

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.372.8 : 535

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ РАССЕЯННЫХ МОД
ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА

А. Ю. Агапов и С. В. Зайцев

В экспериментальных исследованиях тонкопленочных оптических волноводов отмечается появление периодических изменений интенсивности рассеянного излучения вдоль распространения волноводной волны. Объяснение этого явления в работах [1-3], основанное на взаимодействии ТЕ и ТМ волноводных мод вследствие двойного лучепреломления в тонкопленочном волноводе, вероятно, может иметь отношение к некоторым специальным случаям, но не к рассмотренным в [1-3] волноводам из полистирола, полиметилметакрилата, Ta_2O_5 , $Ta_2O_5N_x$. В работе [4] рассматривается явление интерференции волноводной волны и поверхностной волны подложки при одинаковой поляризации этих волн. Отмечается также возможность интерференции рассеянного света при одновременном возбуждении ТЕ и ТМ волноводных волн.

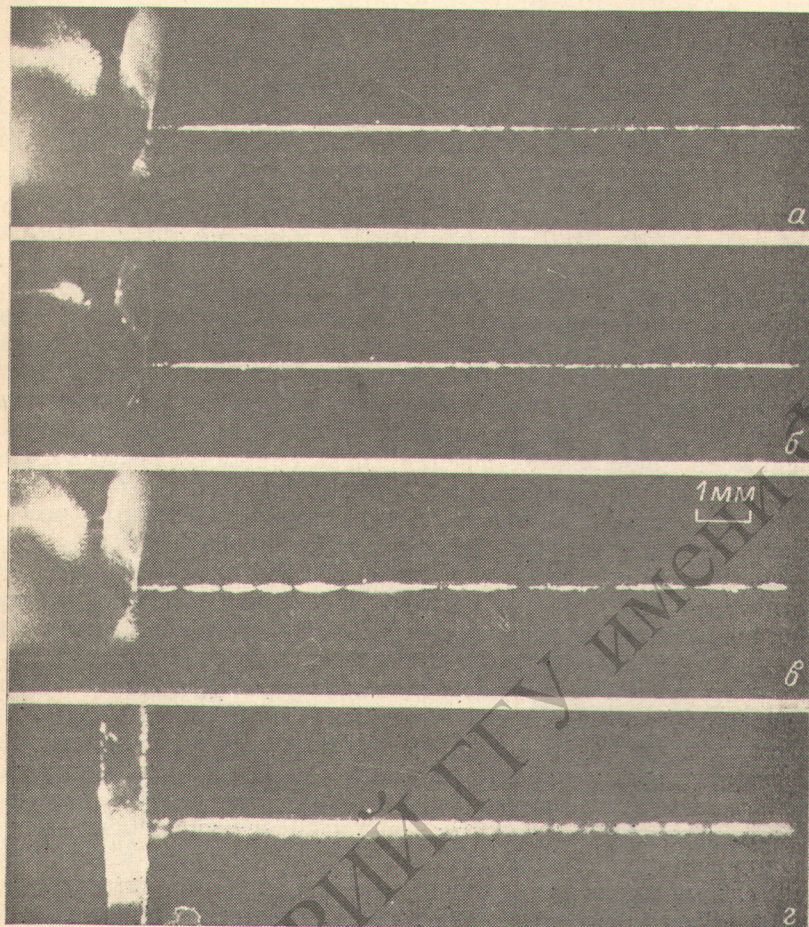
Появление периодических изменений интенсивности рассеянного поля вдоль направления распространения волноводных волн можно объяснить интерференцией рассеянных на объемных и поверхностных центрах полей двух независимых ТЕ и ТМ волноводных мод со сравнимыми амплитудами полей в пленке. При рассеянии поляризация ТЕ и ТМ мод сохраняется только в нормальной плоскости — плоскости, перпендикулярной поверхности волновода и проходящей через ось распространения волноводных волн; в этой плоскости интерференция наблюдаться не будет. Излучение, рассеянное под некоторым углом к нормальной плоскости, деполяризуется, что приводит к появлению интерференционной картины с периодом

$$\Delta = \lambda |\gamma_{TE} - \gamma_{TM}|^{-1},$$

где λ — длина волны, γ_{TE} , γ_{TM} — замедления фазовой скорости ТЕ, ТМ мод. При наличии двойного лучепреломления в волноводе можно получить интерференционную картину с удобным для наблюдения периодом в пределах 0.2—5.0 мм в окрестности точки по толщине пленки, в которой $\gamma_{TE} = \gamma_{TM}$. Кроме этого, при близких значениях γ_{TE} , γ_{TM} возможно одновременное возбуждение этих мод одним световым пучком, например, призмным вводом излучения. Следует отметить, что двойное лучепреломление в волноводе не является необходимым для рассматриваемого явления.

Ниже приводятся экспериментальные результаты, подтверждающие приведенное объяснение. Волновод был образован пленкой полистирола на стеклянной подложке. Показатель преломления подложки — 1.513, показатель преломления пленки для ТЕ мод — 1.5852 и для ТМ мод — 1.5898 (имеет место двойное лучепреломление), толщина пленки — 0.74 мкм. Был применен призмный ввод излучения с короткофокусной линзой и поляризатором, что позволяло раздельное и одновременное возбуждение ТЕ₀ и ТМ₀ мод. На рисунке, а—в представлены фотографии

поля рассеянного под углом $\sim 45^\circ$ к нормальной плоскости при возбуждении TE_0 моды, при возбуждении TM_0 моды и при одновременном возбуждении этих мод. На рисунке, z — рассеянное поле под углом $\sim 0^\circ$ к нормальной плоскости при одновременном возбуждении TE_0 и TM_0 мод.



Рассеянное излучение тонкопленочного волновода.

a — TE_0 мода, $б$ — TM_0 мода, $в$ — TE_0 и TM_0 моды, z — TE_0 и TM_0 моды, рассеянные по нормали.

Рассеянное поле анализировалось также с помощью поляризатора. Было отмечено, что при возбуждении TE_0 моды поляризация практически сохранялась при движении от нормальной плоскости, а при возбуждении TM_0 моды наблюдалась существенная деполяризация рассеянного излучения при подобном перемещении. Таким образом, в соответствии с предлагаемым объяснением периодическое изменение интенсивности рассеянного излучения вдоль распространения волноводных волн наблюдалось только при одновременном возбуждении TE и TM мод при наблюдении не по нормали к плоскости тонкопленочного оптического волновода.

Литература

- [1] T. P. Sosnowski, H. P. Weber. Appl. Phys. Lett., 21, 310, 1972.
- [2] S. J. Ingre, W. D. Westwood, Y. C. Cheng, J. Wei. Appl. Opt., 14, 2194, 1975.
- [3] J. Wei, S. J. Ingre, W. D. Westwood, S. K. S. Appl. Phys. Lett., 28, 317, 1976.

Поступило в Редакцию 16 июня 1980 г.

УДК 535.87+621.373 : 535

О ВЛИЯНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ФАЗОВУЮ АНИЗОТРОПИЮ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЛАЗЕРНЫХ ЗЕРКАЛ

В. Г. Гуделев и В. М. Ясинский

Многослойные диэлектрические лазерные зеркала, работающие при наклонном падении излучения, обладают линейной фазовой анизотропией [1], которая существенно влияет на поляризационно-частотные характеристики прецизионных измерительных лазерных систем (кольцевых лазеров, поляризационных интерферометров и т. д.). Нестабильность фазовой анизотропии зеркал, вызванная их нагревом в процессе работы, может служить причиной ухудшения характеристик указанных систем.

Для проведения исследования влияния температуры на фазовую анизотропию зеркал был использован внутрирезонаторный частотный метод измерения анизотропии [2]. Измерения проводились в уголкового амплитудно изотропном резонаторе лазера. В обычных условиях чувствительность измерения фазовой анизотропии таким методом ограничена влиянием нестабильности длины резонатора, модового состава и мощности излучения и не превышает $1 \cdot 10^{-3}$ рад, что не позволяет обнаружить влияние температуры на фазовую анизотропию зеркал [3]. С целью повышения чувствительности измерений использовался режим работы лазера на одной продольной моде. Устойчивость генерации двух ортогонально линейно поляризованных волн с небольшой разностью частот, пропорциональной линейной фазовой анизотропии зеркала Δ , обеспечивалась наложением поперечного магнитного поля ($B \approx 7$ мТ) на активный элемент лазера [4]. С целью компенсации амплитудной анизотропии зеркала в резонатор помещался слабый частичный поляризатор. Для стабилизации частоты излучения лазера по центру контура усиления использовалась система автоподстройки частоты, описанная в работе [5]. Для питания активного элемента применялся высоковольтный стабилизатор тока с выходным динамическим сопротивлением ~ 400 МОм. Благодаря этим мерам чувствительность измерений фазовой анизотропии была повышена до $1 \cdot 10^{-5}$ рад при межмодовом интервале 315 МГц, что соответствует нестабильности разностной частоты ± 1 кГц. Возникающие в процессе измерений незначительные разъюстировки резонатора и флуктуации плотности воздуха, вызванные нагревом исследуемого зеркала, снижали чувствительность измерений фазовой анизотропии до $1 \cdot 10^{-4}$ рад при температуре зеркала $\sim 60^\circ \text{C}$.

Было проведено исследование температурной зависимости фазовой анизотропии диэлектрических зеркал, изготовленных путем термического напыления четвертьволновых слоев из ZnS и MgF_2 на подложку из стекла К8. Измерения проводились для угла падения 30° на длине волны генерации 1.153 мкм в интервале температур $25\text{--}55^\circ \text{C}$.

На рисунке показаны полученные зависимости фазовой анизотропии пяти зеркал разных партий изготовления, имеющих при $t=25^\circ \text{C}$ различную начальную анизотропию $\Delta = \delta_s - \delta_p$, где δ_s и δ_p — скачки фаз, возникающие при отражении s- и p-поляризованных волн от покрытия зеркала. Для удобства сравнения все кривые помещены рядом. Из приведенных результатов видно, что фазовая анизотропия многослойных