

## Температурная нестабильность параметров СВЧ сигнала в GaN СВЧ транзисторах

Глыбин А. А., Колковский Ю. В., Филатов А. Л.

Исследована зависимость выходной мощности и фазы коэффициента усиления СВЧ транзисторов на GaAs и GaN от температуры. Показано, что для транзисторов типа AlGaIn/GaN/SiC перегрев кристалла при длительности импульса 200 мкс составляет менее 150 °С. При этом амплитуда импульса уменьшается не более чем на 20 %, а фаза коэффициента усиления по напряжению изменяется незначительно, что обеспечивает уменьшение отношения основного и бокового лепестков свёртки фазово-модулированного сигнала менее чем на 0,5 дБ.

В современных радиоэлектронных системах широко используются фазово-модулированные (ФМ) сигналы, поэтому важнейшей задачей при реализации твердотельных СВЧ передатчиков является минимизация температурной нестабильности фазы из-за разогрева рабочей области СВЧ транзистора за время длительности СВЧ импульса [1,2].

Расчёт зависимости температуры рабочей области СВЧ транзистора от длительности импульса  $\tau$  для различных подложек показывает, что применение теплопроводящих подложек из карбида кремния в GaN СВЧ транзисторах позволяет обеспечить уровень перегрева активной структуры за длительность импульса  $\tau = 200$  мкс  $\Delta T \leq 130$  °С, что примерно на 60 % меньше, чем в GaN СВЧ транзисторах, созданных на кремниевых подложках [3].

Перегрев рабочей области СВЧ транзистора, изготовленного на подложке из кремния, при  $\tau = 200$  мкс и при скважности 2 составляет  $\Delta T \approx 240$  °С, что приводит к значительному падению выходной мощности  $P_{\text{вых}}$  и изменению фазы  $\Delta\varphi$  коэффициента усиления  $K_p$  (рис. 1).

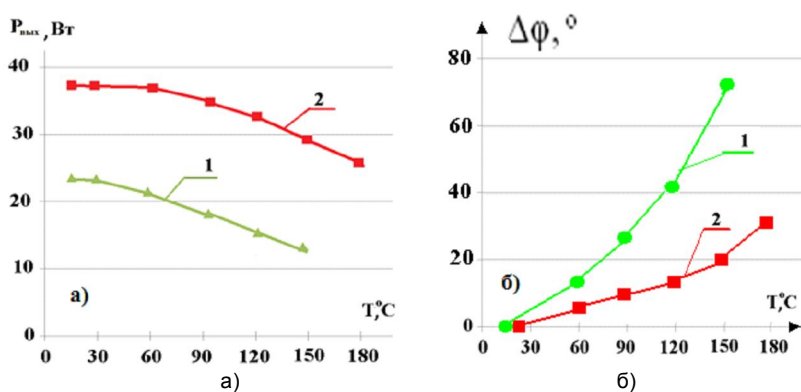


Рис. 1

Зависимость параметров СВЧ сигнала транзисторных усилителей от температуры корпуса: а) выходная мощность  $P_{\text{вых}}$ ; б) уход фазы коэффициента передачи  $\Delta\varphi$ ; 1 – GaAs FLM0910-25; 2 – GaN (4 кристалла ЗПШ987В)

время импульса остаётся постоянным. При этом спад вершины импульса обусловлен в основном снижением крутизны транзистора при малом изменении реактивных составляющих импеданса.

Форма огибающей СВЧ импульса (кривая 2 рис. 2) и зависимость  $K_p(T)$  (рис. 1) позволяют оценить величину разогрева активной области СВЧ транзистора  $\Delta T$  за

Оптимизация отвода тепла при применении в GaN СВЧ транзисторе теплопроводящей подложки из карбида кремния позволяет обеспечить неравномерность вершины СВЧ импульса менее 20 % от амплитуды (рис. 2).

Изменение формы огибающей СВЧ импульса (рис. 2) определяется только разогревом активной области СВЧ транзистора, поскольку напряжение на стоке во

длительность импульса  $\tau = 200$  мкс, которая составляет  $\Delta T = 150$  °С. Полученное значение практически совпадает с расчётным значением [3].

