

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лукашина Владимира Михайловича на тему: «Увеличение удельной выходной мощности и коэффициента усиления DpHEMT-транзисторов за счет повышения степени локализации горячих электронов в канале», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 - «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Исключительно высокие темпы развития новых принципов и конструкций полупроводниковых приборов с целью совершенствования их характеристик зачастую требуют кардинального пересмотра всего технологического цикла приборного производства, что приводит к большим затратам времени и средств для практической реализации результатов теоретических исследований.

В этих условиях особый интерес представляет разработка таких конструктивно – технологические решений, направленных на существенное улучшение параметров приборов, которые максимально совместимы с уже используемыми в производстве базовыми технологиями и конструкциями. По этой причине характер постановки задачи, делающий возможным оперативное внедрение результатов работы в серийное производство и тема диссертации В.М. Лукашина, являются, несомненно, актуальными.

В.М. Лукашин предложил решение проблемы увеличения удельной выходной мощности СВЧ DpHEMT транзисторов за счет повышения проводимости канала в условиях сильного полевого разогрева электронов методом введения в гетероструктуру локализирующих потенциальных барьеров, значительно уменьшающих концентрацию горячих электронов в широкозонных слоях, окружающих слой канала транзистора. В качестве метода формирования локализирующих потенциальных барьеров был использован метод селективного донорно – акцепторного легирования широкозонных слоев AlGaAs, позволяющий получать барьеры нужной формы и высоты. Такая технология сравнительно легко интегрируется в уже

используемые технологии эпитаксиальных структур и может быть оперативно внедрена в действующее производство.

Применение локализирующих потенциальных барьеров позволило получить на практике действительно прорывный результат в части увеличения удельной выходной СВЧ мощности: экспериментальные образцы транзисторов на основе первых вариантов гетероструктур с локализирующими барьерами показали на частоте 10 ГГц увеличение удельной выходной СВЧ мощности более чем в 1,5 раза при достаточно большой длине затвора, равной 0,5 мкм. Измерения параметров экспериментальных DpHEMT транзисторов, изготовленных на основе разработанных соискателем гетероструктур с локализирующими барьерами, показали существенное увеличение коэффициента усиления: на частоте 10 ГГц получена величина, превышающая 12 дБ при длине затвора 0,5 мкм.

Применение в гетероструктурах потенциальных барьеров, усиливающих локализацию горячих электронов в слое канала, является новым решением и имеет большую перспективу в части практического применения в серийных технологиях DpHEMT транзисторов. Фактически, соискатель для получения положительного результата использовал управляемое изменение вида зонной диаграммы гетероструктуры, проведенное с помощью формирования p-i-n структур в слоях AlGaAs, окружающих канал.

Таким образом, в рассматриваемой работе мы имеем блестящий пример целенаправленной и эффективной зонной инженерии, результаты которой убедительно подтверждены параметрами изготовленных приборов.

Экспериментальные образцы транзисторов на основе гетероструктур с локализирующими барьерами изготавливались в условиях серийного производства DpHEMT транзисторов, что доказывает возможность оперативного внедрения полученных результатов.

Направление развития DpHEMT транзисторов, предложенное В.М. Лукашиным, несомненно, заслуживает дальнейшего продолжения в части дальнейшей оптимизации гетероструктур с локализирующими потенциальными барьерами, применения разработанного подхода и к другим

полупроводниковым системам. Представляется, что в результате такой оптимизации результаты, полученные В.М. Лукашиным, могут быть существенно улучшены.

Автореферат полностью поясняет содержание проведенных автором работ, раскрывает сущность и обоснованность основных научных положений, выносимых на защиту.

Несмотря на общее благоприятное впечатление от работы, на мой взгляд, было бы большой полезно и информативно дополнить результаты по гидродинамическому моделированию гетеропереходов различных видов детальным расчетом поперечных зонных диаграмм и поперечного распределения электронов в гетероструктуре, получаемых при различных напряжениях, подаваемых на затвор транзистора на основе стандартной DpHEMT гетеросистемы AlGaAs/InGaAs/GaAs.

Тем не менее, исходя из содержания автореферата, диссертация Лукашина В.М. «Увеличение удельной выходной мощности и коэффициента усиления DpHEMT - транзисторов за счет повышения степени локализации горячих электронов в канале» является законченной научно-квалификационной работой, результаты которой можно квалифицировать как прорывное решение задачи увеличения удельной выходной мощности и коэффициента усиления СВЧ транзисторов, достигнутое на основе серьезной теоретической проработки и достоверной экспериментальной проверки предложенных решений.

Предложенное направление развития конструкции и технологии DpHEMT транзисторов обладает большим потенциалом развития и имеет важное практическое значение для развития технологии мощных СВЧ полевых транзисторов и монолитных интегральных схем на их основе.

Считаю, что диссертация «Увеличение удельной выходной мощности и коэффициента усиления DpHEMT - транзисторов за счет повышения степени локализации горячих электронов в канале» отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842

предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Лукашин Владимир Михайлович, в полной мере заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Главный научный сотрудник  
ЗАО «Элма-Малахит», к.т.н.



Ю.Н. Свешников

«12» 05 2015 г.

Подпись Юрия Николаевича Свешникова заверяю:

Генеральный директор ЗАО «Элма-Малахит»



А.А. Арендаренко

Адрес организации: 124365 Москва, Зеленоград, проспект Георгиевский,  
дом 4, стр. 2.

тел.: +7(499) 732 18-30; e-mail: [secretar@elma-malachit.ru](mailto:secretar@elma-malachit.ru)

Адрес Юрия Николаевича Свешникова: 127562, г.Москва, Алтуфьевское  
шоссе, д. 24-в, кв.505, тел.: +7-916-170-55-20,  
e-mail: [sveshnikov-elma@yandex.ru](mailto:sveshnikov-elma@yandex.ru)