

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**Физический**  
**ИНСТИТУТ**



*имени*

*П.Н. Лебедева*

Российской академии наук

**Ф И А Н**

ПРЕПРИНТ

А. В. СТАРЦЕВ, Ю. Ю. СТОЙЛОВ

6

**ЛАЗЕРНЫЕ ТРЕКИ В РАДУЖНОЙ ЖИДКОЙ  
ПЛЕНКЕ НА ТВЕРДОЙ ПОДЛОЖКЕ**

Москва 2012

## Лазерные треки в радужной жидкой пленке на твердой подложке

Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю.

Обнаружено, что узкие нерасходящиеся лазерные треки, которые изучались ранее в свободных мыльных пленках и радужных пленках растворителей на воде, могут также образовываться и в тонкой радужной пленке, например, бензина, лежащей на кварцевой подложке.

Отмечалось, что в тонких мыльных пленках /1-13/ и в радужных пленках разных растворителей на воде /14/ введенный в них лазерный луч формирует узкие нерасходящиеся световые каналы, лазерные треки.

Если при контакте с другой средой способность пленок формировать в себе лазерные треки не теряется, то возникает вопрос - могут ли такие лазерные треки быть в радужных пленках на воды, но на очень тонком слое воды? Или даже совсем без воды на твердой подложке с показателем преломления меньше, чем у жидкости, образующей радужную пленку?

Рассматриваемый нами механизм формирования треков за счет светового давления /10-12/ позволяет предположить возможность существования треков в жидкой пленке и на твердой подложке при наличии в слое жидкости полного внутреннего отражения введенного в нее света. В то же время при такой геометрии у пленки не будет возможности деформировать под действием света ту свою поверхность, которая контактирует с твердой подложкой. Не явится ли это препятствием для получения лазерных треков?

Для проверки в таких опытах нужна подложка с низким показателем преломления, и кварц с ( $n = 1.46$ ) здесь подходит лучше, чем стекло ( $n=1.5$ ). Для пленки требуется жидкость с большим показателем преломления, которая бы еще смачивала кварцевую подложку и, благодаря этому, сама расширялась бы на ней тонким слоем. Водяная (мыльная) пленка с ( $n = 1.33$ ) и плохим смачиванием здесь не подходит. Но таким смачиванием обладают бензин, капля которого расползается по кварцевой подложке, как на воде /14/, и у которого в зависимости от его состава показатель преломления лежит в диапазоне  $1.37 - 1.58$  /15/.

Без особого выбора мы использовали тот же бензин, что применяли в наших опытах с пленкой на воде /14/, чтобы посмотреть, подходит ли он для полу-

чения лазерных треков на твердой подложке. И схема опытов осталась та же, что мы использовали с водой /14/, только вместо воды здесь был кварц.

