

06.2; 06.3

ТОЧЕЧНЫЙ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ФОТОПРИЕМНИК
ЛАЗЕРНОГО СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯС.Д. Г а н и ч е в, К.Ю. Г л у х,
И.Н. К о т е л ь н и к о в, Н.А. М о р д о в е ц,
А.Я. Ш у л ь м а н, И.Д. Я р о ш е ц к и й

В настоящее время широкое распространение получили субмиллиметровые импульсные газовые лазеры с оптической накачкой [1]. Одной из задач, возникающей при создании таких лазеров и использовании их излучения, является изучение структуры лазерного пучка, размеры которого, как правило, порядка нескольких миллиметров. Это требует создания матричных и одиночных малоапертурных быстродействующих фотоприемников субмиллиметрового излучения. Использование для изучения пространственного распределения интенсивности импульсного излучения в узких лазерных пучках быстродействующих фотоприемников на внутризонной фотопроводимости [2], увлечении электронов фотонами [3, 4], пьезоэлектрическом эффекте затруднительно, поскольку они имеют достаточно большой диаметр приемной площадки (несколько миллиметров и более).

В статье описан точечный быстродействующий фотоприемник субмиллиметрового лазерного излучения, работа которого основана на новом физическом явлении — изменении сопротивления туннельного перехода металл-полупроводник с барьером Шоттки при плазменном отражении излучения от свободных носителей в полупроводнике [5–7]. Такое изменение обусловлено деформацией самосогласованного барьера Шоттки под действием пьезомоторных сил, возникающих при передаче импульса излучения плазме свободных носителей в процессе отражения света. В результате увеличивается туннельная прозрачность барьера и проводимость туннельного перехода. Физические ограничения на время установления отклика в рассматриваемом случае определяются скоростью перераспределения неравновесного заряда между электродами и характеризуются величиной RC , где R — сопротивление, C — емкость перехода. В случае переходов $n\text{-GaAs/Au}$ время отклика может быть сделано порядка 10^{-9} – 10^{-11} с при разумных величинах площади перехода и концентрации легирующей примеси. Площадь перехода может быть достаточно мала, т.к. современная технология легко обеспечивает возможность изготовления переходов с диаметрами до нескольких микрон. Технология изготовления переходов также позволяет создавать матрицы из элементов необходимых размеров.

Малое время отклика и размеры приемного элемента позволяют использовать его для детектирования субмиллиметрового лазерного излучения с высоким временным и пространственным разрешением. Настоящая работа посвящена анализу возможностей использования

Координатная зависимость фотоотклика перехода, x - зависимость от X , точки - зависимость от Y . На вставке: вид детекторного элемента. 1 - GaAs, 2 - золотой электрод.

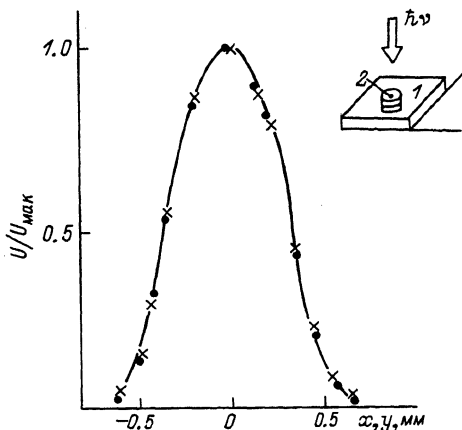
переходов n -GaAs/Au как фотоприемника для излучения субмиллиметрового диапазона.

Исследованный фоточувствительный элемент представлял собой туннельный переход n -GaAs/Au, полученный напылением металла на чистую поверхность полупроводника. Концентрация примесей в полупроводнике составляла $(2-7) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. На рисунке показан вид детекторного элемента, сделанного на пластине n -GaAs толщиной 0.5-1 мм, с одной стороны которой расположен омический электрод, а с другой - полупрозрачный ($d < 200 \text{ \AA}$) золотой электрод диаметром 1 или 0.25 мм, являющийся приемной площадкой детектора. Прозрачность золотого электрода проверялась методом фототермической спектроскопии. Наличие туннельного механизма проводимости контролировалось по туннельным спектрам при гелиевой температуре [8].

На основе описанного фоточувствительного элемента был изготовлен фотоприемник, состоящий из туннельного перехода, включенного в схему измерения фотопроводимости, и дифференциального усилителя с полосой 50 МГц и коэффициентом усиления порядка 100. Временное разрешение фотоприемника определялось полосой пропускания усилителя и составляло ~ 5 нс. Измерения на длинах волн λ 90 и 385 мкм показали отсутствие заметного изменения чувствительности фотоприемника при детектировании излучения с $\lambda > \lambda_p > 20$ мкм. Величина чувствительности фотоприемника составляла 0.1 В/кВт при напряжении смещения ~ 0.5 В и сопротивлении нагрузки 50 Ом.

Исследование зависимости сигнала от интенсивности света I в диапазоне $10 \text{ кВт/см}^2 - 2 \cdot 10^3 \text{ кВт/см}^2$ показали наличие слабой нелинейности фотоотклика порядка $I^{3/2}$.

В исследованном фотоприемнике использовался одиночный туннельный переход диаметром 1 мм. Для изучения координатной чувствительности приемника было осуществлено сканирование излучения, сфокусированного в пятно диаметром порядка 0.7 мм, по площади золотого электрода. Результат показан на рисунке, где видно быстрое спадание отклика при выходе освещенной области за пределы металлического электрода. Проведенные измерения слишком



грубы, чтобы по ним можно было оценивать предельно достижимое пространственное разрешение при сканировании приемника по сечению лазерного пучка. Однако уже полученные результаты представляют интерес с практической точки зрения. Отметим, что возможно изготовление приемников с существенно меньшим диаметром металлического электрода (вплоть до 1 мкм), а также изготовление матрицы из таких приемников на одной подложке.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] T h. d e T e m p l e. Pulsed Optically Pumped Far Infrared Lasers. - in Infrared and millimeter waves, ed. K.J. Button. N.-Y., 1979. V. 1. P. 129-185.
- [2] Берегулин Е.В., Валов П.М., Рывкин С.М., Тархин Д.В., Ярощевский И.Д. // Квантовая электроника. 1978. Т. 5. № 6. С. 1386-1389.
- [3] Рывкин С.М., Ярощевский И.Д. В сб.: Проблемы современной физики. Л., 1980. С. 173-185.
- [4] G i b s o n A.F., K i m m i t t M.F., Photon drag detector, in Infrared and millimeter waves, ed. K.J. Button. N.-Y., 1980. V. 3. P. 182-220.
- [5] Ганичев С.Д., Котельников И.Н., Мордовец Н.А., Шулман А.Я., Ярощевский И.Д. // Письма в ЖЭТФ. 1986. Т. 44. С. 234-237.
- [6] G a n i t h e v S.D., G l o o k h K.Yu., K o t e l ' n i k o v I.N., M o r d o v e t s N.A. S h u l ' m a n A.Ya., Y a r o s h e t s k i i I.D. In abstracts of 19 Int. Conf. on the physics of semiconductors. Warsaw, Poland, 1988. P. TuP-40.
- [7] К о т е л ' н и к о в I.N., М о р д о в е т с N.A., S h u l ' m a n A.Ya. Conference Digest 9 Int. Conf on IR and MM Waves, Takarazuka, Japan, 1984. P. 137-139.
- [8] К о т е л ' н и к о в И.Н., Б е й н и х е с И.Л., Ш у л ь м а н А.Я. // ФТТ. 1985. Т. 27. С. 401-415.

Поступило в Редакцию
4 января 1989 г.