

Транзисторы GaN с длиной затвора 0,5 мкм и периферией 500 мкм и 1500 мкм.

Описана конструкция и технология изготовления транзисторов GaN с длиной затвора 0,5 мкм и периферией 500 мкм и 1500 мкм. Представлены результаты измерения S-параметров и произведены сравнения с транзисторами TGF2023-01 фирмы TriQuint Semiconductor.

Транзисторы на основе нитрида галлия в силу более широкой величины запрещенной зоны обладают рядом существенных преимуществ перед транзисторами на основе арсенида галлия. К числу таких преимуществ относятся: высокая удельная мощность, электрическая прочность, радиационная стойкость и возможность работы в экстремальных температурных условиях. В то же время, технология изготовления нитрид галлиевых транзисторов более сложная, чем у арсенидгаллиевых транзисторов.

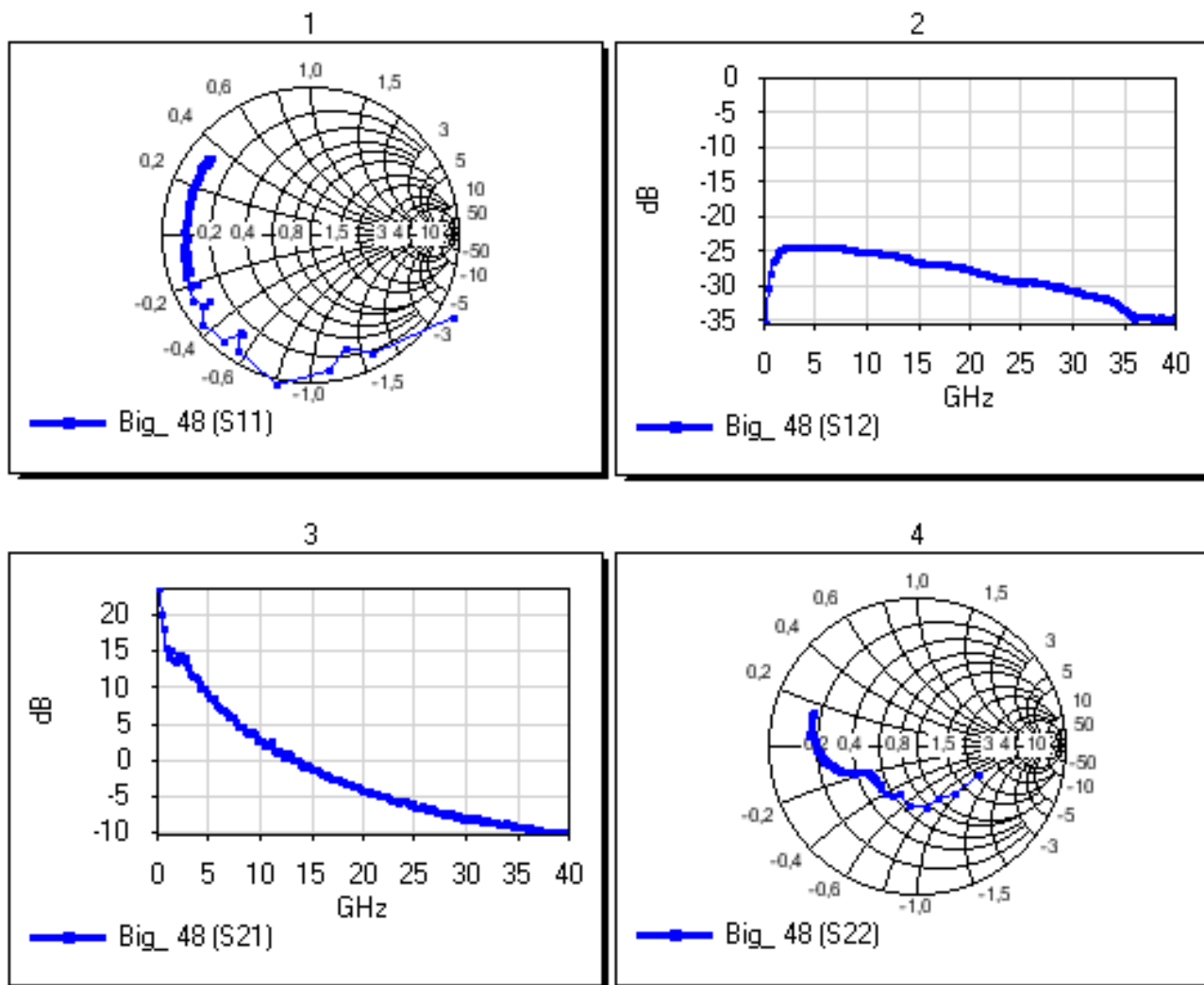
В ОАО «Светлана» технология транзисторов на основе нитрида галлия развивается с 2008 года. Весной 2012 года в рамках ФЦП «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники в 2008-2015 гг» закончена ОКР «Простор», в которой была разработана базовая технология и конструкция мощных и маломощных усилителей на основе нитрид галлиевых гетероструктур для применения в приеме-передающих модулях (ППМ) изделия АФАР С - и X-диапазонов длин волн. В ходе работы были созданы гетероэпитаксиальные структуры GaN на импортных подложках SiC фирмы CREE, разработана технология и изготовлены два типа транзисторов с шириной затвора 500 мкм и 1500 мкм.

