

**Анисимов И.А.<sup>1,2</sup>, Мякинков В.Ю.<sup>1</sup>, Рудый Ю.Б.<sup>1</sup>,  
Ковтунов Д.А.<sup>1</sup>, Горлова Е.В.<sup>1</sup>, Басманова Р.М.<sup>1</sup>, Васин Е.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>АО «НПП «Исток» имени Шокина

<sup>2</sup>МГТУ МИРЭА

## **Передающий модуль 2-мм диапазона длин волн**

*Представлены результаты выбора конструкции ЛПД и экспериментальных исследований передающего модуля 2-мм диапазона длин волн.*

**Ключевые слова:** Передающий модуль, генератор, ЛПД, волновод.

Расширение сфер применения источников сигналов и усилителей коротковолновой части мм-диапазона в медицине, системах безопасности и средствах телекоммуникации требует создания малогабаритных высококогерентных генераторов, работающих в данном диапазоне частот. Используемые до настоящего времени источники излучения коротковолновой части мм-диапазона на основе ламп обратной волны лишь отчасти удовлетворяют этим требованиям, поскольку требуют применения высоковольтных источников питания и высокоэффективных магнитных систем, что делает аппаратуру на их основе громоздкой и низкоэффективной с точки зрения обеспечения КПД и выходной мощности[1,2].

В СВЧ электронике проблема сверхтонких эпитаксиальных структур является принципиальной. Для изготовления кремниевых однодрейфовых и двухдрейфовых ЛПД, работающих в диапазоне длин волн до 200ГГц, необходимы структуры с толщиной активных n- и p- областей 0,2мкм и менее[3]. При изготовлении профиля легирования сверхтонкой эпитаксиальной кремниевой структуры типа  $p^+rpn^+$  применялся низкотемпературный процесс газофазной эпитаксии кремния при пониженном давлении в реакторе в диапазоне от десятков до сотен мм ртутного столба.

В процессе работы была оптимизирована конструкция ЛПД.

Измерения ЛПД проводились в СВЧ-камере волноводного типа сечением 1,6x0,8. ЛПД установлен посередине широкой стенки волновода. Питание к диоду подается с помощью специального фильтра, изолированного от корпуса вкладышем, без радиального резонатора. Фильтр позволяет согласовать низкий импеданс диода с высоким импедансом волновода. Частотную перестройку прибора обеспечивает подвижный коротко замыкающий поршень[4].

Схема стенда для измерения выходной мощности и частоты передающего модуля изображена на рисунке 1.

