

Устюжанин Ю.Н., Киселев Н.И. // Препринт № 489Ф, Институт физики СО АН СССР. Красноярск. 1988. 26 с.

- [4] Бароне А., Патерно Дж. Эффект Джозефсона. Физика и применение. М.: Мир, 1984. 639 с.
- [5] Винокур В.М., Иоффе Л.Б., Ларкин А.И., Фейгельман М.В. // ЖЭТФ. 1987. Т. 93. В. 1(7). С. 343-365.

Поступило в Редакцию  
10 декабря 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 10 26 мая 1989 г.

07; 12

### ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ГЕТЕРОГЕННОМ НОСИТЕЛЕ

П.Д. Кухарчик, В.Г. Белкин,  
А.С. Скрипко, А.А. Дрык

Для проведения исследований в ряде областей науки и техники, таких как физика плазмы, квантовая электроника, диагностика оптически непрозрачных материалов и изделий, перспективно использование различного рода сред для регистрации инфракрасного излучения. Одним из направлений в области разработки методов регистрации инфракрасного излучения является разработка термографических систем, оптические параметры которых меняются в результате нагрева, вызванного поглощением энергии инфракрасного излучения. В качестве регистрирующей среды для таких систем перспективно использование гетерогенного носителя [1].

Гетерогенный носитель состоит из прозрачной подложки, резервного термопластического слоя, прозрачного для видимого света, и слоя плотно упакованных магнитных частиц. Плотно упакованный слой магнитных частиц обеспечивает непрозрачность гетерогенного носителя. Для записи инфракрасного излучения гетерогенный носитель помещают во внешнее магнитное поле, перпендикулярное его поверхности, термостабилизируют при температуре, близкой к температуре плавления термопластика, и экспонируют излучением записи. Магнитные частицы поглощают регистрируемое излучение и в соответствии с его пространственным распределением нагревают резервный слой термопластика. Под действием внешнего магнитного поля и диполь-дипольного взаимодействия частицы соединяются в нити, параллельно магнитным силовым линиям, в результате чего гетерогенный носитель просветляется. Фиксация полученного изображения регистрируемого излучения осуществляется охлаждением носителя ниже температуры плавления термопластика.

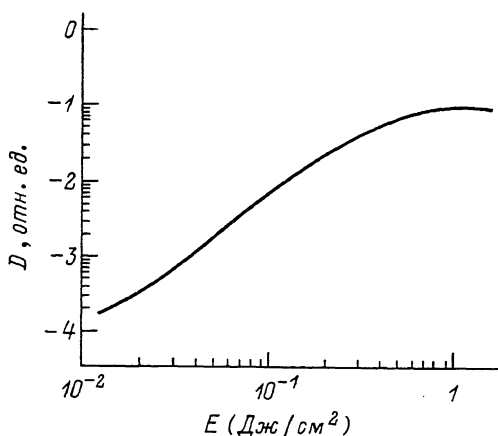


Рис. 1. Характеристическая кривая гетерогенного носителя.

Широкое применение гетерогенного носителя в качестве регистрирующего материала сдерживается отсутствием разработанной технологии его изготовления. У опытных единичных образцов не обеспечивается однородной оптической прозрачности и колебания составляют  $\pm 0,3$  опт. ед. [2] в плоскости слоя для различных образцов. Авторами создан макет установки, позволяющей получать однотипные по своим характеристикам образцы гетерогенного носителя (колебания составляют  $\pm 0,1$  опт. ед. в плоскости носителя для различных образцов).

Установка состоит из следующих основных узлов и механизмов: узел подачи основы, узел полива термопластика, узел наноса магнитного порошка, узел очистки носителя и механизм намотки готового гетерогенного носителя. Полив осуществляется из термостабилизированной кюветы набрасывающим валиком. Нанос магнитного порошка производится втиранием порошка меховой щеткой, совершающей обратнопоступательные движения в направлении, перпендикулярном движению подложки. В качестве исходных материалов были выбраны: для подложки – лавсановая лента шириной 35 мм; для термопластика – МЭСК (модифицированная канифоль) с температурой плавления 65 °С; для магнитных частиц – порошок карбонильного железа Р-100 со средним диаметром частиц  $\sim 2$  мкм. Гетерогенный носитель изготавливается в виде ленты и имеет следующие параметры: длина ленты до 3 м, рабочая ширина носителя 30 мм, толщина слоя термопластика  $\sim 50$  мкм, слой внедренного магнитного порошка 2–10 мкм. Оптическая плотность полученных образцов может быть в пределах от 2 до 4 опт. ед. в зависимости от толщины слоя магнитных частиц.

