

О СПОСОБАХ ОТВОДА ТЕПЛА И СНИЖЕНИИ СТОИМОСТИ GaN ИС УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ

Гуляев В. И., Вольхин А. И., Глазунов В. В.

ОАО «Октава»

Красный проспект, 220, г. Новосибирск, Россия, 630049

тел.: 383-225-88-59, e-mail: oktava2006@ngs.ru

Аннотация — Приводится анализ конструкторско-технологических путей снижения стоимости GaN ИС усилителей мощности. Приведена GaN квазимонолитная ИС, выполненная на CVD алмазе.

I. Введение

GaN транзисторы изготавливаются на подложках сапфира или карбида кремния (SiC). Но эти материалы оказываются не пригодными для массового производства GaN МИС, т.к. сапфир имеет низкую теплопроводность, а карбид кремния высокую себестоимость. Поэтому, в настоящее время, все преимущества нитрида галлия реализуются, в основном, на подложках SiC в виде транзисторов с внутренним согласованием (ВСТ). Одним из наиболее перспективных путей снижения стоимости GaN ИС может быть применение технологии обратного монтажа, описанной в [1]. Такие ИС названы квазимонолитными интегральными схемами (КМИС). В настоящем докладе приводятся результаты исследования путей создания недорогих КМИС с GaN транзисторами, выполненными на сапфире, не уступающих по эффективности отвода тепла МИС, выполненным на карбиде кремния.

II. Основная часть

Температура канала GaN транзисторов (T_j) определялась с использованием САПР ANSYS. Для анализа различных конструкций по способности отвода тепла во всех моделях был использован GaN транзистор с шириной $W_T = 100 \times 12 = 1,2$ мм. Длина единичного теплового источника равна ширине 1 штыря затвора транзистора (100 мкм). Ширина единичного теплового источника принята равной 1 мкм. Мощность, рассеиваемая 1 штырем затвора транзистора, принята равной 0,5 Вт, что при КПД = 50 % соответствует $P_{\text{вых.уд.}} = 5$ Вт/мм. Температура окружающей среды 85°C приложена к нижней части медного основания кристаллодержателя.

Результаты расчета температуры на поверхности GaN транзистора на SiC (классическая GaN МИС) в сечении по центру активной области приведены на рис. 1.

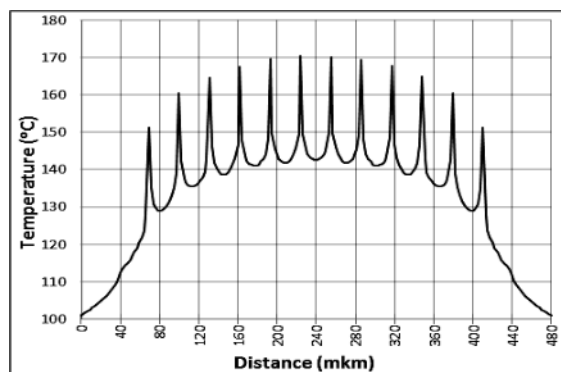


Рис. 1. GaN МИС. Структура на SiC.

Fig. 1. GaN MIC. SiC-based structure

Очевидно, что конструкция GaN на SiC способна в непрерывном режиме обеспечить температуру канала транзистора T_j , не превышающую предельного значения (170-200)°C даже при температуре кристаллодержателя 85°C. Однако из-за высокой цены SiC такая конструкция в настоящее время пригодна только для промышленного производства ВСТ. Создано много лабораторных образцов GaN МИС на SiC с отличными параметрами, однако в промышленности они пока не освоены.

GaN МИС на сапфире значительно дешевле GaN МИС на SiC, однако из-за низкой теплопроводности сапфира такие МИС могут быть только маломощными, т.к. в указанном выше режиме температура канала T_j достигает 470°C, рис. 2.