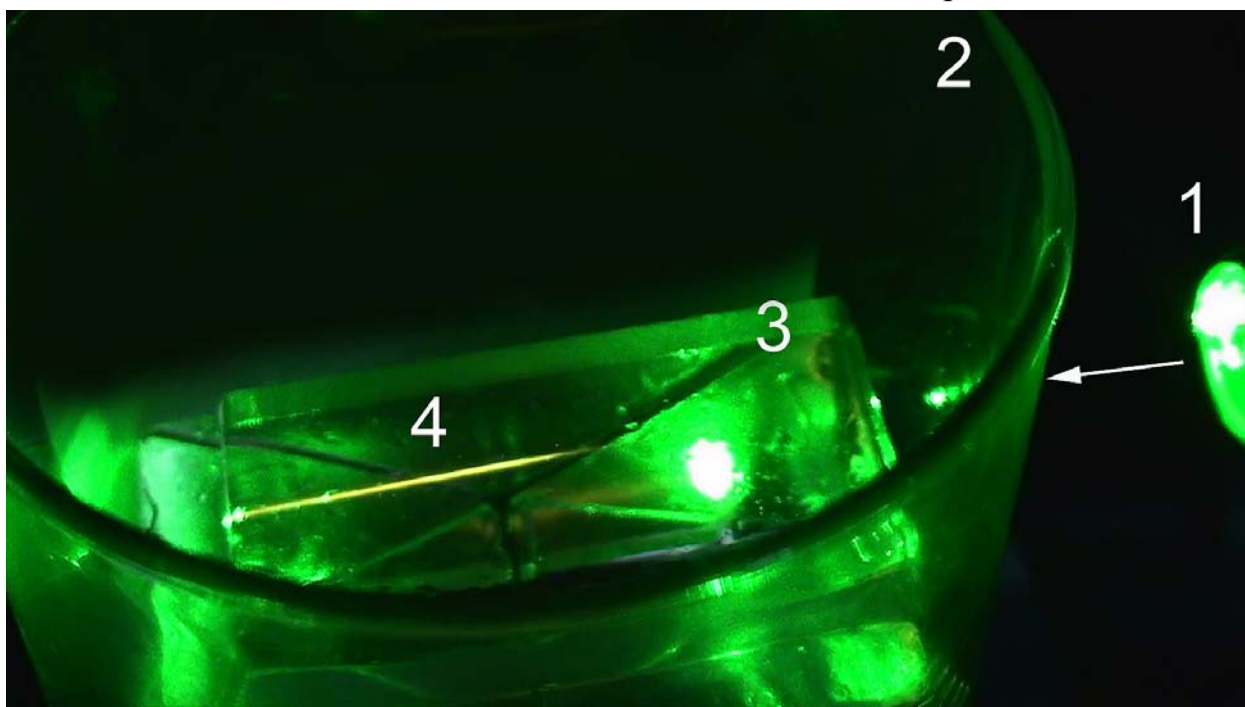


Рис.1. Схема установки. 1 - лазерная указка (532 нм, 10 мВт) с фокусирующей линзой с  $F=5$  см, 2 – стеклянный стакан, 3 – кварцевая подложка 30x50x3 мм марки КУ, 4 – лазерный трек в пленке бензина.

Луч лазерной указки (532 нм, 10 мВт) фокусировался линзой с  $F=5$  см через прозрачную боковую стенку стакана и кварцевой подложки снизу на поверхность покрывающей подложку пленки под углом около 2-3 градусов к поверхности пленки.

Для получения пленки капля бензина объемом около 15 мм<sup>3</sup> наносилась на кварцевую подложку и за считанные секунды полностью ее покрывала. Еще через минуту на пленке проявлялись заметные в отраженном свете яркие цвета, а затем при отсутствии крышки за 5-10 минут пленка испарялась.

После подбора угла ввода излучения и опробования разных мест фокусировки света на поверхности кварца в цветной пленке были замечены узкие световые каналы, похожие на лазерные треки. Рис.2,3.

Как мы уже отмечали /14/, если в использовавшемся бензине были флуоресцирующие добавки, то эти каналы выделялись желтым светом.

Образование каналов свидетельствовало о наличии полного внутреннего отражения в цветной пленке бензина на кварцевой подложке. На стеклянной подложке в аналогичных опытах нам таких каналов получать не удавалось.

