

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ УСИЛЕННЫХ ИК ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ НЕЛИНЕЙНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПУЧКОВ В НАСЫЩАЮЩИХСЯ УСИЛИТЕЛЯХ

К.И.Земсков, М.А.Казарян, Г.Г.Петраш

Предложен и осуществлен новый метод визуализации инфракрасных (ИК) изображений, основанный на взаимодействии излучения в среде на двух связанных переходах. С усилителем на парах марганца в зеленом свете получено усиленное изображение ИК объектов.

Оптические системы с усилителями яркости^{1,2}, из-за наличия в них усилителя, работающего в режиме насыщения, обладают рядом необычных свойств³. Ниже обсуждаются новые возможности, открывающиеся для таких систем, если в них используются усилители, обладающие усилением одновременно на двух или нескольких связанных по верхнему или нижнему уровню переходах. В качестве примера таких систем можно отметить изученные экспериментально усилители на парах бария, свинца и марганца¹. Насыщение усиления на одном из связанных переходов может приводить к значительной модуляции усиления на другом. Поэтому взаимодействие в активной среде полей на связанных переходах можно в принципе использовать для того, чтобы оптическую информацию, записанную в виде модуляции излучения на одном из них, перенести в модуляцию излучения на другой длине волны.

В настоящей работе предлагается такую возможность использовать для визуализации ИК изображений. Это можно осуществить в активной среде импульсного лазера на парах марганца. Схема нижних уровней и переходов атома марганца приведена на рис. 1. Стрелками показаны лазерные переходы в зеленой и ИК области спектра, которые, как видно, связаны по нижним уровням. В обычных условиях большим усилением обладает одна зеленая линия 5341 Å и несколько ИК линий.

В экспериментах использовался усиливающий элемент лазера на парах марганца активной длиной 70 см и внутренним диаметром 2 см. Разрядная трубка работала в режиме саморазогрева с буферным газом неоном при давлении 16 – 20 торр. Частота повторения импульсов была 2,5 кГц.

Схема эксперимента показана на рис. 2. В основных чертах она близка к обычной схеме лазерного проекционного микроскопа³.

Свет от активной среды 1 освещал через объектив 2 объект 3. В отраженном от объекта свете после прохождения того же объектива 2 образовывалось усиленное в активной среде увеличенное изображение объекта. Это изображение, положение которого контролировалось с помощью дополнительной оптической системы, обычно располагалось внутри активной среды. В пучках света, распространяющихся к объекту, с помощью делителя 4 и оптической системы 5 наблюдались на экране 6 негативные изображения объекта 3, подобно тому, как это ранее наблюдалось с усилителем на парах меди^{4,5}. Негативные изображения образуются вследствие того, что усиленное изображение объекта создает неоднородное по объему активной среды насыщение, тем самым пространственно модулируя усиление среды. Пучки спонтанного излучения, распространяющиеся по усилителю в сторону объекта "считывают" это распределение усиления, что и приводит к образованию негативных изображений.

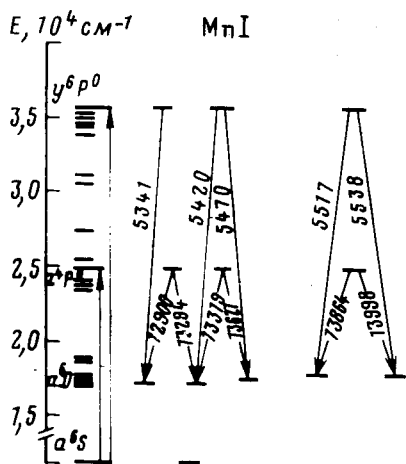


Рис. 1. Схема нижних уровней и переходов в атоме марганца

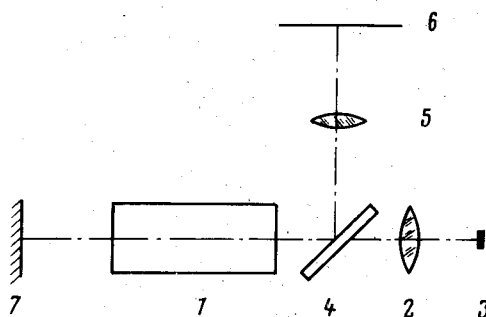


Рис. 2. Оптическая схема эксперимента

В настоящей работе с усилителем на парах марганца наблюдались негативные изображения объекта как в зеленом свете, так и в ИК. В последнем случае визуализация осуществлялась с помощью вращающихся люминесцентных экранов⁶. Затем между делителем 4 и объективом 2 был поставлен фильтр, полностью отсекавший видимый свет, но пропускающий ИК излучение. В этом случае в активной среде образовывалось только ИК изображение объекта, которое и модулировало пространственно усиление как на ИК, так и на связанной зеленой линии. В результате в том же месте, где и раньше, наблюдалось негативное изображение объекта в зеленом свете, хотя первичная информация об объекте поступала в активную среду только в виде ИК изображения.

