University of Mosul
College of Engineering

Design, Modeling and Simulation of RF Power Amplifier Using (GaN) Device.

Omar Ibrahim Ahmed Al-Saif

Doctor of Philosophy Thesis
In
Electrical Engineering
Electronics and Communication
Solid State

Supervised By

Assistance Professor

Dr. Khalid Khaleel Mohammed

2018 A.D **1439 A.H**

ABSRACT

Gallium Nitride (GaN) material is a wide band that promise to revolutionize in the electronic future of modern devices and equipment's with high frequency and high power applications.

Although the enormous attention of these modern techniques, but as yet suffering from difficulties in the material capabilities on the one hand, and manufacturing operations on the other, which have negatively affected the manufacture of this type of device.

In this thesis, a High Electron Mobility Transistors (HEMTs) is presented and designed using device modeling. Polarization effects have been incorporated using a highly doped (AlGaN) spacer layer. This thesis examines the effect of the device structure and dimensions profile on the (AlGaN/GaN) HEMT's amplifiers performance including the unilateral current-voltage (I-V) transfer curves and capacitance voltage (C-V) characteristic curves, in addition of transconductance calculations. The presented research aims to analyze, model, and simulate two power amplifiers (GaN) as future generation and Gallium Arsenide (GaAs) as present generation.

The two models were set up with dimensions (8 x 1 micron) with (1 micron channel length) to match the physical device simulation requirements. It is found that the drain current of GaN transistors is (0.24 A) while it is (0.0024 A) for GaAs at same drain source voltage. The output power for GaN about (1.2W) while it is (0.012W) for other one, which represents (100 times) larger than that of GaAs.

In this work two models of GaN field-effect transistors (FET) based on High Electron Mobility Transistors (HEMT) technology with different length dimensions (4 μm and 8 μm) and different channel length (0.5 μm, 1μm) are presented. Two models have been studied and

investigated using Schotcky- Read- Hall (SRH) and (Fermi – Dirac) models. The results illustrating that the drain current for (4 μm) model decreased to (34.6%) when dimensions minimized (50 %),when gate voltage (-3V), while this ratio reduced to (30.2%) at gate voltage (0V), and it will increased as the gate voltage increases, which gives the best suitability for these types of devices in the radio frequency power applications. The results of AC simulations of the transconductance are attended between each pair of electrodes. Transconductance of the (GaN and GaAs) HEMT are presented and simulated. In both models, the drain - source voltage (Vds) varies between (0.0 to 15 volt) with a step (2 V).

The results have been obtained by using (Silvaco – ATLAS™ TCAD) simulation program. Silvaco-"ATLAS" simulation software is a good tools for design and deep analysis of semiconductor progress. The simulation tool used throughout the entire work for device geometry design, epitaxial layers design and investigation of dynamic physical characteristics through their processes to produce a such good effective model suitable for radio frequency applications.

In this thesis the design and simulations of a class F (RF) amplifier built on the (GaN- HEMT) model is realized using Agilent EEsof Advanced Design System (ADS) software. The designed model in (Silvaco – Atlas) software are used to update the Advanced Design System (ADS) library. Class F power amplifier are analyzed and simulated, by changing the characteristics of (GaAs transistor) to be match with (GaN – Transistor) specifications. The (GaN) designed transistor gives a better performance results than (GaAs), and these results are agreements with theoretical characteristics of (GaN) materials.

الخلاصة

إن مواد أشباه الموصلات الجديدة، مثل نتريد الكاليوم توعد بثورة في عالم مكبرات القدرة المايكرويه من خلال توفير كثافة عالية للقدرة، وطريقة تشغيل خطية ومتانة تصل إلى ترددات حزمة (Ka). وعلى الرغم من الإمكانات الهائلة لهذه التكنولوجية الحديثة، فإنها لا تزال تعاني من مشاكل مادية وانتاجيه تعيق عملية تصنيع نبائط من مواد نتريد الكاليوم ومواد (III-V) لغرض تحقيق مستويات الأداء والموثوقية المطلوبة.

في هذه الأطروحة، تم تقديم تحليل دقيق للبناء الفيزيائي والتكنولوجي عن بحوث مادة (AlGaN/GaN)لترانزستورات (HEMT) وعملية بناء نموذجي لهذا النوع. وقد أدرجت آثار الاستقطاب باستخدام عمليات التطعيم العالي لمستويات الفراغ. تم في هذه الأطروحة دراسة تأثير البناء الداخلي للنبائط وأبعادها على أداء مكبرات نوع (HEMT)، بما في ذلك منحنيات الفولتية-التيار (I-V) ومنحنيات المتسعه-الفولتية (C-V)، بالإضافة إلى حساب قيم لتوصيلية.

يهدف البحث إلى تحليل ونمذجة ومحاكاة نوعان من مكبرات القدرة (GaN) باعتباره جيل المستقبل و (GaAs) الجيل الحالي.لقد تم بناء نموذجان بابعاد (8*1 مايكرومتر)وبعرض قناة (1 مايكرومتر) لتتناسب مع متطلبات محاكاة النبيطة الفعلية، وكانت نتائج حساب تيار المصرف لمكبرنتريد الكاليوم (0.24 A)مقابل (0.0024 A) لمكبر نوع كاليوم ارسنايد، عند نفس قيمة فولتية المصرف والتي كانت اكبر (100) مرة من نوع الثاني.

أذ تم نمذجة ومحاكاة نموذجان لمكبر اشارة من نوع نتريد الكاليوم ولكن بابعاد مختلفة (4) و(8) مايكرومتر وبطول قناة (1) و (0.5) مايكرومتر على التوالي، حيث تم دراسة وتحقيق النموذجين حسب البناء النموذجي (SRH) و (Fermi – Dirac). لقد بينت النتائج المستخلصة من النموذجين اعلاه ان تيار المصرف انخفض بقيمة (34.6%) عند تقليص حجم ابعاد المكبر بنسبة (50 %) وفولتية بوابة قيمتها (3 V-)، كما لوحظ ان هذه القيمة تنخفض الى (30.2 %) عند فولتية بوابة (0 V) وكانت تنخفض بانخفاض فولتية البوابة، والذي يعتبر ملائما لهذا النوع من النبائط في تطبيقات القدرة للترددات الراديوية. ان نتائج المحاكاة للتيار المتناوب (التوصيلية) للمكبرين نوع نتريد الكاليوم وكاليوم ارسنايد لكل قطب من اقطاب النبائط تم الحصول عليها لقيم فولتية (0- 15 V) وبتدرج قيمته (2 V). لقد تم الحصول على جميع النتائج اعلاه باستخدام برنامج (Silvaco – ATLAS™ TCAD) للمحاكاة. يعتبر هذا البرنامج أداة مفيدة لتصميم وتحليل النبائط التي تتطلب دراسة

جامعة الموصل
كلية الهندسة

تصميم ونمذجة ومحاكاة مكبر قدرة اشارة راديوية باستخدام نبيطة نتريد الكاليوم

عمر ابراهيم احمد السيف

اطروحة دكتوراه فلسفة في
الهندسة الكهربائية/ الكترونيك واتصالات
الحالة الصلبة

بإشراف
الأستاذ المساعد
الدكتور خالد خليل محمد

1439 هـ
2018م