Сергей Мишуров,
инженер ЗАО «ВНИИРА-Навигатор»

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ GAN-ТРАНЗИСТОРОВ L-ДИАПАЗОНА ФИРМЫ MICROSEMI

В статье описывается работа GaN-транзистора Microsemi 0912GN-650 и приводятся экспериментальные характеристики.

На сегодня транзисторы, выполненные на основе нитрид-галлиевой технологии, становятся все более и более популярными. Такая тенденция не случайна, ведь, несмотря на сложности, с которыми приходится сталкиваться при работе с такими транзисторами, их преимущества неоспоримы.

Высокое пробивное напряжение сток-исток, а также высокая подвижность электронов, позволяет развивать нитридным транзисторам высокую удельную плотность мощности, примерно 5 Вт/мм против 1 Вт/мм для арсенид-галлиевых структур и 0,3 Вт/мм для кремниевых. Из этого преимущества вытекает следующее: согласование такого транзистора значительно проще, ведь при той же выходной мощности длина затвора у нитридного транзистора в 5 раз меньше.

Еще один немаловажный фактор – это температурные характеристики прибора. И в этом компоненте лидерство также остается за GaN. Например, для транзистора Microsemi 0912GN-650 максимальная допустимая температура перехода +250 °C, тогда как для подобного кремниевого транзистора Integra IB0912M500 +200 °C.

К сожалению, без недостатков также не обошлось. Хотя, при должной подготовке и понимании сути процессов, эти недостатки перестают быть проблемой и становятся просто характерной особенностью транзисторов, выполненных по данной технологии.

Во-первых, нитрид-галлиевые транзисторы – это приборы, работающие в обедненном режиме, следовательно, для их нормальной работы необходимо отрицательное смещение. Поэтому особенно важно помнить о правильной последовательности подачи напряжения смещения и питания на такой транзистор.

Во-вторых, через затвор транзистора, работающего в обедненном режиме, протекает незначительный ток при низких уровнях мощности, но по мере увеличения входной мощности диод Шоттки в структуре затвора работает как выпрямитель, вследствие чего ток затвора растет. В рассмотренном в обзоре транзисторе ток затвора может достигать 64 мА.

Существует несколько типовых схем подачи напряжения питания и смещения, подробно рассмотренных в [1], [2] и [3].

Наиболее часто для подачи напряжения смещения на затвор используют операционный усилитель, к выбору которого нужно подойти с осторожностью. Дело в том, что зачастую блокировочные конденсаторы в цепи затвора могут достигать нескольких сотен микрофарад, а как известно, операционные усилители, работающие на емкостную нагрузку, склонны к паразитным осцилляциям.

В ходе работы с транзистором Microsemi 0912GN-650 были рассмотрены различные варианты подачи напряжения смещения и питания.

Исходными данными являются:
- напряжение смещения –4 В,
- напряжение питания +50 В,
- ток стока покоя 100 мА,
- на вход подавалась импульсная ВЧ-мощность в пределах от 5 до 13 Вт в диапазоне частот 1025–1150 МГц.

Исследовалась работа транзистора в следующих режимах:
1. Подача постоянного напряжения смещения на затвор, а также постоянного напряжения +50 В на сток, на вход подавался импульсный ВЧ-сигнал прямоугольной формы.
2. Подача постоянного напряжения смещения на затвор и импульсного напряжения +50 В на сток, на вход подавался импульсный ВЧ-сигнал прямоугольной формы.
3. Подача импульсного напряжения смещения на затвор минус 8 В – минус 4 В и постоянного напряжения 50 В на сток.
4. Подача импульсного напряжения смещения на затвор минус 8 В – минус 4 В, а также пары гауссовских импульсов амплитудой 50 В на сток.

При всех условиях, а также на всех частотах в пределе 1025–1150 МГц не наблюдалось никаких паразитных осцилляций.

Измеренные характеристики приведены на рисунках 1–8.