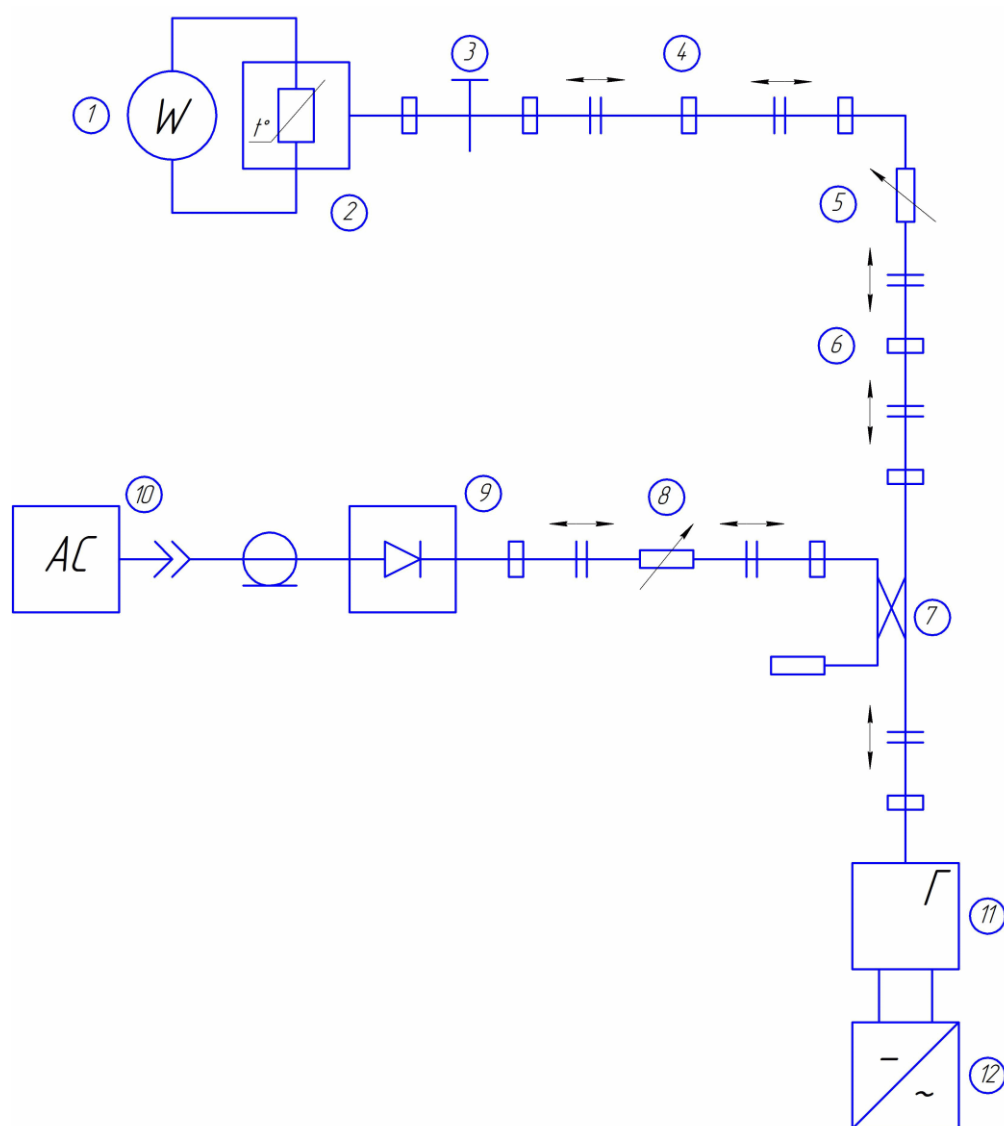


Рисунок 1. Схема стенда для измерения выходной мощности и частоты передающего модуля, где: 1 – калориметрический измеритель мощности, 2 – калориметр, 3 – переход, 4, 6 – волновод, 5 – аттенюатор поляризационный, 7 – ответвитель направленный, 8 – аттенюатор поляризационный, 9 – смеситель, 10 – анализатор спектра N9030A с опцией внешнего смесителя, 11 – испытуемый модуль, 12 – источник питания.

Конструкция модуля блочная, герметичная и в базовом варианте включает в себя генератор СВЧ и ферритовый вентиль. Спектр выходного сигнала образца передающего модуля продемонстрирован на рисунке 2.