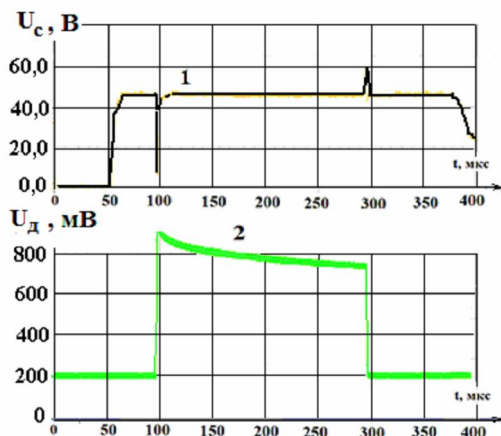


Рис. 2

Изменение напряжения на стоке СВЧ транзистора при подаче импульса питания стока (1) и форма огибающей СВЧ импульса, обусловленная изменением температуры рабочей области СВЧ транзистора за время длительности импульса (2)

длительность импульса  $\tau = 200$  мкс и неравномерность вершины СВЧ импульса менее 20 % от амплитуды импульса. Это определяет незначительное уменьшение отношения основного и бокового лепестков свёртки ЛЧМ сигнала менее чем на 0,5 дБ, что близко к погрешности измерения. Данный результат обеспечивается удержанием уровня перегрева активной структуры  $\Delta T \leq 150$  °С, что на 60 % меньше, чем уровень перегрева в GaAs СВЧ транзисторах.

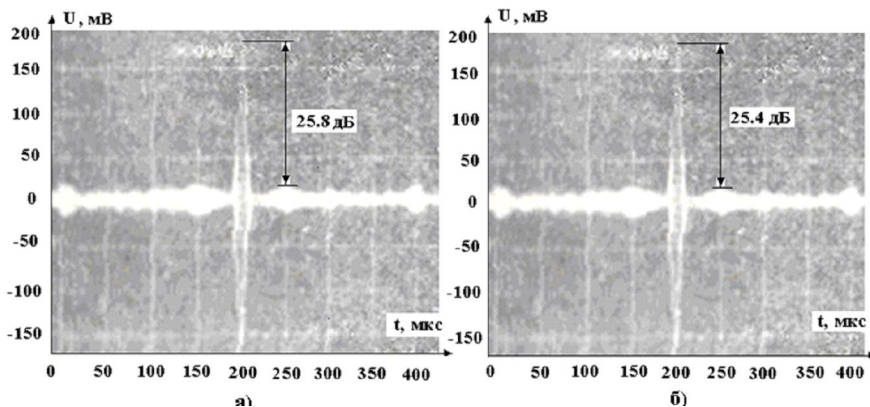


Рис. 3

Отношение основного и бокового лепестков свёртки ЛЧМ сигнала: а) свёртка сигнала, поступающего на вход ВУМ; б) свёртка сигнала с выхода ВУМ

## Литература

1. Васильев А. Г., Колковский Ю. В., Концевой Ю. А. СВЧ приборы и устройства на широкозонных полупроводниках // М.: Техносфера. – 2011. – 416 с.
2. Глыбин А. А., Колковский Ю. В., Миннебаев В. М., Иванов К. А., Мещерякова К. С. Твердотельный нитрид-галлиевый 500-ваттный импульсный усилитель мощности X-диапазона // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. – 2011. – Вып. 1(226). – С. 83-88.
3. Глыбин А. А., Иванов К. А., Курмачев В. А., Филатов А. Л. Моделирование тепловых режимов мощных GaN СВЧ транзисторов // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. – 2012. – Вып. 1(228). – С. 86-89.
4. Аболдуев И. М., Гарбер Г. З., Зубков А. М., Иванов К. А., Колковский Ю. В., Миннебаев В. М., Редька Ал. В., Ушаков А. В. Импульсный режим работы мощных СВЧ гетеро-полевых AlGaIn/GaN транзисторов // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. – 2012. – Вып. 1(228). – С. 48-53.