В качестве прототипа конструкции транзисторов была использована конструкция GaN транзистора TGF2023-01 фирмы TriQuint Semiconductor, с тем отличием, что длина затвора у наших транзисторов составляет 0,5 мкм, а не 0,25 мкм. Это было сделано для того, чтобы можно было использовать в технологии контактную ФЛГ, более дешевую, чем ЭЛГ.

Маршрут изготовления транзисторов GaN с шириной затвора 500 мкм и 1500 мкм включает операции изготовления омического контакта, изоляции активной области путем создания мезаструктуры, напыления Т-образного затвора, пассивации активной области диэлектриком и гальваники контактных площадок золотом. Все операции контролируются с помощью тестовых структур, изготовленных в едином технологическом цикле.

Тщательная разработка технологических операций позволила достичь приемлемых значений сопротивлений омического контакта (менее 0,7 Ом·мм), изоляции (более 8 Мом), затворной металлизации (менее 2 Ом·мм). Выход годных достигает 40 - 60% в зависимости от качества эпитаксиальной пленки.

Измерения СВЧ параметров транзисторов GaN с шириной затвора 500 мкм и 1500 мкм производились непосредственно на пластине с помощью копланарных зондов на автоматической зондовой станции. Режим измерений по питанию соответствовал максимальной крутизне и составлял по току примерно 30% от величины максимального значения. Следует отметить высокую кучность как измеренных ВАХ, так и S-параметров транзисторов на пластине, что свидетельствует о качестве технологии их изготовления. Типичные S-параметры транзисторов GaN с шириной затвора 1500 мкм показаны на рисунках ниже. Они аналогичны S-параметрам транзистора TGF2023-01 с учетом разной длины затворов – коэффициент прямой передачи S_{21} у последних выше примерно на 2 дБ.



Образцы этих транзисторов были исследованы в НПК-4 ФГУП «НПП «Исток» с целью восстановления параметров моделей. В таблице приведены значения параметров моделей для транзисторов GaN с длиной затвора 0,5 мкм и шириной 500 мкм и 1500 мкм, восстановленные по измеренным S-параметрам транзисторов. Анализ результатов показывает, что параметры моделей адекватны измерениям.

№	G, mS	C _{gs} , pF	C _{dg} , pF	C _{ds} , pF	R _{ds} , Ω	R _i , Ω	T, pS	R _g , Ω	R _d , Ω	R _s , Ω	L _g , nH	L _d , nH	L _s , nH
W=500 мкм													
106	92.6	0.72	0.076	0.095	342	0.81	2.61	2.26	0.77	0.1	0.065	0.036	0.0029
107	89.5	0.68	0.072	0.099	342	0.79	2.53	2.14	0.81	0.1	0.063	0.035	0.0034
108	94.9	0.67	0.072	0.096	213	0.71	2.43	2.29	0.84	0.1	0.062	0.035	0.0029
109	95.9	0.68	0.075	0.096	272	0.62	2.43	2.11	0.90	0.09	0.063	0.035	0.0030
110	99.8	0.71	0.077	0.097	302	0.53	2.40	2.02	0.98	0.09	0.061	0.034	0.0031
111	97.2	0.76	0.081	0.095	326	0.60	2.60	2.06	0.98	0.09	0.060	0.034	0.0031
112	96.7	0.76	0.080	0.094	334	0.71	2.62	2.11	0.96	0.1	0.060	0.034	0.0029
113	94.5	0.71	0.082	0.094	330	0.71	2.55	2.10	0.97	0.1	0.060	0.034	0.0029
114	73.5	0.52	0.083	0.085	261	0.97	2.51	2.84	0.99	0.1	0.060	0.034	0.0034
W=1500 мкм													
223	232	1.7	0.20	0.19	124	0.30	2.50	2.54	1.04	0.01	0.070	0.062	0.0032
224	216	1.8	0.20	0.20	132	0.30	2.74	2.79	1.30	0.09	0.070	0.065	0.0025
225	247	1.9	0.21	0.21	121	0.28	2.42	2.34	1.72	0	0.069	0.060	0.0035
226	258	2.0	0.20	0.20	117	0.28	2.44	2.47	1.43	0	0.067	0.061	0.0033
227	254	2.0	0.20	0.20	120	0.28	2.43	2.42	1.47	0	0.067	0.060	0.0034
228	252	2.0	0.20	0.20	121	0.28	2.45	2.41	1.48	0	0.067	0.060	0.0034

В заключение выражаем благодарность А.С.Реброву и А.В.Крутову (ФГУП «НПП «Исток») за предоставление параметров моделей и обсуждение результатов.