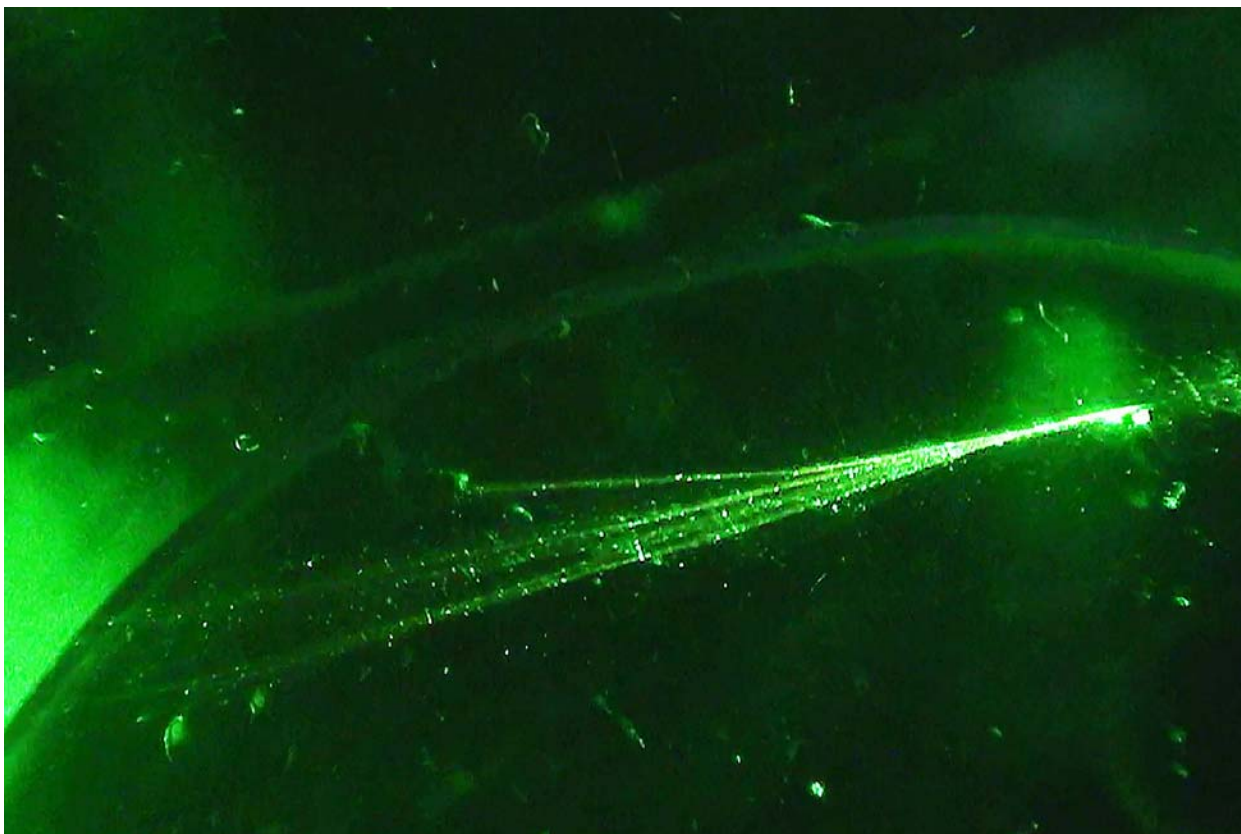


Рис.2. Лазерные треки в пленке бензина на кварцевой подложке.

Каналы узкие, длинные (1 - 3 см). Ширины каналов были разные от 20 до 80 мкм, иногда два канала разной ширины находились на пленке рядом.

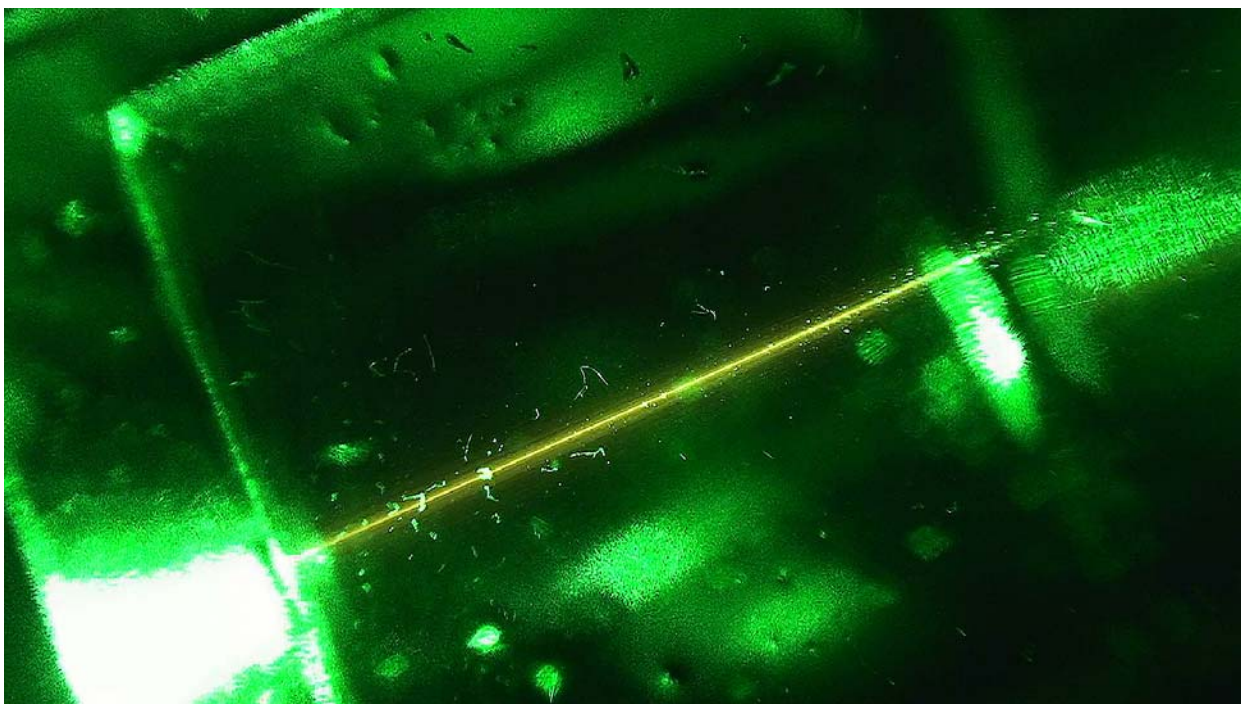


Рис.3. Лазерный трек в слое бензина на кварцевой подложке.

Особенность состояла в том, что в отличие от треков в пленке на воде образовавшийся канал почти не меняли своего положения во времени, но затухали, когда пленка испарялась. В дальнейшем для сохранения пленки подложка помещалась в стакан с дополнительным бензином на дне и закрывалась прозрачной крышкой. В таких условиях узкие каналы на ней можно было наблюдать часами.

Если к пленке, в которой сформировался канал, добавить новую каплю бензина, то канал исчезал, и приходилось ждать, пока пленка снова станет тонкой. Отсутствие перемещения каналов позволяло их хорошо рассмотреть, но из-за неровностей на краю подложки, смоченной бензином, узкие вытянутые по вертикали полосы выходного излучения треков на экране с трудом выделялись на фоне яркой засветки от невошедшего в пленку лазерного излучения.

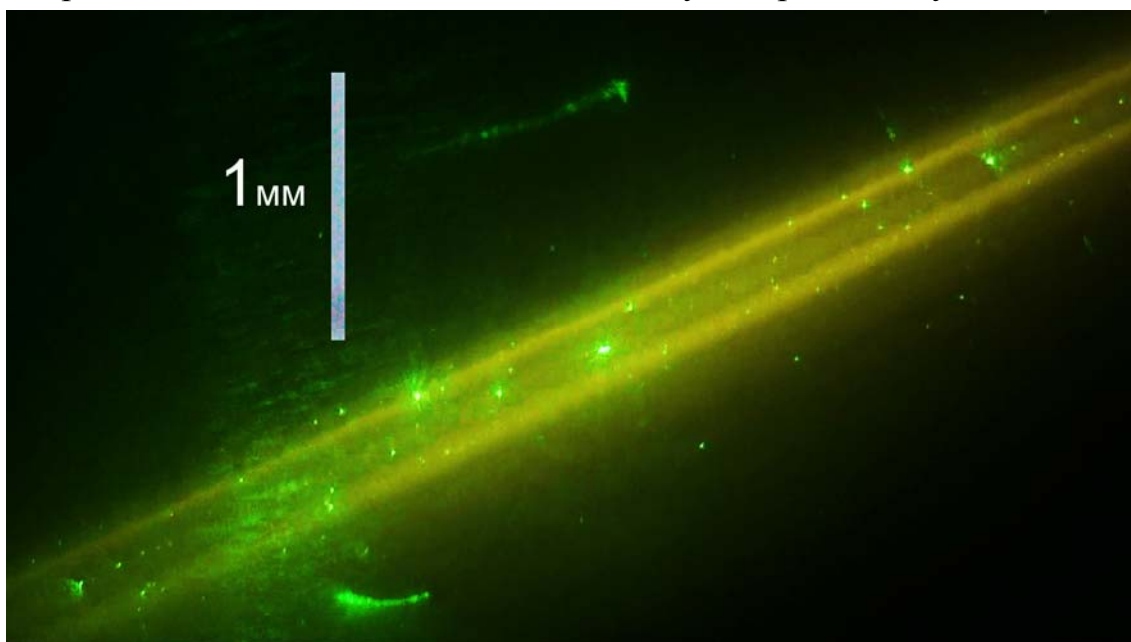


Рис.4. Лазерные треки под микроскопом. Ширина 20-80 мкм.

Узость и отсутствие расходимости вдоль канала (Рис.4) позволяет утверждать, что в цветной бензиновой пленке на кварце образуются лазерные треки, наблюдавшиеся раньше в свободной мыльной пленке и в радужных пленках растворителей на воде.

Для полноты картины и уточнения условий опытов (для их дальнейшего воспроизведения) требовалось указать показатель преломления использовавшегося для радужных пленок бензина. Благо параллельный лазерный луч позволял это сделать с приемлемой точностью и без рефрактометра. Несколько изменений



по отклонению луча, и вот искомый результат. Показатель преломления бензина  $n = 1.42 \pm 0.01$ . Можно... Стоп!

Как же так? У кварца 1.46, а бензина 1.42? Значит, в слое бензина не должно быть полного внутреннего отражения, не может быть треков? А они есть! Что это? Опять трековое чудо /1/? Сошествие благодатного огня? Или подвох? Перепроверяем и уточняем измерения показателя. Нет, с измерениями все правильно. У нашего бензина  $n = 1.42 \pm 0.01$  и он действительно меньше, чем у кварца. Мы-то были уверены, что нам с бензином случайно повезло и что у него показатель преломления больше, чем у кварца, а это не так! Знай мы эту величину заранее, мы бы определенно отложили описанные выше опыты с таким растворителем. Для уверенности искали бы бензин с указанными в литературе более высокими показателями преломления. Да, опыты надо повторять с такими сортами бензина, но откуда взялись треки в опытах с нашим бензином?

Можно предположить, что в радужной пленке бензина после испарения основной его части остаются фракции с более высоким показателем преломления, величину которого мы назвать не можем. Можем только дать оценку. Показатель преломления в нашей пленке оказался больше 1.46 и меньше 1.5, поскольку в проверочных аналогичных опытах со стеклянной подложкой нам лазерных треков получить не удалось.

Но факт установлен. Лазерные треки в радужных пленках на твердой подложке есть. Это расширяет набор сред и условий получения треков с другими жидкими пленками и исследований механизма формирования треков световым давлением с другими вариациями длин волн и интенсивностей используемого излучения.

Опыты на подложке позволяют более детально изучить разнообразные свойства треков /13/ и, используя описанное в /16/ утолщение пленок за счет электрофореза под действием электрических полей от введенных в подложку электродов, обратиться к опытам по управлению световыми каналами, если не помещают события, описанные в /17/.

Таким образом, суммируя наши исследования треков в тонких свободных и несвободных пленках разного вида, можно утверждать, что в общей Физической Энциклопедии при описании свойств тонких жидких пленок /18/ должен появиться дополнительный раздел качественных и количественных изменений внутренней структуры тонких жидких слоев под воздействием маломощного потока света, введенного в такие пленки.

## 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](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](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](http://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\\_cvet.pdf](http://ellphi.lebedev.ru/wp-content/uploads/2011/12/stoilov_cvet.pdf) С приложенными кинофильмами)
14. Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю. Препринт ФИАН №2 (М.: ФИАН, 2012) (см. [http://ellphi.lebedev.ru/wp-content/uploads/2012/04/stoilov\\_0212.pdf](http://ellphi.lebedev.ru/wp-content/uploads/2012/04/stoilov_0212.pdf))
15. Н.И. Итинская, Н.А.Кузнецов "Топливо, масла и технические жидкости", 1989 (раздел «ОБЩИЕ СВОЙСТВА БЕНЗИНОВ») [http://www.crazydrivers.narod.ru/AutoSite/Mashina/Remont/11052004/Benzin\\_1.html](http://www.crazydrivers.narod.ru/AutoSite/Mashina/Remont/11052004/Benzin_1.html) /.
16. Brown C. V., Wells G. G., Newton M. I., McNale G. **NATURE PHOTONICS** | VOL 3 | JULY 2009 p.403.
17. Кайтуков В.М. "Эволюция диктата" (М.: "Урамос", 1991, 468), (см. <http://www.philosophyevolution.com/index.htm>)
18. Физическая энциклопедия. В 5-ти томах. — М.: Советская энциклопедия. Главный редактор А. М. Прохоров. 1988. [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_physics/4946](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/4946)

Подписано в печать 25.04.2012 г.  
Формат 60x84/16. Заказ №29. Тираж 150 экз. П.л 0,5.  
Отпечатано в РИИС ФИАН с оригинал-макета заказчика  
119991 Москва, Ленинский проспект, 53. Тел. 499 783 3640