

препринт А.В. СТАРЦЕВ, Ю.Ю. СТОЙЛОВ О ПРИРОДЕ ЛАЗЕРНЫХ ПОЛЯРИТОННЫХ ТРЕКОВ В МЫЛЬНОЙ ПЛЕНКЕ

О природе лазерных поляритонных треков в мыльной пленке Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю.

Представлены результаты новых исследований узких лазерных треков в мыльных пленках с расходимостью меньше дифракционной, показано, как выглядят лазерные треки под микроскопом в жидких и сухих мыльных пленках, перечислены накопившиеся проблемы и выявлена суть ранее описанного непонятного явления со словом "чудо" /2,3/ - предложен физический механизм, объясняющий природу длинных и узких усов в пленках (их странные свойства) и разрешающий поставленные проблемы путем перевода ИХ В русло математических вычислений.

В начале 2003 года мы докладывали о странном поведении лазерного света в мыльных пленках /1-3/. Было обнаружено, что в обычных плоских или изогнутых мыльных пленках из любого мыльного раствора толщиной от 10 нм до 10 мкм лазерный луч видимого диапазона ведет себя необычным образом - в пленке он образует тонкие (вплоть до субмикронных) ярко светящиеся каналы, идущие без по пленке характерной дифракционной расходимости и видимого уменьшения интенсивности иногда (Рис.1) на десятки сантиметров. Эти световые треки (усы) постоянно десятки раз в секунду меняют свой путь, изламываются, ветвятся, как стримеры молний, легко пересекаются, и их внешний вид (узкие треки) не зависит ни от длины волны лазера, ни от его нтенсивности, которая менялась на девять порядков.

Показатель преломления для треков



Рис.1. Вид треков при фокусировке излучения непрерывного лазера (5 мВт, 632.8 нм) линзой с F=10 см на край мыльной пленки толщиной 5-10 мкм и диаметром 85 мм.



Рис.2а.	Прел	юмление	И	пере	излучение		трека	усов	на
горизонталь	ной	границе	TOF	ікого	(<50 нм)	И	толстого	(>100	нм)
участков	на	верти	калы	ной	пленке		длиной	1	0см.

составляет 1-1.28 при разных толщинах пленки, и его существенное отличие от растворного (1.33-1.5) показывает, что излучение в узком треке имеет характер поверхностных электромагнитных волн, поверхностных поляритонов, идущих как по пленке, так и по воздуху. Узость, постоянные ветвления и изменения направлений световых каналов позволяли рассматривать пленку с бегающими усами как реальную модель мощного самоуправляемого оптического компьютера, постоянно определяющего и переключающего направления посылки своих отдельных треков /3/.

Запросы финансистам и наши предложения по развитию этой тематики отклика не нашли, а ознакомленные теоретики посчитали эту задачу не важной и слишком сложной. Но у нас самих еще сохранялся интерес выяснить в меру возможностей истинную физическую природу образования узких световых каналов и их поведения в пленках.

Ниже мы представим некоторые наши новые результаты ПО исследованию лазерных треков в мыльных пленках, покажем, как они выглядят под микроскопом в жидких и сухих мыльных пленках, перечислим накопившиеся проблемы И расстанемся с ранее использовавшимся нами при описания этого загадочного явления словом "чудо" /2,3/ - мы предложим физический механизм, объясняющий странные свойства и природу формирования длинных и узких усов в пленках и разрешающий поставленные проблемы путем перевода их в русло математических вычислений.

Как уже отмечалось /1-3/, при фокусировке лазера на границу двух мыльных пленок разной толщины и на ребро (границу контакта трех пленок или одной пленки со стенкой) происходит эффективное переизлучение падающего света от этих границ по новым направлениям, как показано на Рис.2а,б Эти особенности отмечалась



Рис.2б. Переизлучение лазерного луча при освещении им под скользящим углом участка горизонтального ребра длиной 2.5 см (на границе трех пленок) в световой конус.



Рис.3. Наблюдение тонких лазерных треков в мыльной пленке под разными углами.

в /2/ как переизлучающие свойства пленки. Но исследовать постоянно бегающие тонкие усы на плоских и выпуклых пленках с присущими им постоянными дренажными потоками и большими оптическими неоднородностями весьма трудно, поэтому когда было замечено, что на вогнутых пленками дренажные потоки существенно меньше, оптическая однородность выше, а скорости метаний меньше, мы стали изучать усы на вогнутых пленках.

