

целесообразности должен решаться в каждом конкретном случае отдельно, в зависимости от параметров системы регистрации и точности измерения рассеянного поля.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Фаддеев Л. Д. В кн.: Современные проблемы математики. Т. 3. М.: Изд. ВИНТИ, 1974, с. 93—180. [2] Newton R. G. J. Math. Phys., 1980, 21, p. 1698. [3] Бреховских Л. М. Волны в слоистых средах. М.: Наука, 1973. [4] Гинзбург В. Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. М.: Наука, 1967. [5] Мессиа А. Квантовая механика. Т. 2. М.: Наука, 1979. [6] Функциональный анализ. Под ред. С. Г. Крейна. М.: Наука, 1964. [7] Кравцов Ю. А., Орлов Ю. И. Геометрическая оптика неоднородных сред. М.: Наука, 1980. [8] Хургин Я. И., Яковлев В. П. Финитные функции в физике и технике. М.: Наука, 1971.

Поступила в редакцию  
28.01.85

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1985, Т. 26, № 6.

УДК 537.862:621.373.7

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА НА МДП-ВАРИКАПАХ, ОБЛУЧАЕМЫХ СВЕТОМ

С. Е. Жмуров, В. Ф. Марченко

(кафедра радиопроизводства СВЧ)

Управлять параметрами МДП-структуры можно с помощью излучения, проникающего в приповерхностный слой полупроводника. Известно [1], что при воздействии излучения вид вольт-фарадной характеристики (ВФХ) структуры в области образования обедненного слоя в полупроводнике меняется: возрастает равновесное значение емкости, причем время ее релаксации уменьшается и может стать соизмеримым с периодом управляющего напряжения. Это приводит к изменению характеристик параметрического генератора на МДП-варикапах [2]. Ниже рассматривается влияние непрерывного излучения лазера ( $\lambda=0,63$  мкм), воздействующего на МДП-варикапы, на процесс параметрической генерации в контуре в диапазоне радиочастот.

Экспериментально исследовалась балансная схема параметрического генератора субгармоники с частотой  $f_0 \sim 1$  МГц, характеристики которой в отсутствие светового воз-

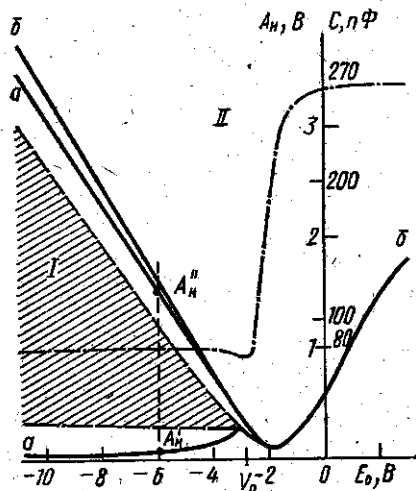


Рис. 1. Области параметрической генерации при относительной интенсивности подсветки  $I/I_0=1$ . Границы области I показаны сплошной кривой  $aa$ , области II — кривой  $bb$ . Штрих-пунктирной линией показана ВФХ без подсветки

действия исследовались ранее в [3]. В качестве нелинейных емкостей использовались планарные структуры  $Al-SiO_2-Si_3N_4-Si$  двух типов. Образцы 1 имели высокоомный эпитаксиальный слой, нанесенный на низкоомный кремний, что обеспечивало в области высоких частот ( $\geq 0,1$  МГц) стабилизированную ветвь ВФХ при больших отрицательных напряжениях смещения  $E_0$  (рис. 1). Коэффициент перекрытия по емкости составлял  $k_n = 270_{пФ} / 80_{пФ} \approx 3,4$ , добротность варикапов  $\sim 30$ . Образцы 2 были изготовлены на базе высокоомного кремния и имели в области отрицательных напряжений характерную зависимость емкости от напряжения  $V$  в виде  $\sim 1/\sqrt{a+V}$ .

Коэффициент перекрытия при уменьшении напряжения от нуля до  $-3 \div -4$  В составил  $k_n = 200_{\text{дФ}} / 20_{\text{дФ}} \approx 10$ , добротность  $\sim 10$ .