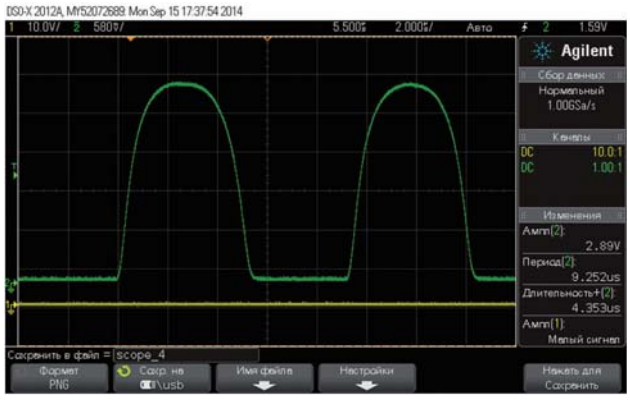

Рис. 1. Детектированный сигнал на частоте 1025 МГц

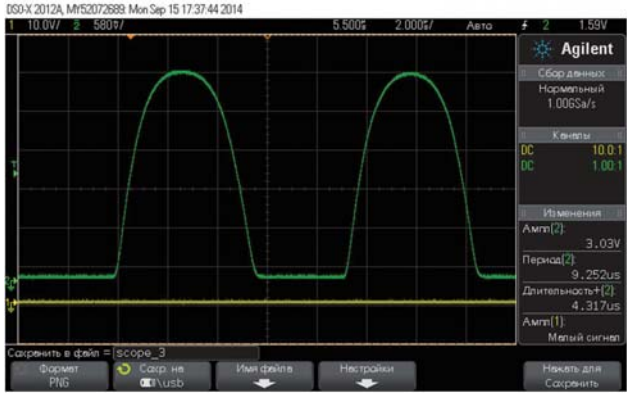

Рис. 2. Детектированный сигнал на частоте 1090 МГц

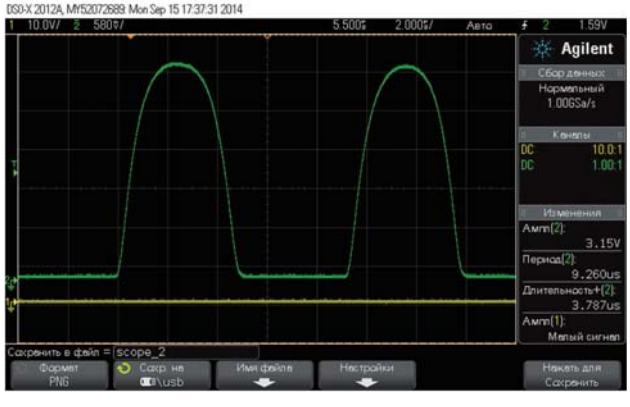

Рис. 3. Детектированный сигнал на частоте 1150 МГц

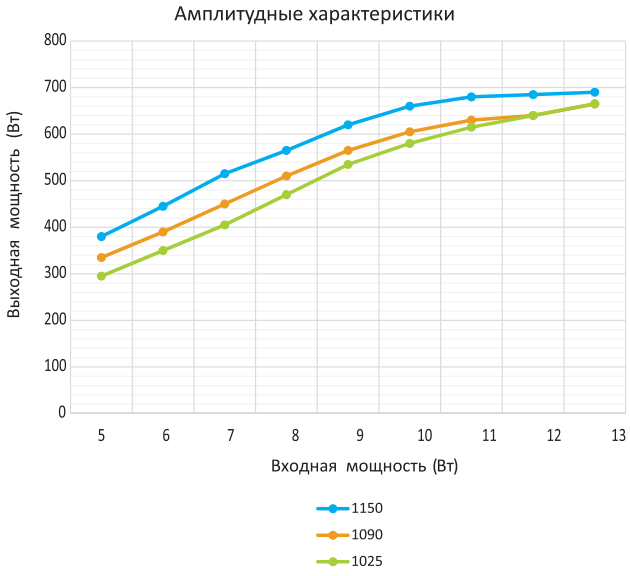

Рис. 4. Зависимость выходной мощности от входной при различных частотах

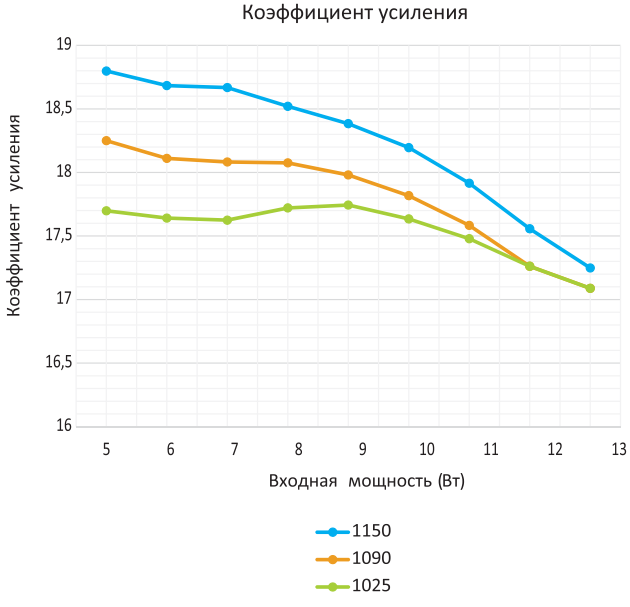

Рис. 5. Зависимость коэффициента усиления от входной мощности при различных частотах

КОММЕНТАРИЙ СПЕЦИАЛИСТА

Сергей Кузьмин,
инженер по внедрению СВЧ-продукции,
к.ф.-м.н., sergey.kuzmin@ptelectronics.ru

GaN-транзисторы используются инженерами в своих разработках сравнительно недавно. Их преимущества очевидны и многократно описаны в литературе и статьях. Но живой опыт использования всегда очень полезен.