В серии опытов чуть вогнутая горизонтальная пленка создавалась в закрытой пластиковой бутылке (0.5 л диаметром 65 мм) на уровне перетяжки (время жизни пленки до ее разрыва составляло 10-20 часов), а сфокусированный линзой с F=10 см лазерный луч направлялся в пленку через прозрачную стенку бутылки. Треки в пленке наблюдались под разными углами (Рис.3) и фотографировались через стенку. Для увеличения их яркости мыльный раствор специально брался слегка мутноватым (рассеивающим).

Если фокусировать падающий под скользящим углом к поверхности (меньше 10 градусов) луч в средину пленки толщиной 300-600 нм с несколькими концентрическими интерференционными кольцами, то иногда удается получить трек усов, идущий в пленке по кольцу (Рис. 4) или по замкнутой фигуре, отличной от кольца (Рис.5). В то же время в этих же пленках усы могут быть прямыми (Рис.5 и Рис.6а,б). Возникает вопрос если усы чувствуют неоднородности пленки, мечутся в потоках на ней, то как усы могут идти по прямой линии по явно видимым в отраженном свете цветным неоднородностям пленки? (Рис.6а и Рис.7). Почему в точке фокуса иногда их рождается несколько? Почему при их пересечении (Рис.6а) они не взаимодействуют, не видят друг друга?



Рис. 4. Полное кольцо лазерного трека в мыльной пленке. Ход возбуждающего лазерного луча над пленкой показан стрелкой.



Рис.5. Трек в виде замкнутой фигуре, отличной от круга, и прямой трек. Ход двух одновременно фокусируемых лазерных лучей над пленкой показан стрелками.



Рис.6а. Пучки прямых усов на пленке от двух лазеров. Пересекающиеся треки не влияют друг на друга.



Рис.6б. Пучки прямых и изогнутых усов на пленке от одного лазера. Пересекающиеся треки не влияют друг на друга. В более тонкой пленке типичный ход усов при фокусировке излучения сверху на границу черной (толщиной меньше 50 нм) и более толстой пленки (более 100 нм) показан на Рис.6б и Рис.8. Из фокальной зоны на границе (при падении луча по касательной к кругу) обычно выходит по четко выделенным направлениям от 2 до 7 чуть шевелящихся треков, которые затем на пленке могут ветвиться, изгибаться и пересекать друг друга (Рис.6б). Расстояние между разошедшимися треками может в десятки И сотни раз превышать видимую ширину треков, что позволяет рассматривать каждый отдельных ус как независимый оптический объект. При этом в предчерной пленке наиболее отклоняющийся от направления лазерного луча трек идет в круглой пленке по прямым хордам с общей длиной пути более 10 см без видимой расходимости (даже становясь тоньше, острее) почти с полным отражением от краев круга по практически правильному пятиугольнику (Рис. 8 и Рис.9). Для такого почти полного отражения от границы круга относительный показатель преломления (толстой и черной пленок) для трека должен быть близок к 1.05-1.06. Мы уже и раньше обращали внимание на то, что концы усов на плоских пленках, как и в опыте с пятиугольником, острые (Рис.10). Каким должен быть механизм образования усов, чтобы с уменьшением мощности в конце трека придавать ему заостренность (Рис. 9б)?

Но тут обнаруживается еще одна странная ранее не отмечавшаяся в оптике особенность. Обращает на себя внимание необычный вид ближнего к центру круга трека. Как видно на Рис. 9а и Рис. 11, по всей своей длине он состоит из четко чередующихся ярких и темных штрихов, пунктиров с длиной в разных опытах 0.5-2 мм. Получается, что свет в треке идет по пленке как-то прерывисто –



Рис.7. Прямой трек пересекает неровности пленки разного цвета.



Рис.8. Лазерные треки в круглой пленке, идущие по хордам с почти полным отражением от края пленки. Треки с малым отклонением от направления лазерного пучка (показанного стрелкой) от края пленки не отражаются.





Рис.9а,б. Лазерные треки в круглой пленке, идущие по хордам с почти полным отражением от края пленки.



Рис.10. Концы усов на пленках длиной 10 см и толщиной около 100 нм.



Рис.11. Пунктирный вид трека наиболее отклоняющегося от направления лазерного луча.



Рис.12. Вид установки по наблюдению мыльной пленки с лазерными усами в микроскоп.

на расстояния в тысячи длин волн свет в темных областях регулярно покидает пленку, а потом снова в нее возвращается.

Озадаченные этими особенностями, мы решили более детально посмотреть в микроскоп на треки и определить, является ли отмеченная пунктирность свойством только одного уса или она есть и у других тоже? Хотелось понять, чем отличаются друг от друга усы, которые идут из одной фокальной зоны, но отклоняются по разному, имеют разную амплитуду качаний и идут по своим выбранным направлениям. Чем определяется их число и углы отклонений?

Вид установки по наблюдению мыльной пленки с усами в микроскоп показан на следующем Рис.12. Для увеличения яркости усов в опытах использовались более мутные пленки. В объемах этих растворов свет лазера практически совсем рассеивался на расстоянии в 1-2 см. Микроскоп имел примерно стократное увеличение, и видимый в него масштаб в 1 мм показан на Рис.13. Следует отметить, что усы на вогнутой пленке при выдержке фотоаппарата в несколько секунд иногда все-таки перемещаются из-за дрожания пленки, микроскопа, и тогда происходит некоторое замывание и расширение изображения треков. Типичный вид пучка усов от края с черной пленкой показан на Рис.14-17. Видно, что в усах общей шириной в 30-50 мкм есть тонкие прожилки шириной в 5-10 мкм. Прожилки в треках после крупной соринки заметно изменяют направление, демонстрируя все особенности обычной лучевой оптики (только почему-то лучи тонкие с непонятно малой расходимостью).

Прожилка шириной 5-мкм (Рис.14, 15) из-за дифракции должна обладать расходимостью (λ /D) в десяток градусов, т.е. свет в таком канале, прошедший расстояние в 1 мм, должен разойтись на десятую долю своей длины, на 100 мкм, но, как видно, у прожилок такой расходимости нет. Хотелось бы понять, что удерживает



Рис.13. Видимый в микроскоп масштаб в 1 мм с мелкими делениями в 10 мкм.



Рис.14. Лазерные треки на вогнутой мыльной пленке.



Рис.15,16. Лазерные треки на вогнутой мыльной пленке.



Рис. 17. Лазерные треки на вогнутой мыльной пленке.



Рис.18. Треки с разной длиной пунктиров зарождаются в зоне фокуса в разных точках.

прожилки и ус от дифракции и разбегания, почему они, как мы видели, по ходу трека даже заостряются, почему прямые усы могут идти по цветным неоднородностям пленки и без последствий пересекать мелкие пылинки и потоки в жидкой пленке (Рис.16)?

Как уже отмечалось, световые треки могут отходить далеко друг от друга, вести себя независимо, могут пересекать друг друга под любым углом без какого-либо заметного влияния друг на друга. Спрашивается, что мешает физическому механизму их образования в точке пересечения сложить усилия каждого из усов и помочь друг другу идти далее по общему маршруту?

Под микроскопом, как мы и ожидали, в ряде соседних треков, вышедших их одной фокальной зоны, тоже стали видны пунктиры (Рис.17). Поперечник каждого трека здесь около 20-30 мкм. Углы между соседними треками, как видно на рисунках, увеличиваются. Треки, идущие из одной фокальной точки под разными углами, отличаются длиной пунктиров в 1.5-5 раз. Чем мельче пунктиры, тем меньше угол отклонения от направления лазерного луча, и тем подвижнее ус. Мы видим четкое угловое разбиение и пространственное квантование лазерных треков. Иногда видно (Рис.18), что в области фокусировки эти треки могут зарождаться в разных точках. При оптимальной настройке в пленку входит около 10% света накачки. Время формирования треков, как мы ранее установили /3/, менее 10 нс. В зеленом свете 532 нм с длительностью импульсов 10 нс усы на пленке хорошо видны. С точностью до 0.001 нм (опыты с Фабри-Перро с базой 3 см) длина волны света из усов совпадает с длиной волны возбуждающего лазера.

