

## **Электрически управляемый аттенюатор двухмиллиметрового диапазона длин волн**

*Представлены результаты разработки электрически управляемого аттенюатора в двухмиллиметровом диапазоне длин волн. Аттенюатор характеризуется следующими основными параметрами: полоса пропускания по уровню минус 1 дБ не менее 10%, потери на центральной частоте не более 2.5 дБ,*

**Ключевые слова:** электрически управляемый аттенюатор, р-і-п диод

Электрически управляемые диодные аттенюаторы обеспечивают управление уровнем проходящего сигнала плавно или ступенчато в различных радиотехнических устройствах, например, в схеме автоматической регулировки уровня мощности. Могут использоваться как в составе приборов, так и самостоятельно. Характеризуются высокой надежностью, могут применяться в жестких условиях эксплуатации.

Исходными данными для проектирования и разработки электрически управляемых аттенюаторов служат комплексы требований, предъявляемых к ним по параметрам и характеристикам, которые, в свою очередь, определяются их назначением, режимами и условиями их применения в конкретной РЭА.

Разработанный электрически управляемый аттенюатор имеет следующие основные параметры

Рабочий диапазон, мм	2
Полоса пропускания, %	10
Ослабление, дБ	20
Потери пропускания, дБ	1,5
Ток управления, мА	20
Габаритные размеры, мм	18×18×5

Внешний вид аттенюатора показан на рисунке 1.



Рисунок 1

Как известно, принцип действия электрически управляемых аттенуаторов основан на свойствах  $p-i-n$  диодов, представляющих собой на высоких частотах квазиактивные переменные импедансы, регулируемые в широких пределах протекающим через диоды управляющим током. Изменение импеданса диодов, включенных в высокочастотный тракт, приводит к изменению вносимого ими ослабления. В разработанном аттенуаторе использован диод распределенного типа, выполненный в виде  $p-i-p-i-n$  структуры. Диод частично заполняет сечение отрезка линии передачи СВЧ. В обесточенном состоянии величина потерь в устройстве определяется в основном постоянной затухания в полупроводниковой структуре, величина которой определяется поглощением СВЧ-энергии свободными носителями  $\alpha_0$ , диэлектрическими потерями в полупроводнике при отсутствии носителей  $\alpha_\varepsilon$  и контактными потерями  $\alpha_k$ . Сумма первых составляющих постоянной затухания ( $\alpha_0 + \alpha_\varepsilon$ ) для высокоомного кремния с проводимостью  $G_i = 10^4 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$  составляет  $0,3 \dots 0,4$  дБ/см в мм-диапазоне. Основной вклад в величину постоянной затухания вносят контактные потери, которые увеличиваются с уменьшением длины волны. Для  $p-i-n$  структуры высотой  $0,4$  мм и толщиной легированных слоев порядка  $0,7$  мкм, имеющих проводимость  $G_k = 10^3 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ , погонные контактные потери  $\alpha_k$  составляют  $1$  дБ/см на длине волны  $8$  мм и  $8$  дБ/см на длине волны  $2$  мм. Для дальнейшего уменьшения  $\alpha_k$  в коротковолновой части мм-диапазона необходимо уменьшать толщину легированных слоев и увеличивать их проводимость до значений  $G_k = 10^4 \dots 10^5 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ .

Зависимость уровня ослабления СВЧ-мощности от величины тока управления показана на рисунке 2.

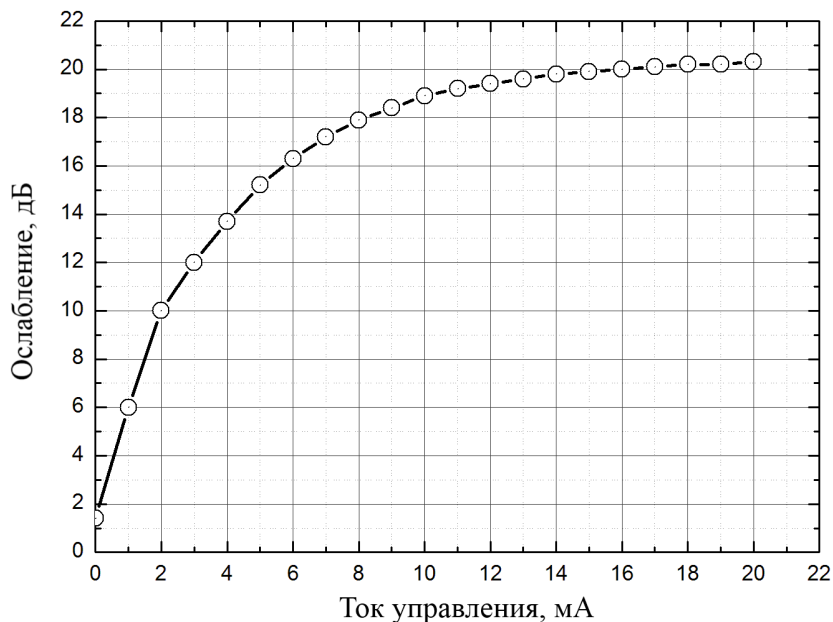


Рисунок 2.