В качестве источника инфракрасного излучения использовался импульсный  $\text{CO}_2$  лазер с двойным поперечным разрядом и предионизацией на катоде. Лазер работает как в многомодовом, так и в одномодовом режиме. Импульс излучения имеет форму, подобную для

таких лазеров, длительностью  $\sim 1-3$  мкс. Как показывают теоретические расчеты и результаты экспериментов [3], при такой длительности импульса записи тепловая картина, сформированная в слое гетерогенного носителя, адекватна пространственному распределению энергии регистрируемого излучения.

Для увеличения чувствительности гетерогенный носитель при экспонировании термостабилизировался при температуре, близкой к температуре плавления термопластика. Точность термостабилизации составляла  $\pm 0.1$  °С. Необходимое для записи магнитное поле подавалось в виде импульса амплитудой  $\sim 500$  Э. Оптическая плотность экспонированного носителя определялась с помощью фотометра ИФО-451 с погрешностью  $\pm 0.1$  опт. ед.

На рис. 1. представлена типичная характеристическая кривая гетерогенного носителя. Кривая имеет линейный участок в интервале плотности энергий экспозиции от  $2 \cdot 10^{-2}$  до  $6 \cdot 10^{-1}$  Дж/см<sup>2</sup>. При плотности энергии записи более 1 Дж/см<sup>2</sup> оптическая плотность экспонированного носителя не зависит от плотности энергии записи. Гетерогенный носитель такого типа имеет следующие сенситометрические характеристики, определенные в соответствии с общепринятой методикой [4]: чувствительность или пороговая плотность энергии записи -  $2 \cdot 10^{-2}$  Дж/см<sup>2</sup>; динамический диапазон - 3; фотографическая ширина - 1.4.

Оценка разрешающей способности проводилась путем записи картины интерференции двух лучей. Угол схождения лучей выбирался в пределах  $5^\circ-60^\circ$ , что соответствует пространственной частоте интерференционной картины от  $\sim 10$  мм<sup>-1</sup> до  $\sim 100$  мм<sup>-1</sup>. Разрешающая способность гетерогенного носителя оценивалась по величине интенсивности дифрагированного излучения при восстановлении записанной интерференционной структуры излучением гелий-неонового лазера. Результаты испытаний показали, что гетерогенный носитель данного типа имеет разрешающую способность  $\sim 50$  лин/мм.

Дальнейшие исследования проводились с целью определения возможности использования разработанного гетерогенного носителя в качестве среды для визуализации излучения импульсных инфракрасных лазеров и последующего пространственного распределения энергии излучения. Методика данного эксперимента состояла в записи модовой структуры излучения инфракрасного лазера на гетерогенном носителе, фотометрировании на сканирующем микрофотометре и определении по характеристической кривой пространственного распределения плотности энергии излучения.

На рис. 2,а приведена фотография записанной на гетерогенном носителе модовой структуры инфракрасного лазера, а на рис. 2,б - результат фотометрирования этого образца.

Полученные результаты показали, что гетерогенный носитель является аналогом фотоматериала в инфракрасном диапазоне волн, а для количественной обработки полученных изображений может с успехом быть использована существующая техника фотометрирования. Качество полученных изображений на гетерогенном носителе, как можно судить по представленной фотографии, хорошее, что по-