В ходе экспериментов реализовалось наше желание провести опыты с сухой мыльной пленкой и рассмотреть в ней неподвижные усы. Недавно на Тайване химик Джеки Лин (Jackie Lin) изобрел





Рис.19. Вид жестких, сухих мыльных пленок диаметром 65 мм в отраженном свете с застывшей на них интерференционной картиной.

раствор для прочных мыльных пленок и пузырей, которые на воздухе остаются прозрачными, за несколько секунд застывают и их можно брать в руки /4/. Формула изобретенного им раствора держится в большом секрете, не патентуется, но сами растворы продаются как игрушки для детей, и мы воспользовались ими для наших экспериментов. При застывании толщина прозрачной пленки на глазах уменьшается, она становится цветной, и таким образом можно получать стабильные жесткие мыльные пленки практически любой толщины и размеров.

Пока застывающая пленка остается жидкой, в ней бегают обычные усы, как и в других мыльных растворах. В застывшей пленке усы не двигаются и их удобно изучать, качать (меняя направление лазерного луча), перемещать. Сухая пленка хотя и тонкая, субмикронная и цветная, но она весьма прочная (выдерживает растяжение более 1 г/см), на воздухе стоит месяцами с малыми изменениями, ее можно вытягивать, греть до температур более 100 С, резать и накладывать на стекло. Вид этих жестких, сухих пленок в отраженном свете с застывшей на них интерференционной картиной показан на Рис. 19. Заметные на них более темные участки соответствуют толщине около 100 нм. (Отметим, кстати, что в этих застывших пленках реализовалась наша давняя мечта использовать природу как художника и получать на пленках фиксированные фантастично красочные абстрактные картины, выполненные с полной гаммой цветов и с предельной тщательностью, с проработкой деталей буквально ДО молекулярного уровня, как и ранее на наших динамичных картинах в жидких пленочных испаляторах /5/.)

Качанием лазерных усов в сухих пленках мы убедились, что эти треки не являются постоянными световыми каналами или фиксированными образованьями из неоднородностей пленки,





Рис. 20, 21. Усы с прожилками в жесткой мыльной пленке с отклонениями около крупных пылинок.





Рис. 22,23. Усы с прожилками в жесткой мыльной пленке с отклонениями около крупных пылинок.





Рис. 24,25. Усы с прожилками в жесткой мыльной пленке с отклонениями около крупных пылинок.

поскольку их направления на одном и том же участке пленки изменяются в зависимости от направления падающего лазерного луча (Puc.20-25). Видимо из-за неоднородностей, мы четких пунктиров на усах в сухих пленках не заметили. Как и раньше с жидкими пленками /1-3/, мы убедились, что при контакте сухой пленки со стеклянной подложкой или при ее погружении в масло или в жидкий фторуглерод усы на ней пропадают. В толстых (не цветных, более 10 мкм) застывших пленках усы тоже не видны.

Итак, суммируя полученные результаты, мы снова обращаемся к нашему основному вопросу – какой механизм образования усов мог бы объяснить странные особенности наблюдаемой картины их поведения? Напомним эти свойства /1-3/:

- 1. Усы наблюдаются в сухих и жидких свободных мыльных пленках толщиной менее 10 мкм с любыми лазерами.
- Усы узкие, их расходимость меньше дифракционной, они имеют острые концы, мечутся по жидкой пленке, имеют ответвления и разбиваются на новые треки, в тонких пленках могут иметь длины пробега в десятки сантиметров.
- Усы рождаются и выходят из одной точки по 1-7 штук (иногда более 20, как на Рис.1) и существуют как отдельные объекты.
- Показатель преломления для усов в пленке меньше растворного (1-1.28) и для разных усов на одной пленке может быть разным.
- 5. Усы пересекаются под любым углом без видимого взаимодействия (как на Рис.6а).
- 6. При выходе из пленки в воздух или раствор усы демонстрируют нормальную расходимость.
- В пленке усы меняют направление у крупных пылинок, не замечают влияние мелких пылинок, пересекающих их потоков, их узкий вид

практически не зависит от мощности лазера, длины волны, вида мыла, температуры, толщины пленок.

- Длина волны света из усов с точностью до 0.001 нм совпадает с излучением возбуждающего лазера.
- Усы как отдельные лучики легко (без задержки) перемещаются по пленке вместе с лазерным лучом, меняются с его направлением, и время их образования не превышает 10 нс.