Измерения проводились с использованием векторного анализатора цепей Rohde & Schwarz ZVA-24 и подключенным к нему частотным преобразователям ZVA-220. Результат измерения S21 параметра аттенюатора при разном токе управления отображен на рисунке 3, линии пронумерованы: №1 – 0мА; №2 – 5мА; №3 – 10мА; №4 – 20мА.

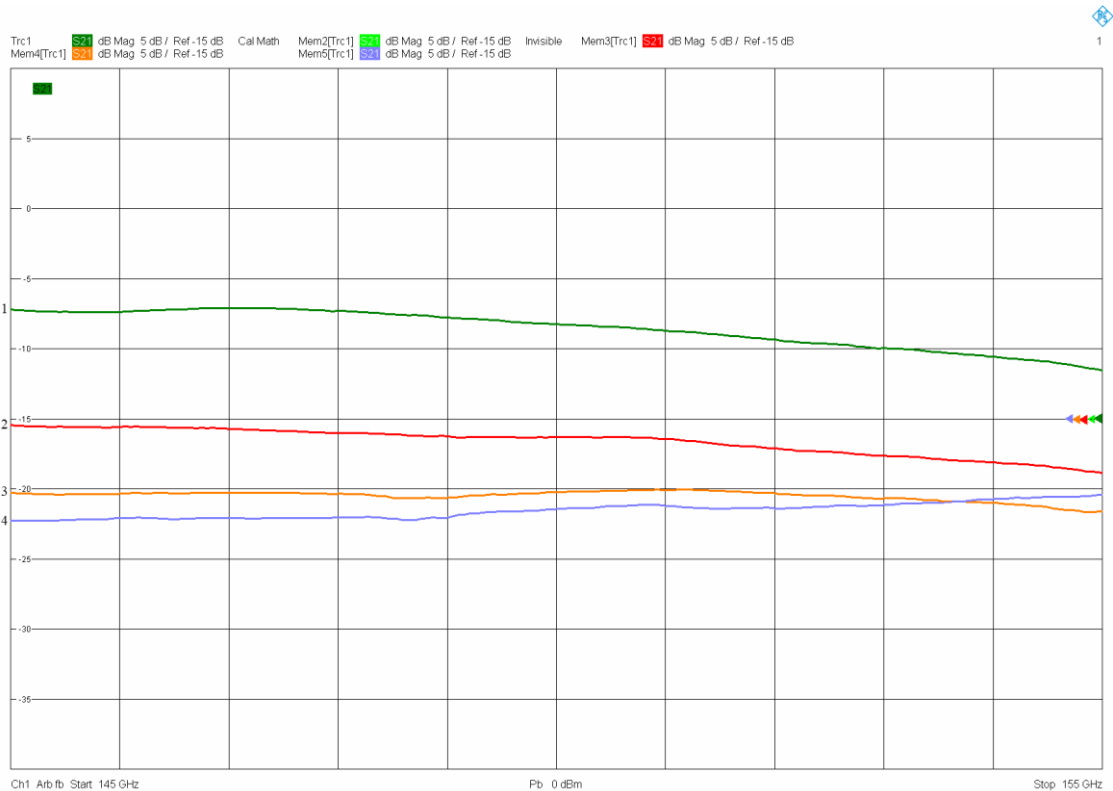


Рисунок 3

Из рисунка 3 видно, что ослабление в 20 дБ достигается при подаче тока управления 10 мА, при повышении тока до 20 мА происходит увеличение ослабления на 2 дБ в начале диапазона рабочих частот, но уменьшается в конце. Дальнейшее повышение тока управления возможно, но уровень ослабления не превышает значения 22 дБ.

#### Библиографический список

1. Техника и полупроводниковая электроника СВЧ: Учебное пособие [Электронное издание] О. О. Дробахин, С. В. Плаксин, В. Д. Рябчий, Д. Ю. Салтыков. – Севастополь: Вебер, 2013. – 322 с.
2. Устройства для управления амплитудой и фазой СВЧ-сигналов в миллиметровом диапазоне длин волн / Н.Ф. Карушкин, В.И. Симончук, В.В. Малышко, В.А. Ореховский // Техника и приборы СВЧ. . – №1. – С.34–41.
3. Вайсблат А. В. Коммутационные устройства СВЧ на полупроводниковых диодах. –М.: Радио и связь, 1987. – 120 с.: ил. – (Массовая библиотека инженера «Электроника»).
- 4.