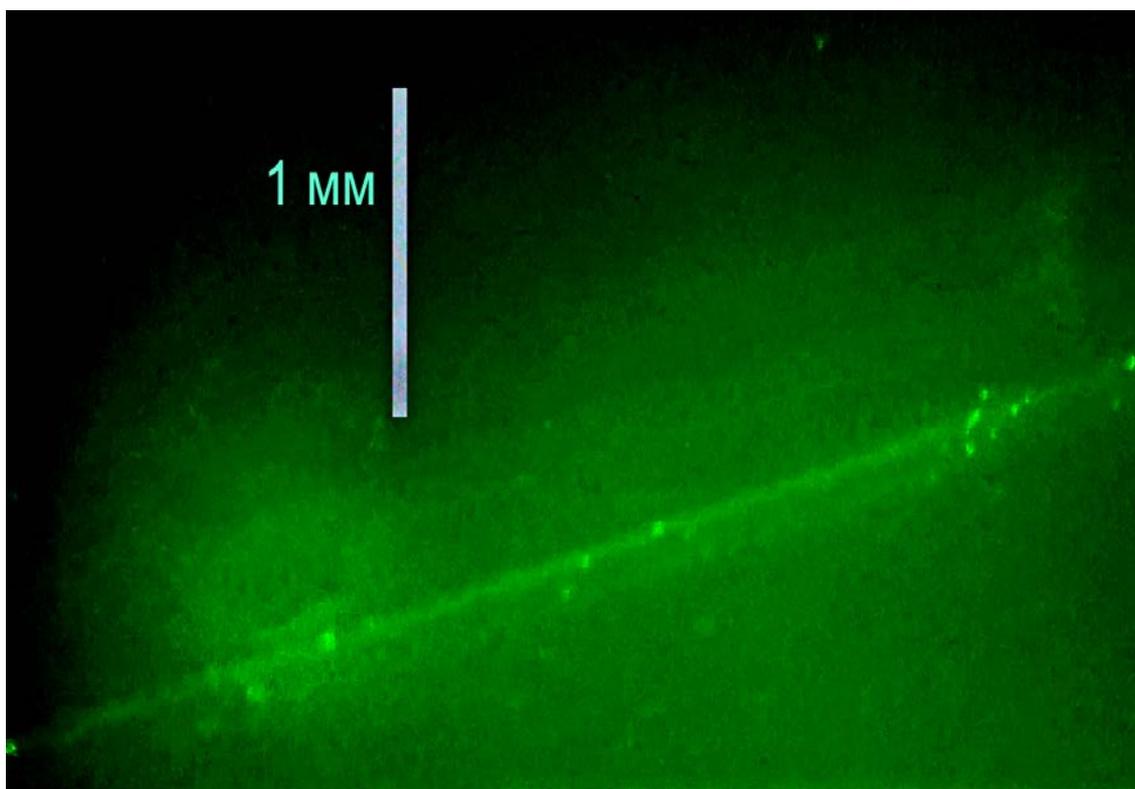


Рис.5. Ширина треков в этих опытах обычно около 40 мкм.

Таким образом, проведенные опыты показывают, что лазерные треки не связаны с какими-то выделенными резонансными особенностями состава жидкостей и формируются в разнообразных однородных радужных пленках. Это существенно расширяет возможный набор сред и условий для исследования свойств треков, образующихся под действием светового давления.

В связи с механическими воздействиями света представляет интерес работа /14/, в которой дана оценка возможности нелинейного оптомеханического формирования световых каналов

шириной в 20-30 мкм за счет светового давления в волноводе с двумя близко расположенными в нем тонкими продольными кварцевыми перегородками. Теоретически, методом итерационных расчетов, показано, что для изменения расстояния между перегородками на 1-3 нм и существенного изменения оптических свойств такого волновода достаточно милливаттных мощностей излучения.

Авторы планируют провести оценки динамики самоформирования таких световых каналов, их взаимодействия и модуляционной устойчивости. Они не упоминают о лазерных треках в тонких пленках, хотя их подход мог бы быть также полезен для теоретического описания динамики и общих свойств этих пространственных солитонов /10/. Сходство механизмов воздействия светового давления при механической перестройке оптических свойств волновода и жидких пленок с треками позволяет рассматривать давление света как особый параметр, играющий важную роль как в описанных, так, по-видимому, и ряде новых еще неизученных нелинейных оптомеханических явлений.

Литература

1. Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю. Препринт ФИАН №2 (М. ФИАН, 2003) (см. <http://ellphi.lebedev.ru/2/Stoilov.pdf> С приложенным кинофильмом).
2. Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю. Квантовая электроника, 33, 380 (2003);
3. Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю. Квантовая электроника 34, 569 (2004).
4. Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю. Препринт ФИАН №22 (М. ФИАН, 2003) (см. <http://ellphi.lebedev.ru/4/Stoilov1.pdf>).
5. Стойлов Ю.Ю. УФН, 174, 1359 (2004).
(см. http://ufn.ru/ufn04/ufn04_12/Russian/r0412f.pdf)
6. Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю. Препринт ФИАН №12 (М. ФИАН, 2005) (см. <http://ellphi.lebedev.ru/11/pdf12.pdf>).
7. Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю., Савинов Ю.В.. Лазерные треки в тонких пленках. Отчет. Лаборатория Фотоники Молекул

- (ОКРФ). Москва. 2006. (см. <http://sites.lebedev.ru/data/1-2006.pdf>)
8. Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю. Препринт ФИАН №6 (М. ФИАН, 2007) (см. <http://ellphi.lebedev.ru/18/pdf6.pdf> С приложенными кинофильмами).
9. Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю. Препринт ФИАН №5 (М. ФИАН, 2008) (см. <http://ellphi.lebedev.ru/21/pdf5.pdf> С приложенными кинофильмами).
10. Стойлов Ю. Ю. Препринт ФИАН №8. (М.: ФИАН, 2009) (см.http://ellphi.lebedev.ru/wp-content/uploads/2011/12/2009_8.pdf)
11. Стойлов Ю. Ю. Патент RU №2403596 С1 от 9 апреля 2009 года.
12. Стойлов Ю.Ю. Фотоника, 1, 2 (2011). (см. www.photonics.su/files/article_pdf/2/article_2466_322.pdf)
13. Стойлов Ю. Ю. Препринт ФИАН №30. (М.: ФИАН, 2011) (см.http://ellphi.lebedev.ru/wp-content/uploads/2011/12/stoilov_cvvet.pdf С приложенными кинофильмами)
14. A. Butsch, C. Conti, F. Biancalana, P. St. J. Russell, Phys.Rev.Lett v.108, 093903 (2012) <http://prl.aps.org/pdf/PRL/v108/i9/e093903>