При обсуждении причин наблюдаемого поведения усов выдвигалось много разных механизмов и гипотез их образования, включая самофокусировку, фотонные кристаллы и шубу около уса из гиперзвука, переориентировку молекул, перестройку пленки по толщине и образование оптических пространственных солитонов, особенности квантования света в тонких пленках, визуализация треков космических частиц, неоднородные длинные нити в пленке, звуковая рябь и ряд других. Но эти механизмы не дают полной картины свойств и поведения усов.

Самофокусировка выглядит не убедительной, поскольку вид усов не зависит от интенсивности лазерного излучения, которое мы меняли на 9 порядков. Образование фотонных кристаллов из окружающих ус оболочек гиперзвука не подходит из-за быстрого затухания гиперзвука на таких частотах. Перестройка молекул или самой пленки в усах должна была бы приводить к сложению усилий усов при их пересечении, а его нет. Солитоны требуют больших нелинейностей, которые не видны. Новые законы углового и пространственного квантования света в тонких пленках не обоснованы и должны были бы зависеть от толщины пленки, а усы иногда не реагируют на толщину и идут прямо по пленкам разного цвета. В пленке нет длинных неоднородных волноводных нитей, по которым свет мог бы идти. Можно перечислять и другие предлагавшиеся идеи, но во всех

этих рассматриваемых механизмах непонятными выглядели линейные свойства среды при нелинейном преобразовании света в тонкие усы с их острыми концами. Что компенсирует расхождение пучка, обусловленное дифракцией, как в однородной среде пленки может существовать узкая волноводная мода, которая не направляется диэлектрической структурой? Наиболее полно поведение света в тонких пленках с анализом всех возможных в них типов колебаний теоретически рассмотрено в книге /6/, но склонность света к образованию в пленках узких стримеров в ней тоже нигде не отмечается. Нам оставалось только продолжать исследовать лазерные треки в пленках разной толщины, трясти их звуковыми генераторами, измерять длины волн выходящего из усов излучения, изучать литературу и искать хоть какую-нибудь зацепку, которая могли дать ключ к объяснению этой загадки.

После большого перебора и анализа возможных причин, похоже, отыскался-таки механизм, который, как мы полагаем, способен объяснить все наблюдаемые особенности усов. И механизм этот простой – интерференция света с переизлучением. Надо только дополнительно учесть уже отмечавшуюся ранее особенность пленок /1-3/ – каждый участок пленки с ограничивающими его монослоями ориентированных полярных молекул мыла при попадании на него под скользящим углом света сам становится вторичным источником, вибратором, который переизлучает во все стороны такую же поверхностную волну света. Расположенные на одной линии возбужденные участки уса действуют в совокупности, как хорошо известная в СВЧ (см, например /7, с. 384/), направленная линейная бегущей работающая антенна волны, с поверхностными электромагнитными волнами. В них возбуждение само распространяется вдоль излучающей системы вибраторов от одного конца к другому, поэтому их называют антеннами последовательного питания (Рис.26).

Такие антенны осевого излучения можно представить как непрерывную систему поперечных излучателей (Рис.27). Усы - это питаемая лазером линейная система ориентированных перпендикулярно к пленке вибраторов, излучающих в фазе по направлению оси уса. Как линейная направленная антенна с последовательным питанием ус (в зависимости от фазировки) имеет расходимость (ширину главного лепестка (в градусах) по половинной мощности) равную /7/:

 $\Delta \theta = (107-61)^{\circ} (\lambda/L)^{0.5}$.

