

## ОПТИКО-МИКРОВОЛНОВЫЙ МОДУЛЯТОР

*В.И.Гвоздев, П.В.Моденов, С.И.Подковырин*

В микроволновой электронике перспективно использование фотоэлектронных модуляторов электромагнитных сигналов [1]. Принцип их действия основан на эффекте теплового или радиационного затухания направляемых электромагнитных волн микроволнового диапазона в тонком слое фотоиндуцированной плазмы полупроводника [2]. В качестве полупроводника используются традиционно наиболее распространенные в микроэлектронике материалы: кремний и арсенид галлия. Принципиальным недостатком таких модуляторов является малая глубина модуляции при ограниченной мощности управляющего источника света. Она может быть повышена только увеличением времени жизни фотоиндуцированных носителей, что кроме чисто технологических трудностей ограничено требованием к быстродействию модуляторов.

Глубину модуляции можно увеличить за счет введения обратной связи микроволнового сигнала — сигнал должен рециркулировать и многократно проходить область с фотоиндуцированной полупроводниковой плазмой. Так может усиливаться модулирующий эффект. При рециркуляции важны фазовые соотношения; следовательно, увеличение глубины модуляции ведет к сужению полосы рабочих частот.

Нами был проведен эксперимент в миллиметровом диапазоне длин волн. Конструкция модулятора состояла из прямоугольного диэлектрического волновода (ДВ) с поперечным сечением  $2 \times 4$  мм, выполненного из поликора ( $Al_2O_3$ ), и дискового диэлектрического резонатора (ДДР) диаметром 20 мм и толщиной 1.6 мм, выполненного из высокоомного кремния, расположенных на металлическом основании (рис. 1). Распределенная связь между ДВ и ДДР могла регулироваться. В ДДР возбуждались колебания бегущих волн типа “шепчущей галереи”, реализующие требуемую рециркуляцию микроволнового сигнала. Вход и выход модулятора — концы ДВ. Источником управляющего света являлась лампа накаливания, освещенность верхнего основания ДДР составляла порядка 300 лк.

Модулятор исследовался в бинарном режиме: ДДР не освещается; ДДР освещается указанным световым потоком. На рис. 2 представлены экспериментальные частотные зависимости коэффициента передачи модулятора. Для случая

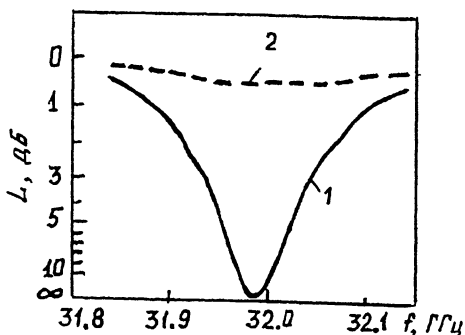


Рис. 1.

отсутствия света (кривая 1) распределенная связь ДДР с ДВ была установлена критической. При этом глубина подавления сигнала на резонансной частоте составляла 35 дБ, а полоса частот с глубиной подавления более 20 дБ — 10 МГц. При включении света (кривая 2) добротность ДДР резко падает за счет затухания волны “шепчущей галереи” в слое с фотоиндуцированной плазмой, распределенная связь становится докритической и ДДР перестает отбирать энергию из ДВ, потери энергии практически исчезают. Экспериментально они составляли 0.5 дБ при сравнительно слабом уровне потока мощности управляющего света.

Потери модулятора в децибелах при освещении ДДР определяются соотношением

$$L = 10 \cdot \lg \frac{Q_T + Q_0}{Q_T - Q_0},$$

где  $Q_T$  — собственная темновая добротность ДДР;  $Q_0$  — добротность ДДР при освещении.

Результаты представленного эксперимента показали наличие эффекта сверхглубокой модуляции микроволновых

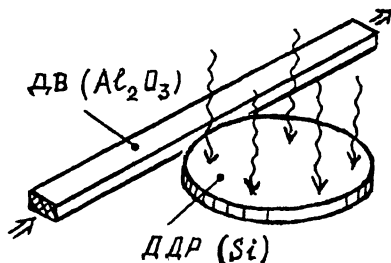


Рис. 2.

сигналов с помощью фотоиндуцированной плазмы полупроводника при ограниченной мощности управляющего источника света за счет организации рециркуляции сигнала. Принцип организации обратной связи по микроволновому сигналу может послужить основой для создания различных фотоэлектронных модулирующих устройств микроволновой электроники. Конструктивно рециркуляция может быть осуществлена различными способами, отличными от описанного выше. Приобретение узкополосности взамен большей глубины модуляции для многих технических применений может быть вполне приемлемо.

### Список литературы

- [1] Вендик И.Б., Геворкян С.И., Хиже Г.С. // Зарубежная радиоэлектроника. 1987. № 9. С. 10.
- [2] Kazuchiko Ogusu, Kiyo Tanaka // Trans. IECSEJ. 1984. V. 167-B. P. 416.

Московский  
государственный институт  
электроники и математики

Поступило в Редакцию  
24 октября 1994 г.  
В окончательной редакции  
15 марта 1995 г.

---