Освещение МДП-структур осуществлялось со стороны точечного электрода. Максимальная интенсивность излучения, проникающего в приповерхностную область полупроводника, составляла  $I_0 \sim 1$  мВт. При таких значениях интенсивности света наблюдалось насыщение емкости на уровне  $\sim 0,8 C_{\text{max}}$ .

При использовании образцов 1 в параметрическом генераторе основная особенность, вызванная воздействием излучения, заключается в возможности возбуждения генератора в области больших отрицательных напряжений смещения при амплитудах накачки, существенно меньших интервала  $|E_0 - V_0|$  ( $V_0$  соответствует границе горизонтального — инверсионного — участка ВФХ). Механизм модуляции емкости в этом случае обусловлен нестационарными процессами в полупроводнике: изменение емкости происходит по некоторой кривой, занимающей промежуточное положение между равновесной и импульсной характеристиками. Положение нестационарной  $C(V)$ -кривой

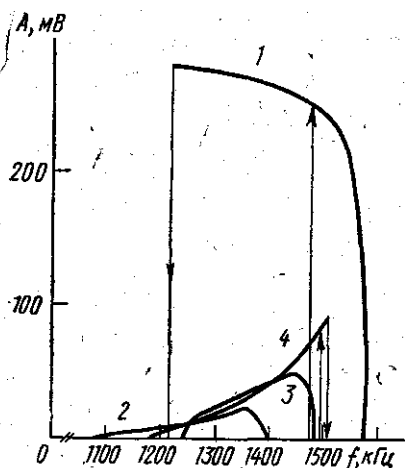


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики генератора с образцами 1 ( $I/I_0 = 1$ ):  $A_n = 2,7$  (1), 0,2 (2), 0,5 (3) и 1,5 В (4)

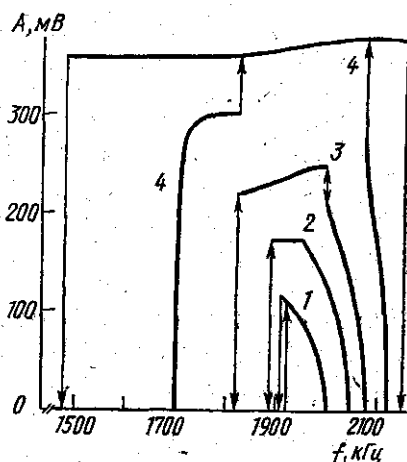


Рис. 3. Амплитудно-частотные характеристики генератора с образцами 2 ( $I/I_0 = 0,5$ ):  $A_n = 0,7$  (1), 1,0 (2), 1,5 (3) и 2,1 В (4)

определяется соотношением процессов генерации и рекомбинации носителей и зависит от амплитуды переменного сигнала (при увеличении амплитуды динамическая ВФХ приближается к импульсной, не испытывающей влияния освещения характеристике). Поскольку с ростом амплитуды накачки  $A_n$  средняя емкость структуры уменьшается, амплитудно-частотные характеристики генератора имеют наклон в сторону высоких частот (рис. 2). При дальнейшем увеличении амплитуды накачки коэффициент модуляции уменьшается, так как изменение емкости лимитируется толщиной эпитаксиального слоя. Для исследуемых образцов в этой области значений  $A_n$  происходит срыв генерации, в результате область субгармонических колебаний, обусловленных неравновесными свойствами МДП-структуры, оказывается ограниченной. Границы этой области (область I на рис. 1), например, для  $E_0 = -6$  В определяются условием  $A_n' \leq A_n \leq A_n''$ . При  $A_n > |E_0 - V_0|$  эффективность модуляции емкости возрастает за счет использования области обогащения  $C(V)$ -характеристики — участка резкого изменения емкости на рис. 1. Здесь возбуждается параметрическая генерация, описанная в [3]. В этом интервале значений  $A_n$  (область II на рис. 1) амплитудно-частотные характеристики наклонены в сторону низких частот. Как правило, здесь имеет место жесткий режим возбуждения из-за наличия нелинейной расстройки.

Другая особенность при интенсивном освещении варикапов связана с тем, что время релаксации инверсионной ветви  $\tau_0$  становится соизмеримым с периодом субгармоники  $T_0$ :  $\tau_0 \approx (5 \div 10) T_0$ . Вследствие этого параметрические колебания в области I приобретает автомодуляционный характер. Экспериментально наблюдаемая область таких колебаний заштрихована на рис. 1.