При характерной длине уса в несколько сантиметров это 10⁻² - 10⁻³. Направленность увеличивается с длиной, чем и объясняется острота кончиков усов. Как и в этих антеннах, в пленках излучение связано со средой поверхностной волной. Понятно, что работа усов-антенн не зависит от сорта мыла, толщины пленки (менее 10 мкм, т.е. пока по ней бежит поверхностная волна), от температуры, мощности накачки. Усы зарождаются и самоорганизуются на неоднородностях прямо от точки фокуса разными типами колебаний, растут почти со скоростью света и могут свободно пересекаться, поскольку питаются независимо своими линейными источниками. Как и в СВЧ, если стержень антенн тонок относительно длины волны, то большая часть мощности переносится волной В окружающем стержень пространстве, фазовая скорость определяется в основном внешней средой и близка к скорости света (Рис.28), что мы и наблюдаем по уменьшению показателя преломления вплоть до единицы для треков в пленках нанометровой толщины. Наиболее эффективная толщина таких СВЧ антенн обычно составляет 0.5-0.3 λ. Для света это 300-150 нм, что хорошо согласуется с обычными толщинами наших пленок. Возбуждаемые в фокальной области разные световые типы колебаний





Рис.26. Схема направленной СВЧ антенны бегущей волны (с последовательным питанием) с осевым излучением.



Рис.27. Вид поперечных токов в излучателе.

(моды, видимые нами сверху как треки с разной длиной пунктиров) имеют с пленкой разную связь, разные показатели преломления и поэтому при почти касательном падении на границу они идут отдельными усами под разными углами. Количество рождаемых в пленке усов ограничивается количеством типов колебаний поверхностных волн, возбуждаемых в пленке /6/. Пороговое значение отношения толщины пленки t к длине волны света λ для TE- и TM-мод с индексом m для симметричного волновода дается соотношением (/6/ 11.2.14):

 $t/\lambda = m/[2(n_2^2 - n_1^2)^{0.5}],$

где n_1 - показатель преломления окружающей пленку среды (воздух), а n_2 – самой пленки (1.3-1.5). Так, по этим оценкам при толщине пленки в 2-2.5 мкм в ней могут возбуждаться моды с индексом до m=7. А основная мода с m=0 может идти вдоль пленки при любой сколь угодно малой ее толщине. Там же отмечается, что связанная со средой основная мода всегда имеет больший показатель преломления, обычно ее эффективный показатель приближается к n_2 . У мод высшего порядка показатель преломления ближе к n_1 , что мы и наблюдали при одновременном выходе из зоны фокуса нескольких усов. Моды между собой ортогональны, что объясняет отсутствие взаимодействия треков.

На крупных оптических неоднородностях ус вместе с излучением загибается, а при заметном расширении ус на пылинках разбивается в пленке на ряд новых усов-антенн меньшей ширины. Особенно много ответвлений на выпуклой пленке, где в толстую пленку на краю заходит много мод, а к более тонкому центру они дойти не могут и ответвляются (см., например, Рис.1). В пленку от точки фокуса сначала отходит один прямой трек состоящий из множества идущих по одному каналу поверхностных мод, которые на перепадах толщины и неоднородностях



Рис.28. Замедление излучения в антенне бегущей волны при разных отношениях D/λ.

расходятся, давая ответвления от прямого трека. При этом в прямом треке иногда на короткое время остается одна мода с четкими длинными пунктирами. Чем толще пленка, тем больше мод в треке, тем на большее число ветвей он может разбиться.

В опытах с пленкой с поглощением, как отмечалось в /2/, при уменьшении толщины длина пробега усов значительно увеличивается. Понятно, что в тонкой пленке идущее вдоль поверхности излучение меньше связана со средой (энергия идет по воздуху, как и в антенне /6,7/), и поэтому свет по каналам идут по пленке в десять раз дальше, чем в объеме исходного раствора.

Таким образом, мы видим в пленках (как распределенных резонаторах) линейные волновые и интерференционные свойства света, реализующиеся в концентрации энергии в тонких усах из-за дипольного переизлучения света возбуждаемыми ориентированными молекулами. Отличие от антенн СВЧ /7/ и таких же известных, ранее описанных коротких оптических осевых антенн /8/, работающих в диапазоне 632.8 нм, заключаются в том, что в мыльных пленках с поверхностными волнами осевыми антеннами осваиваются новые длины и среды для световых частот. При малой интенсивности излучения (632.8 нм, 5 мВт) нам удавалось получать усы в пленке даже без его фокусировки, когда луч лазера прямо попадал на ребро пленки. СВЧ-антенны работают в узкой полосе частот, измеряемой единицами процентов, для пленок же интервал рабочих частот определяется окном прозрачности и по крайней мере больше всего оптического диапазона. Длины осевых СВЧ- и оптических антенн /8/ из-за требований по синхронизации и фазировки излучающих участков антенны /9/ обычно не превышают 10 λ , усы же могут быть длиной в (10⁴ - 10⁶) λ . Такие размеры усов-антенн показывают, что в мыльных пленках впервые реализуются уникальные условия полной синхронизации всех излучающих участков трека большой длины, что возможно только при равенстве фазовых скоростей идущих в одной среде потоков возбуждения и излучения. В таких условиях высокая когерентность накачки позволяет получать в тонких пленках линейные синфазно работающие в осевом направлении усы-антенны практически любой длины.

