

АКУСТООПТИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР НА ФОТОРЕФРАКТИВНОЙ РЕШЕТКЕ В НИОБАТЕ ЛИТИЯ

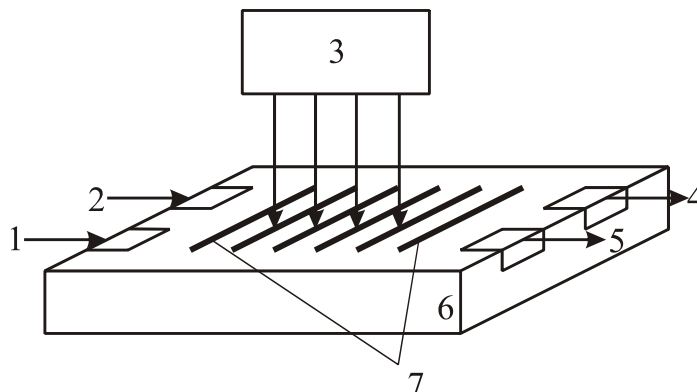
Батанова Н.Л., Богданова Х.Г., Булатов А.Р., Калимуллин Р.И., Голенищев-Кутузов А.В.,
Голенищев-Кутузов В.А., Потапов А.А., Шарифуллин Г.Ф., Аввакумов М.В.

Узкополосные оптические и акустические фильтры представляют несомненную важность для устройств управления параметрами оптических и акустических пучков, используемых в линиях связи и телекоммуникационных системах. Для создания подобных сверхузкополосных фильтров используются различные физические принципы, в том числе и с применением периодических структур [1-3]. В данном докладе излагаются принципы построения и реализации универсального узкополосного фильтра для селекции оптических, СВЧ и акустических пучков, причем для управления параметрами фильтра используется воздействие приложенного электрического поля или дополнительного оптического пучка.

Принцип действия фильтра основан на уже установленных закономерностях распространения оптических [1-3] и акустических [4-5] волн через периодические структуры, образованные слоями (голографические решетки или индуцированные домены) и отличающиеся показателями преломления или с пьезоэлектрическими коэффициентами. Как показали теоретические расчеты и эксперименты [3, 6]. Такие структуры обладают резонансными свойствами, частоты которых определяются периодом структуры. Причем вследствие разницы в несколько порядков между скоростями акустических и оптических волн, размеры элементов структуры в несколько микрометров будут одновременно соответствовать резонансам для доли волн видимого оптического диапазона и акустическим частотам до тысячи МГц. Подобный фильтр может быть использован для частотной селекции электромагнитных волн СВЧ диапазона путем предварительного преобразования их в акустическую волну на входе фильтра и затем на выходе фильтры снова в электромагнитную волну. В качестве рабочего элемента фильтра наиболее пригодны кристаллы ниобата лития, содержащие примесные Ян-Теллеровские ионы Fe^{2+} , Cu^+ , Mn^{3+} позволяет преобразовывать слои оптически индуцированной решетки, полученной с помощью облучения поверхности кристалла двумя интерферирующими лазерными пучками, путем дополнительных технологических процессов [4] в слои доменов с инверсной поляризацией. Именно такие слои, содержащие 180 °С домены, обладают наибольшей стойкостью к последующему распространению через них оптических или акустических пучков. Возникновение фотоиндуцированных доменных структур связано с перемещением и переориентацию примесных ионов в электрическом поле фотовозбужденных электронов от ян-теллеровских ионов с образованием вокруг ян-теллеровских ионов не ян-теллеровских примесных ионов кластеров с противоположной поляризацией. Такие кластеры являются зародышами формирования макроскопических доменных структур в легко поляризуемых сегнетоэлектриках.

Управление спектральной характеристикой фильтра возможно с помощью приложения внешнего электрического поля, перпендикулярного системе периодических доменов за счет электрооптического или пьезоэлектрического эффектов. Однако сложность получения полей выше 50 кВ/см ограничивает величину частотной перестройки или изменения спектральной передаточной функции фильтра [1,3]. Ранее было установлено, что оптическое облучение [6] вследствие фотовозбуждения электронов и последующей перезарядки примесных ян-теллеровских ионов приводит к возникновению внутренних электрических полей между доменами градиента до 200 кВ/см, что приводит к одновременному увеличению поля на доменах одного знака и уменьшению поля на доменах другого знака.

Функциональная схема управляемого акустооптического фильтра, представленная на рисунке состоит из рабочего элемента (6), содержащего сформированную в приповерхностном слое монокристалла ниобата лития периодическую доменную структуру (ПДС) (7); световодов перестраиваемого лазера (2) и фотодефектора (4); входного (1) и выходного (5) пьезопреобразователей; источника оптического излучения с регулируемой интенсивностью (3).



В модельных экспериментах [7] использовались два типа ПДС, сформированные в приповерхностном слое монокристаллов ниобата лития, содержащих ионы железа ($C \approx 0,05 \text{ wt}\%$) с отношением концентраций $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ равен 0,3. Сформированная электрическим способом [4] структура состояла из 180°C доменов с периодом 100 мкм и насчитывала 20 слоев. Вторая структура была вначале сформирована как фоторефрактивная решетка с периодом порядка 2 мкм двумя интерферирующими лазерными пучками ($\lambda = 0,53$ мкм), а затем путем приложения однородного электрического поля при 250 К преобразовывалась в структуру 180°C доменов с тем же периодом. Поверхностные и объемные акустические волны возбуждались перпендикулярно ПДС от перестраиваемых генераторов, а затем детектировались супергетеродинным приемником в частотном диапазоне 100-1000 МГц. Спектральная перестройка фильтра осуществлялась с помощью галогенной лампы. Реально относительное изменение скорости акустических волн достигало 10^{-3} при акустической добротности порядка $5 \cdot 10^3$ для обоих ПДС.

При распространении полихроматического оптического пучка через ПДС с периодом 1 мкм был обнаружен пик в спектре дифрагированного пучка, соответствующий длине волны лазера ($\lambda = 0,53$ мкм). Таким образом, была экспериментально продемонстрирована принципиальная возможность создания универсального фильтра для селекции оптических и акустических сигналов.

Работа была поддержана грантом РФФИ №05-02-17142 и грантом Минобразования и науки.

1. Нанев И.Ф., Малиновский В.К., Суровцев Н.В. ФТТ, 42, 2079 (2000)
2. Nukriede J., Runde D., Kip D., J.Phys.D. 36, R1 (2003)
3. Петров М.П., Шамрай А.В., Козлов А.С., Ильичев И.В. Письма в ЖТФ, 30, 75 (2004)
4. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Калимуллин Р.И. Индуцированные доменные структуры в электро- и магнитоупорядоченных веществах. М. Физматлит, 2003
5. Ушаклм Н.М., Колосов В.В. Письма в ЖТФ, 27, 40 (2001)
6. Владимирцев Ю.В., Голенищев-Кутузов А.В. ФТТ, 22, 217(1980)
7. Батанова Н.Л., Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Калимуллин Р.И. Изв. РАН, сер. Физ. 68, 1694 (2004)