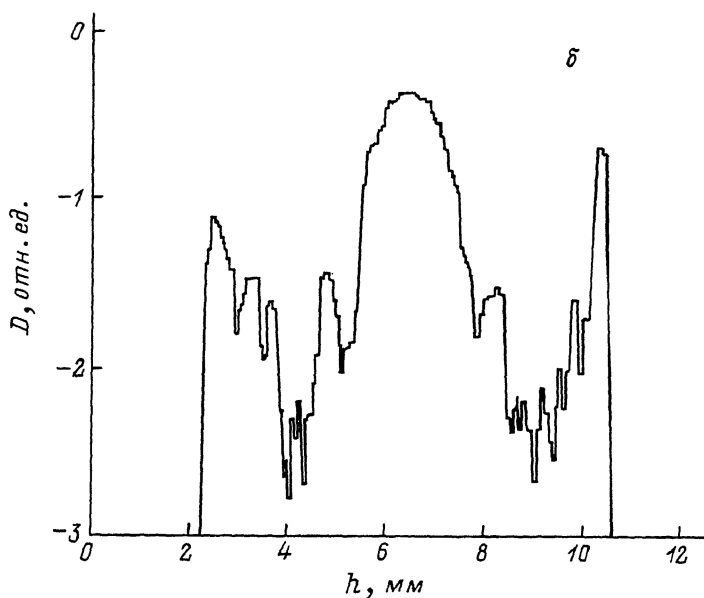
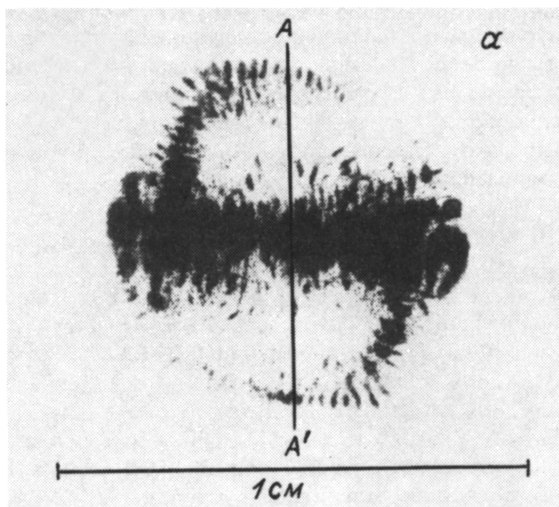


Рис. 2. а) изображение пространственной структуры выходного излучения инфракрасного лазера. б) Результат фотометрирования экспонированного образца гетерогенного носителя.

зволяет говорить о возможности широкого использования гетерогенного носителя для визуализации излучения инфракрасных лазеров.

Результаты проведенных исследований дают все основания считать, что по своим параметрам гетерогенный носитель является одной из наиболее эффективных инфракрасных регистрирующих сред.

Авторы выражают благодарность Я.А. Моносову за постоянную поддержку и внимание к работе.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Моносов Я.А. А.с. 717706 (СССР). Тепловой способ записи изображений. - Публ. в Б.И., 1980, № 7.
- [2] Горлова И.Г., Дрожбин Ю.А., Карабанов А.Ю., Коледов В.В., Моносов Я.А., Проккопенко В.Е., Пюрбеев А.Д., Семенов В.Б., Тусова Ю.П., Шакунов В.А. Регистрация излучения с длиной волны 10,6 мкм на гетерогенную среду на основе магнитной суспензии // ЖТФ, 1983. Т. 53. № 11. С. 2268-2269.
- [3] Клюкин Л.М., Степанов Б.М., Фабриков В.А., Хромов А.В. Фотографирование на магнитные пленки. М.: Атомиздат, 1971. 110 с.
- [4] Джеймс Т.Х. Теория фотографического процесса. Л.: Химия, 1980. 672 с.

Поступило в Редакцию  
27 июля 1988 г.  
В окончательной редакции  
14 января 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 10  
09; 10

26 мая 1989 г.

#### НЕЛИНЕЙНАЯ НЕСТАЦИОНАРНАЯ ТЕОРИЯ ГЕНЕРАТОРОВ ВСТРЕЧНОЙ ВОЛНЫ С КАНАЛИЗАЦИЕЙ ИЗЛУЧЕНИЯ СИЛЬНОТОЧНЫМ РЕЛЯТИВИСТСКИМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПОТОКОМ

Н.С. Гинзбург, А.С. Сергеев

1. В работах [1, 2] была рассмотрена нелинейная теория усиления и канализации излучения поперечно-ограниченным потоком электронов-осцилляторов в условиях конвективной неустойчивости, когда направление групповой скорости волнового пучка совпадает с направлением поступательного движения частиц. В то же время в подобной системе возможна и абсолютная неустойчивость, реали-