К сожалению, у инженеров не всегда находится время для того, чтобы поделиться столь ценной информацией со своими коллегами. Хотелось бы поблагодарить Сергея за предоставленные результаты. Надеюсь, что это поможет другим разработчикам перейти на современную GaN-технологию. Напоминаю, что отладочные платы Microsemi доступны для тестирования.

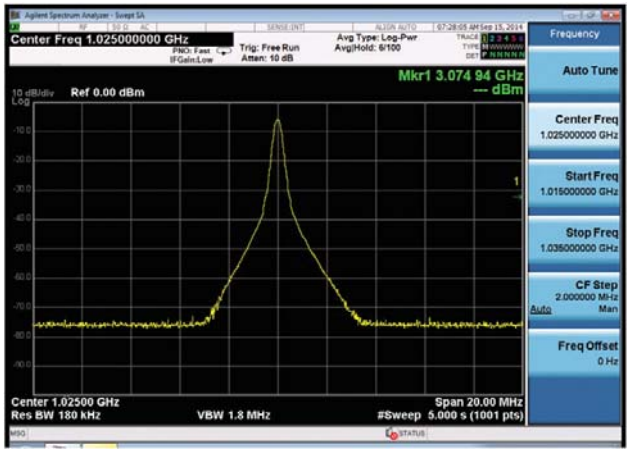

Рис. 6. Спектр сигнала. Частота 1025 МГц

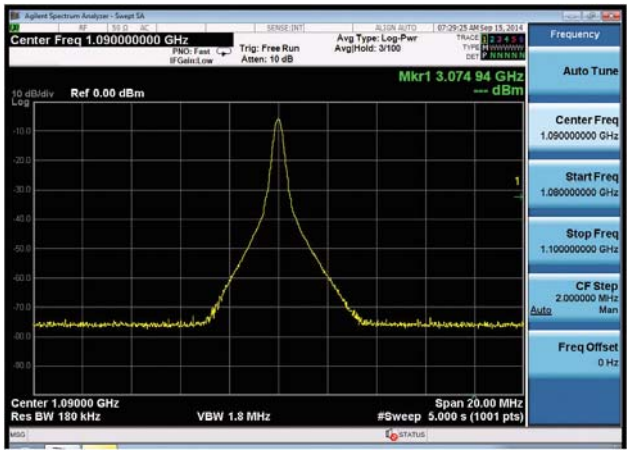

Рис. 7. Спектр сигнала. Частота 1090 МГц

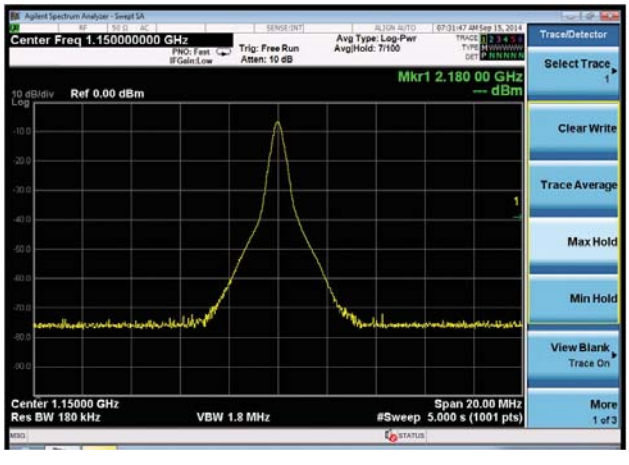

Рис. 8. Спектр сигнала. Частота 1150 МГц

Высокое пробивное напряжение сток-исток, а так же высокая подвижность электронов, позволяет развивать нитридным транзисторам высокую удельную плотность мощности, примерно 5 Вт/мм против 1 Вт/мм для арсенид-галлиевых структур и 0,3 Вт/мм для кремниевых.

Испытания показали, что транзистор устойчив во всем диапазоне частот. Кроме того, при работе на такие нагрузки, как холостой ход и короткое замыкание, транзистор остался работоспособным, при этом выходная мощность не изменилась, что свидетельствует о целостности структур внутри транзистора.

Применение данного транзистора также способствует упрощению схемы передатчика за счет сокращения числа каскадов.

На основании проведенных тестов, а также исходя из характеристик самого транзистора 0912GN-650, применение данного прибора обоснованно в бортовых системах, работающих в диапазоне частот 960–1215 МГц, в частности для ДМЕ в качестве оконечного каскада усилителя мощности. При этом нельзя не учесть, что существенно снижаются требования к системе обеспечения тепловых режимов и, как следствие, уменьшается масса и габариты передатчика.

Литература

1. Кузьмин С.В. Работа мощных GaN-транзисторов Microsemi в импульсном режиме // Вестник электроники. – 2013. – №4.

http://ptelectronics.ru/stati/rabota-moshhnyih-gan-tranzistorov-microsemi-v-impulsnom-rezhime/

2. AN-009: Bias Sequencing and Temperature Compensation for GaN HEMTs, Nitronex.
3. AN11130: Bias module for 50 V GaN demonstration boards, NXP.