Оптические искажения в пленке, меняющие направление светового потока, меняют и направление трека, поэтому вполне реально их применение в качестве чувствительных датчиков, а использование электрооптических сред и обычных оптических устройств /8/ с внешним управлением (или преобразованием мод) открывает возможность быстрого адресного переключения направления узких усов и создания управляемых невзаимодействующих волноводов /8/. Предстоит разработать теорию поведения световых усов-антенн в тонких мыльных пленках, определить другие наиболее эффективные среды, условия их возбуждения и вывода излучения из таких устройств и приборов. Тонкие пленки могут быть и усиливающими лазерными средами /2, 3/, и в связи с этим представляет интерес оценка параметров излучения длинного линейного уса-лазера шириной только в одну молекулу и лазерного замкнутого кольца из такой линии. Антенно-трековое формирование узких пучков представляет интерес и для других колебательных явлений в разных разделах физики.

Как мы понимает, отличие поведения лазерного света в мыльных пленках от обычных мод в тонких однородных диэлектрических слоях, описанных в /6,7/, и образование в них узких треков вызвано волноводными свойствами И поляризационными плотно упакованных, взаимодействующих, ориентированных монослоев полярных молекул мыла на поверхностях, разделенных небольшим слоем раствора с меньшим показателем преломления, что позволяет выделить наблюдаемое явление особый класс поверхностных /1/. усов-антенн В поляритонов Представленный механизм образования усов на базе известных свойств света в тонких пленках /6, 7/ и СВЧ антенн /7-9/ дает простые и понятные ответы на поставленные в /2/ вопросы, определяет перспективы и направления дальнейших практических и теоретических исследований разнообразных управляемых оптических антенно-волноводных устройств /6, 9/ с селективным возбуждением мод вплоть до оптических компьютеров.

Наши усилия (по понятным причинами /10, 11/) пока не принесли больших результатов, но надеемся, что когда-нибудь они будут полезны. «Народная тропа» не зарастет, а сделанный задел будет только расширяться. Благодарим друзей за поддержку, за обсуждения и за образцы

растворов для сухих пленок, а Есакова С.П. за консультации по свойствам СВЧ антенн.

Литература.

1. Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю., «Способ получения поверхностных электромагнитных волн (поверхностных поляритонов)», заявка на патент №20022132754 от 5 декабря 2002 года.

2. Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю. Препринт ФИАН №2 (2003) «Рецепт чуда: лазерный луч в мыльной пленке», (см. http://ellphi.lebedev.ru/2/Stoilov.pdf с кинофильмом о поведении усов).

3. Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю. Квант. электрон. <u>33</u>, 380 (2003).

4. SOAP BUBBLES. http://pubs.acs.org/cen/whatstuff/stuff/8117sci3.html)

5. Старцев А.В., Стойлов Ю.Ю. Квант .электрон. <u>32</u>, 463 (2002).

6. Ярив А., Юх П. «Оптические волны в кристаллах», М: «Мир», 1987.

7. Марков Г.Т., Сазонов Д.М. «Антенны». М: «Энергия», 1975.

8. Будагян И.Ф. «Оптоэлектронные элементы для интегральной голографии» http://bsfp.media-security.ru/school6/29.htm

9. Калашников А.М., Степук Я.В. "Колебательные системы", М.: "Военное издательство Мин. Обороны СССР", 1972.

10. Кайтуков В.М. "Эволюция диктата" М.: "Урамос", 1991, 468 с. (http://www.philosophyevolution.com/index.htm)

11. Шевкин. А.В. «**Над пропастью во лжи или будет ли толк от** бестолковой реформы? Газета «Первое сентября», 2003 г., № 46. (http://<u>www.shevkin.ru</u>/pub1.htm)