Иная картина наблюдается при использовании образцов 2. Влияние подсветки приводит к уменьшению пороговых значений амплитуд накачки. Однако из-за отсутствия стабилизации емкости в области инверсии срыв генерации в этом случае не происходит. Амплитудно-частотные характеристики при больших  $A_n$  носят сложный

характер. Происходит стабилизация амплитуды субгармоники (кривые 2—4 на рис. 3), причем резонансная частота параметрического генератора меняется слабо. В случае умеренных амплитуд накачки генератор возбуждается в мягком режиме без автомодуляции колебаний, его характеристики мало отличаются от обычных. При больших амплитудах возможны две области скачков амплитудно-частотной характеристики.

Полученные экспериментальные характеристики позволяют выбрать оптимальные режимы работы параметрического сверхрегенератора, используемого в качестве цифрового измерителя малых интенсивностей светового излучения [2].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Зуев В. А., Савченко А. В., Толпыго Н. Б. Неравновесные приповерхностные процессы в полупроводниках. М.: Сов. радио, 1977. [2] Жмуров С. Е., Марченко В. Ф. Тезисы докл. V Всесоюз. науч.-техн. конф. «Фотометрия и ее метрологическое обеспечение». М., 1984, с. 167. [3] Винярский В. Ф., Марченко В. Ф. Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон., 1981, 22, № 6, с. 32.

Поступила в редакцию  
08.10.84

После переработки —  
03.06.85

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1985, Т. 26, № 6

УДК 533.3.287

## УМЕНЬШЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕЛКОМАСШТАБНОЙ САМОФОКУСИРОВКИ В АКТИВНОЙ КУСОЧНО-НЕПРЕРЫВНОЙ СРЕДЕ

С. М. Бабяченко

(кафедра общей физики и волновых процессов)

Основным механизмом потерь энергии мощного когерентного светового пучка, возникающих при его прохождении в нелинейной среде, является рассеяние излучения вследствие мелкомасштабной самофокусировки (ММС) на большие углы ( $>10^{-3}$  рад). В усилителях оптического излучения на неодимовом стекле активная среда разбивается на отдельные участки (секции), разделенные пространственными фильтрами. Фильтры удаляют из основного пучка ореол рассеянного вследствие ММС излучения и подавляют мелкомасштабные выбросы на входе очередного участка. При этом повышается порог ММС, но не устраняется полностью ее влияние [1]. Рост плотности мощности излучения обуславливает эффективное развитие пространственных неоднородностей светового поля в отдельном усилительном модуле, несмотря на низкий уровень шумов на входе. Это приводит к необходимости пространственной фильтрации излучения внутри усилительной секции. Увеличение числа фильтров в реальных установках ограничено как техническими сложностями (дополнительные aberrации, юстировка и т. д.), так и условием компенсации энергии пучка, задержанной пространственным фильтром, за счет роста усиления. В связи с этим представляет интерес исследование возможности уменьшения влияния ММС в отдельном усилительном модуле без использования дополнительных корректирующих элементов. В работе [2] рассмотрено развитие детерминированной локальной неоднородности светового поля в усилительной секции, состоящей из дисковых элементов, разделенных воздушными промежутками. Показана возможность уменьшения рассеяния энергии излучения вследствие ММС при использовании промежутков различной длины.

Стохастический характер возникновения и развития неоднородностей светового поля приводит к необходимости статистического анализа данной задачи. Проведем оптимизацию компоновки элементов активной среды по статистическим характеристикам частично-когерентного излучения. Будем считать, что общая протяженность усилительной секции и протяженность нелинейной среды в ней заданы. Пространственный фильтр на входе обеспечивает низкий уровень шумов. Оптическая длина секции такова, что дифракционное расплывание пучка и его самофокусировка как целого несущественны [3]. При указанных условиях на уровень флуктуаций и длину усилителя возможно использовать приближение возмущений на фоне плоской волны [4]. Частично-когерентное излучение представляется в этом случае в виде суперпозиции когерентной волны  $E_0$  и случайного поля малых флуктуаций  $\xi(r, z)$  [5]: