

06.3; 07

© 1992

О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ
ОПТИЧЕСКИХ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ

А.О. Ф е д о т о в

Как известно [1], при падении волны на поверхность раздела сред возможно возникновение поверхностной, т.н. боковой волны. Однако приведенное в [1] решение противоречиво: во-первых, при $n_1 \rightarrow n_2$ (предельный переход к совпадающим средам) происходит бесконечный рост амплитуды боковой волны; во-вторых, в случае, когда источник находится на границе раздела ($z \rightarrow 0$), поверхностная волна уже не мала. Действительно, в этой ситуации отражение сводится к сдвигу фазы на π , т.е. отраженная и прямая объемные волны компенсируются, а основная энергия переносится по поверхности. Именно здесь традиционная схема перевала в [1] оказывается недееспособной, т.к. точка перевала стремится к точке ветвления n_1 , в результате чего при разложении фазы интеграла происходит некомпенсируемый рост производных высших порядков.

Как было показано в работах [2, 3], в решении [1] потерян один из корней уравнения. На самом деле падающая волна рождает не одну, а две амплитудносвязанные боковые волны.

Достоверность существования двух боковых волн удалось показать экспериментально [3] для случая падения акустической звуковой волны. Более того, на основе интерференции боковых волн была изготовлена модель дефектоскопа для обнаружения дефектов отслоения красочного слоя в картинах и иконах.

Поскольку распространение электромагнитных и звуковых волн описывается аналогичными волновыми уравнениями, в обоих случаях возникают решения соответствующие двум связанным боковым модам [2, 3].

Рассмотрим следующую многослойную структуру:

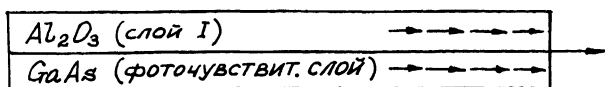


Рис. 1. Схема переключателя.

Пропуская свет по слою $GaAs$, мы рожаем боковые волны на границе $GaAs - Al_2O_3$. Т.к. длины волн отличаются, а частоты совпадают, происходит интерференция (фактически, указанная схема является аналогом интерферометра Маха-Цендера). Фаза результирующей волны зависит от проводимости (не обязательно равно-

весной) нижнего слоя. Таким образом, управляя проводимостью, можно управлять распределением фазы вдоль границы, а следовательно, интенсивностью света на выходе из структуры. Если управление проводимостью осуществляется светом, то вполне достижимы времена порядка $10^{-11}-10^{-12}$ с [4]. Технология роста таких структур из газовой фазы отработана (МОГФЭ) [5] и допускает доращивание слоев $Al_xGa_{1-x}As$, что позволяет надеяться на возможность получения в одной структуре управляющего излучателя и приемника.

Период интерференционной картины $\Delta x = \lambda_0 / (n_1 - n_2)$, где $n_1^2 = n^2(Al_2O_3) = 1.76^2 = \epsilon_1$, [6], $\epsilon_1 = 0$;

$$n^2(Al_xGa_{1-x}As) = n_2^2 = (3.56 - 0.71x + 0.091x^2)^2 = 3.56^2 = \epsilon_2. \quad [7]$$

Глубина модуляции $\sim (n_1 + n_2) / (n_1 - n_2)$.

Результат расчета бесконечной двухслойной модели с различными ϵ_2 по формулам [2], приведенный на рис. 2 (кривая 1 соответствует $\epsilon_2 = 0$, кривая 2 - $\epsilon_2 = 56.5 \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$), кривая 3 - $\epsilon_2 = 565 \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$), подтверждает наше утверждение о возможности управления амплитудой за счет изменения ϵ .

Таким образом, становится очевидным принцип построения пикосекундных оптических переключателей, модуляторов и многоходовых логических элементов. Возможные области применения: линии оптической связи, оптический компьютер. Отметим, что судя по [8], создание подобных устройств вполне своевременно. Одним из очевидных применений является АЦП; аналогичное описанному в [9].

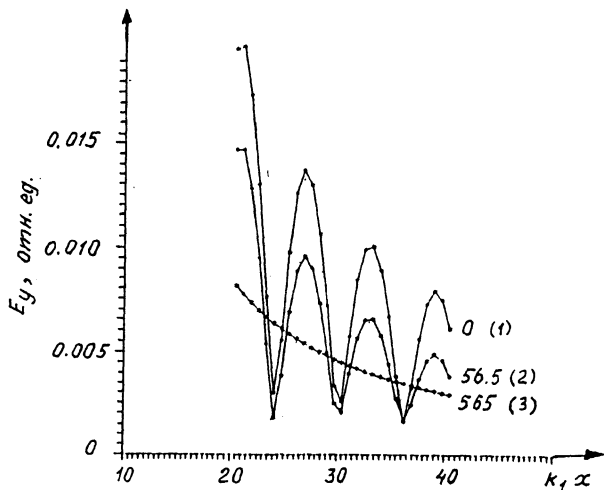


Рис. 2. Интерференционная структура напряженности электрического поля на границе раздела $Al_2O_3 - GaAs$.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Л а н д а у Л.Д. Теор. физ., изд. 4. Т. 5, § 73.
- [2] Z u e v M.A., S h v a r t s b u r g A.B. // J. of Electromagnetic Waves and Applications, USA, 1991. V. 5. N 9. P. 1007-1017.
- [3] Е к ж а н о в Р.И., З у е в М.А., Ф е д о т о в А.О., Ш в а р ц б у р г А.Б. // ДАН, 1992, № 3.
- [4] К о р о л ь к о в В.И. Быстродействующие высокоэффективные фотоприемники на основе гетероструктур. В сб.: Фотоприемники и фотопреобразователи, Л.: Наука, 1986.
- [5] Ш у р М. Современные приборы на основе GaAs. М.: Мир, 1991, 113-115 с.
- [6] К р и к с у н о в Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники. М.: Сов. Радио, 1978. 155 с.
- [7] К е й с и Х., П а н и н М. Лазеры на гетероструктурах. М.: Мир, 1981, т. 1, с. 58-61.
- [8] IBM J. Res. Develop. 1990. V. 34. N 4.
- [9] Б е к е р Р.А., В у д в о р т Ч.Э., Л е о н б е р ж е р Ф.Дж., У и л ь я м с о н Р.С. // ТИИЭР. 1984. Т. 72. № 7. С. 58-79.

Поступило в Редакцию
21 мая 1992 г.
В окончательной редак-
ции 23 июля 1992 г.