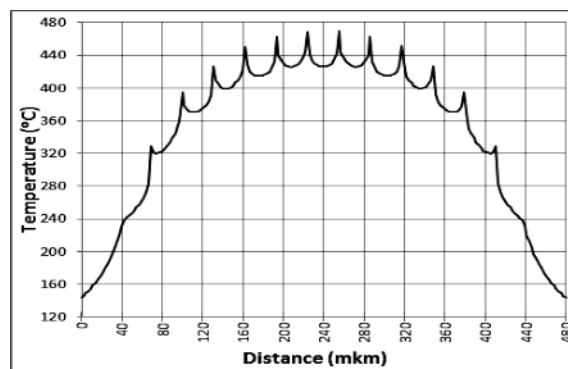


Рис. 2. GaN МИС. Структура на сапфире.

Fig. 2. GaN MIC. Sapphire-based structure

Одним из наиболее перспективных путей снижения стоимости GaN МИС может быть квазимонолитная конструкция ИС с GaN транзисторами на сапфире, выполненная на GaAs со встроенным тепловодом, рис.3. Результаты расчета температуры на поверхности GaN транзистора этой конструкции приведены на рис.4. В непрерывном режиме при $P_{\text{вых.уд.}} = 5$ Вт/мм температура T_j достигает 250°C. Конструкция обеспечивает приемлемый отвод тепла и низкую стоимость. Такие КМИС могут эффективно работать либо в импульсном режиме, либо в непрерывном при $P_{\text{вых.уд.}} \leq 3$ Вт/мм.

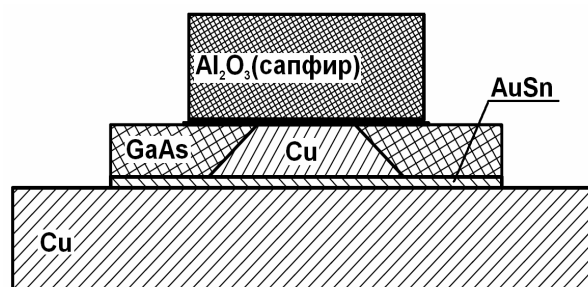


Рис. 3. Модель каскада КМИС с GaN транзистором и встроенным тепловодом.

Fig. 3. The model of QMIC stage with GaN transistor and a built-in heat sink

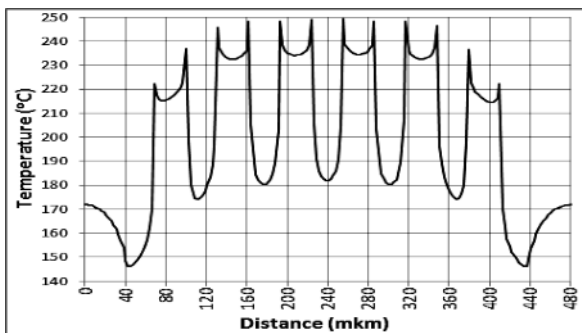


Рис. 4. КМИС с GaN ПТ на сапфире.
Подложка — GaAs со встроенным тепловодом.

Fig. 4. QMIC with GaN FET on sapphire.
Substrate is GaAs with built-in heat sink

Другим перспективным путем снижения стоимости мощных GaN МИС может быть квазимонолитная конструкция ИС с GaN транзисторами на сапфире, выполненная на CVD алмазе. Результаты расчета температуры на поверхности GaN транзистора в такой конструкции, приведены на рис. 5.

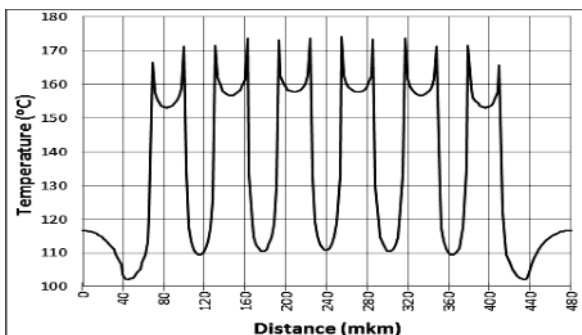


Рис. 5. КМИС с GaN на сапфире.
Подложка — CVD алмаз.

Fig. 5. QMIC with GaN FET on sapphire.
CVD-diamond substrate

По способности отвода тепла эта конструкция не уступает классической GaN МИС на SiC (рис. 1), однако цена такой КМИС значительно меньше.

Если вместо GaN транзистора на сапфире использовать GaN транзистор на SiC, то КМИС по всем электрическим параметрам и цене будет превосходить классическую GaN МИС на SiC, рис. 6.