Описанные негативные изображения получались лучшего качества и более яркие при постановке за усилителем зеркала 7. При этом "считывающие" пучки на зеленой линии увеличивались по мощности и имели меньшую расходимость. Постановка перед зеркалом 7 фильтра, не пропускавшего ИК излучение, заметно не влияла на качество визуализированного изображения, постановка же фильтра, срезавшего зеленую линию, приводила к ухудшению этого изображения. В большинстве экспериментов зеркало 7 располагалось на расстоянии 2 м от активной среды. Уменьшение этого расстояния приводило к ухудшению визуализированного изображения.

Средняя мощность в негативных изображениях в отсутствие селекции по длинам волн в этих экспериментах была около 60 мВт, суммарная средняя мощность в позитивных изображениях объекта составляла 120 мВт.

В качестве объекта использовалось плоское алюминированное зеркало, на поверхность которого накладывалась черная маска в виде сегмента и полосы размером 0,1 – 0,2 мм. На рис. 3 приведены фотографии изображений такого объекта. На рис. 3, а – позитивное изображение в зеленом свете, полученное как в обычном проекционном микроскопе; на рис. 3, б – негативное изображение того же объекта, а на рис. 3, в – визуализированное изображение того же объекта. Отметим, что негативные изображения в ИК и в зеленой области спектра, а также визуализированное изображение имели одинаковые размеры и наблюдались в наших условиях с увеличением в 100 раз.

Качество полученных в настоящих экспериментах изображений оказалось не очень высоким. Можно однако рассчитывать на то, что надлежащим выбором схемы записи и считывания информации в активной среде возможно приблизиться к качеству изображений, ограниченному только применяемой оптической системой.

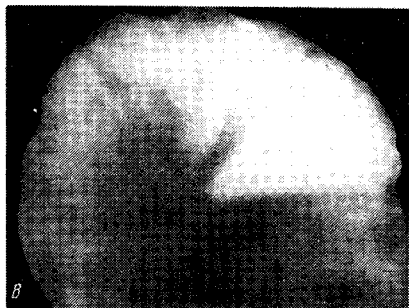


Рис. 3. Фотографии изображений объекта

Описанные эксперименты показали, что в активной среде импульсного лазера на парах марганца можно осуществить достаточно эффективную визуализацию ИК изображений, используя взаимодействие в среде излучений на связанных переходах. Такой метод визуализации имеет, на наш взгляд, значительные преимущества по сравнению с другими известными методами. Основное преимущество состоит в том, что визуализация осуществляется в усиливающей среде с большим усилением. Это позволяет получать на выходе значительную мощность и проецировать визуализированные изображения на большие экраны. При необходимости можно применять дополнительное усиление в отдельной усиливающей ячейке лазера на парах марганца.

Поскольку усиливающий элемент работает в импульсном режиме с длительностью усиления 10 – 20 нс, а яркость изображения в каждом импульсе велика, то соответствующей разверткой изображения легко можно осуществить скоростную киносъемку микрообъектов, в том числе непрозрачных в видимой области спектра, с частотой кадров порядка кГц, а возможно и выше. В частности, можно изучать быстрые процессы сквозь кремний или внутри изделий на основе кремния, например, элементы микроэлектроники.

В заключение отметим, что, на наш взгляд, использование описанного выше способа преобразования оптических полей из одной области спектра в другую может существенно расширить область применения активных оптических систем в физических исследованиях.

Литература

1. *Петраш Г.Г.* Вестник АН СССР, 1982, 2, 66.
2. *Земсков К.И., Казарян М.А., Петраш Г.Г.* УФН, 1978, 126, 695.
3. *Земсков К.И., Исаев А.А., Казарян М.А., Петраш Г.Г.* Квантовая электроника, 1976, 3, 35.
4. *Бункин Ф.В., Земсков К.И., Казарян М.А., Матвеев В.М., Петраш Г.Г., Савранский В.В., Шафеев Г.А.* Квантовая электроника, 1981, 8, 1372.
5. *Земсков К.И., Казарян М.А., Матвеев В.М., Петраш Г.Г.* Квантовая электроника, 1983, 10, 2278.
6. *Тимофеев Ю.П., Фридман С.А.* Изв. АН СССР, сер. физ., 1979, 43, 1303.

Физический институт им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
8 августа 1985 г.