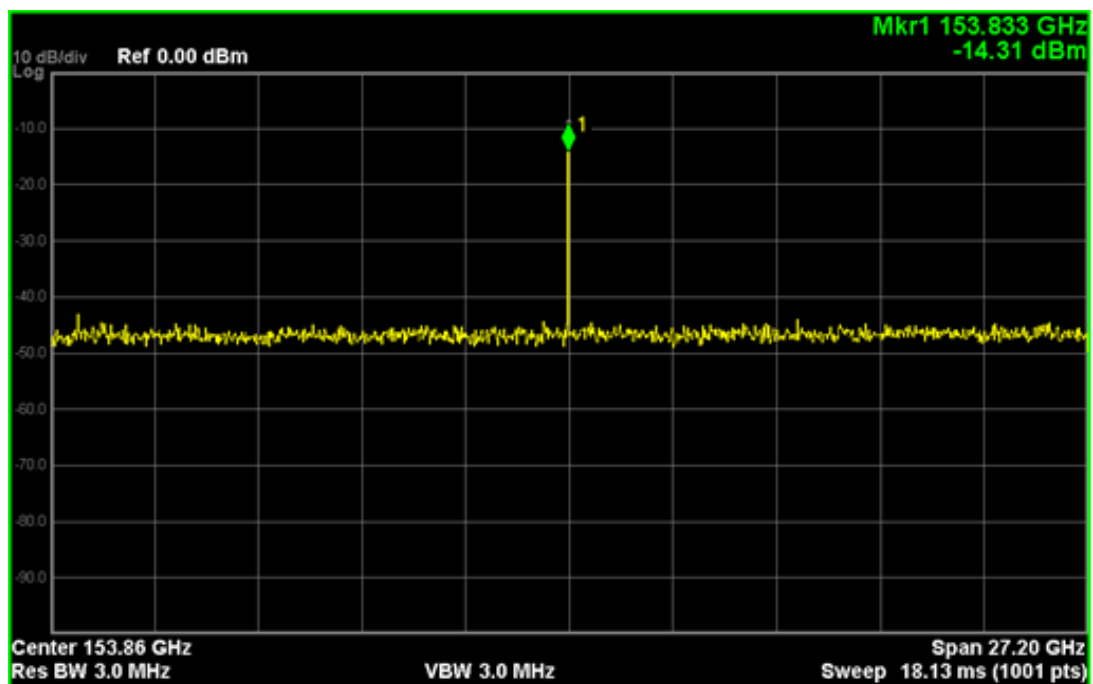


Рисунок 2. Спектр выходного сигнала образца передающего модуля

Как видно из рисунка, частота генерации составляет 153,8ГГц, мощность, замеренная с помощью болометрического измерителя мощности порядка 10 мВт.

Зависимость выходной мощности от частоты генерации отображена на рисунке 3.

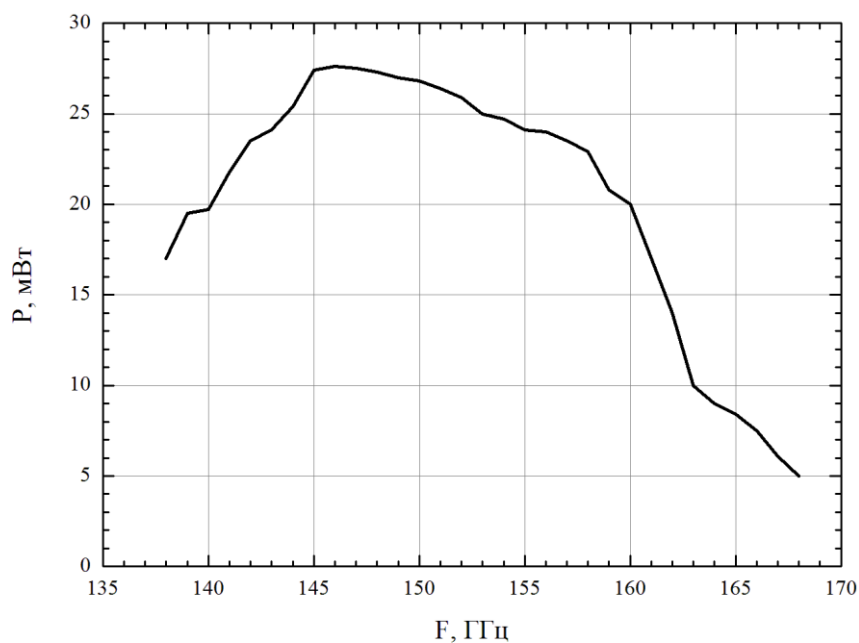


Рисунок 3. Зависимость выходной мощности модуля от частоты генерации.

### Выводы

По результатам экспериментальных исследований ЛПД оптимизированной конструкции получено:

Выходная мощность в диапазоне 138 – 145 ГГц увеличивается с 17 до 27 мВт, в диапазоне 145 – 150 держится на уровне 27 мВт, в диапазоне 150 – 160 ГГц уменьшается с 27 до 20 мВт, в диапазоне 160 – 170 ГГц снижается до 5 мВт. Если необходимо работать на участке близком к 170 ГГц, то необходимо провести дальнейшие исследования по оптимизации эпитаксиальной кремниевой структуры для повышения уровня выходной мощности.

### Библиографический список

1. Тагер А. С. Лавинно-пролетный диод и его применение в технике СВЧ. // УФН. – 1966. – Т.90. –Вып. 6. – С. 631-666;
2. Карушкин Н.Ф., Мальцев С.Б., Можар М.К., Рукин В.П., Хитровский В.А. Твердотельные приемопередающие модули для современной радиолокационной техники миллиметрового диапазона". XV Международная научно-техническая конференция "Радиолокация, навигация, связь" (RLNC\*2009). Воронеж, Россия.-2009.-Том 1. – С. 2011 – 2015;
3. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 488 с;
4. Дробахин О.О., Плаксин С.В., Рябчий В.Д., Салтыков Д.Ю. Техника и полупроводниковая электроника СВЧ: Учебное пособие [Электронное издание]. – Севастополь: Вебер, 2013.– 322 с.