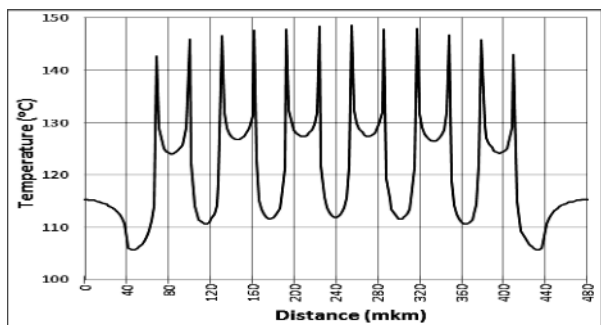


Рис. 6. КМИС с GaN на карбиде кремния.
Подложка — CVD алмаз.

Fig. 6. QMIC with GaN FET on SiC.
CVD-diamond substrate

На рис. 7 приведен макет однокаскадного усилителя на GaN КМИС, выполненный на подложке CVD

алмаза. При увеличении напряжения питания усилителя до 20 В коэффициент усиления увеличивается, рис. 8, что подтверждает высокую эффективность отвода тепла от канала транзистора.

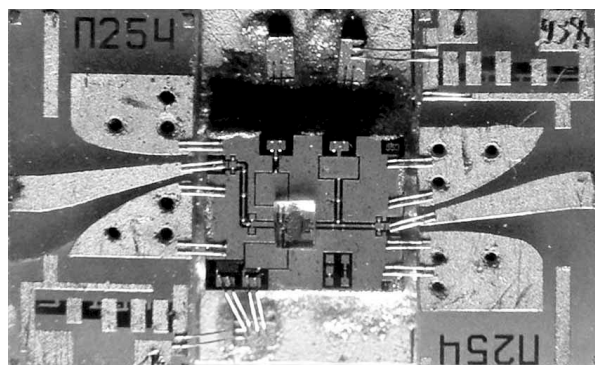


Рис. 7. КМИС однокаскадного GaN усилителя на подложке CVD алмаза.

Fig. 7. QMIC of single-stage GaN amplifier on CVD-diamond substrate

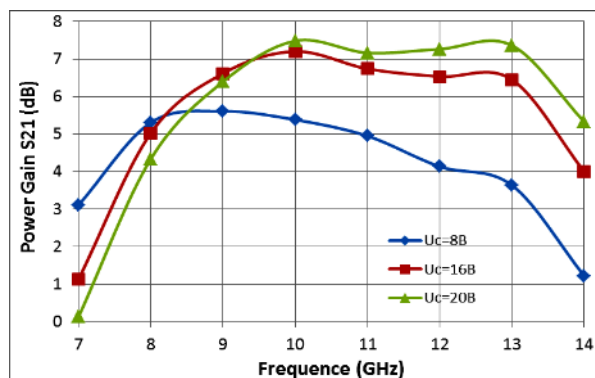


Рис. 8. Коэффициент усиления КМИС (рис. 7) при напряжении питания 8, 16, 20 В.

Fig. 8. QMIC power gain (fig. 7) at the supply voltage of 8, 16, 20 V

III. Заключение

Показано, что применение конструкции GaN КМИС, выполненной на GaAs со встроенным тепловодом или выполненной на CVD алмазе обеспечивает приемлемую стоимость и высокие электрические параметры GaN ИС усилителей мощности.

IV. Список литературы

- [1] Мякишев Ю., Гуляев В., Журавлев К. Квазимонолитные интегральные СВЧ-схемы: технология и приборы. Электроника. 2006. № 6. С. 84—86.

ON METHODS OF HEAT DISSIPATION AND GAN IC AMPLIFIER COST DECREASE

Gulyaev V. I., Volkhin A. I., Glazunov V. V.
JSC «Oktava»

220, Krasniy Ave., Novosibirsk, 630049, Russia
Ph.: 383-225-88-59, e-mail: oktava2006@ngs.ru

Abstract — The report concerns the analysis of engineering and design ways to decrease GaN MIC amplifier cost. GaN quasi-monolithic IC designed on CVD-diamond substrate is shown.