

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОМЕЗОВЫХ ЛПД МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА С МИНИМАЛЬНЫМИ ПАРАЗИТНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ АКТИВНОЙ СТРУКТУРЫ

Ташилов А. С., Дышеков А. А., Хапачев Ю. П., Багов А. Н.
Кабардино-Балкарский государственный университет
ул. Чернышевского, 173, г. Нальчик, 360004, Россия
Тел.: +7 9287089193; e-mail:rsa@kbsu.ru

Аннотация — Проведен конструктивно технологический анализ наиболее эффективных способов исполнения многомезовых лавинно-пролетных диодов (ЛПД) 5 и 3 мм диапазонов непрерывного режима работы. Определены факторы, ограничивающие возможности дальнейшего повышения выходной мощности и КПД. Определен вариант исполнения многомезовых приборов с большим количеством мезаструктур при минимальном влиянии паразитных параметров.

I. Введение

При создании многомезовых ЛПД мм диапазона, вследствие рассредоточения активной полупроводниковой структуры, происходит неизбежное усложнение конструкции прибора и возникает проблема минимизации паразитных параметров. К ни относятся паразитная индуктивность, обусловленная параллельным соединением отдельных мезаструктур, величина последовательного сопротивления потерь остаточного слоя подложки, величина паразитной емкости кристалла, связанная с увеличением поперечных размеров и площади верхнего электрода.

В данной работе проведен анализ наиболее эффективных способов и конструктивных подходов при создании многомезовых ЛПД мм диапазона с большим количеством элементов многомезовой конструкции с целью дальнейшего повышения уровня выходной непрерывной мощности СВЧ и КПД.

II. Анализ способов исполнения многомезовых ЛПД

В работе [1] были получены 6-мезовые двухпролетные ЛПД 5 мм диапазона с рекордными значениями уровня выходной непрерывной мощности СВЧ 1,04 Вт на частоте 65,9 ГГц, при КПД 10% и температуре перегрева активной структуры менее 200°С. Такой результат был в значительной степени обусловлен тем, что все мезаструктуры были объединены общим остаточным слоем N⁺ подложки толщиной 10-12 мкм. с расположенным на нем общим верхним дисковым электродом. Это позволило минимизировать величину паразитной индуктивности многомезового кристалла. Однако значительная величина остаточного слоя подложки и паразитная емкость кристалла, обусловленная недостаточным зазором между нижним основанием и N⁺слоем, равным высоте единичной мезаструктуры (около 4 мкм), не позволили достичь расчетного значения КПД около 15%.

Ранее в [2] была предложена и экспериментально опробована конструкция ЛПД с особой, вогнутой формой верхнего электрода. Это позволило минимизировать высоту мезаструктуры до толщины остаточного слоя подложки менее 2 мкм, оставив при этом нависающие края верхнего электрода на высоте не менее 10-12 мкм. Значительное уменьшение последовательного сопротивления потерь и паразитной емкости кристалла позволило даже в одномезовом варианте получить для идентичной [1] двухпролетной структуры уровень выходной непрерыв-

ной мощности СВЧ 540 мвт на частоте 62,5 ГГц, при повышенном КПД 12,8% и температуре перегрева активной структуры не более 200°С.

В работе [3] успешно реализован 3-х мезовый арсенид галлиевый ЛПД 3 мм диапазона, в конструкции которого практически полностью удалось устранить перечислявшиеся выше паразитные параметры прибора. Три мезаструктуры диаметром по 20 мкм установлены на общем теплоотводящем алмазном основании. Они разнесены по окружности диаметром в 100 мкм и снабжены общим дисковым золотым электродом. При этом высота мезаструктуры минимизирована до 2-3 мкм, а расстояние между нижним основанием и общим верхним электродом, за счет использования дополнительных золотых столбиков на поверхности мезаструктур составляет около 10 мкм. Такая диодная сборка не нуждается в классическом жестком выводе, состоящем из ленточного вывода и диэлектрической втулки. Питание подводится непосредственно к верхнему электроду через резонансную крышку диаметром 200 мкм. Данный подход позволил на частоте 91 ГГц достигнуть рекордного в непрерывном режиме уровня выходной мощности СВЧ около 500 мвт при КПД 9%, что превышает в 2,5 раза уровень мощности и КПД при использовании такой же полупроводниковой структуры в обычной одномезовой конструкции.

Тем не менее, описанный способ обладает следующим существенным недостатком. Количество мезаструктур в многомезовой конструкции, которое может быть получено, ограничивается техническими возможностями фотолитографии, которая осуществляется со стороны остаточного слоя подложки, не обладающего требуемым классом поверхности. Кроме того, верхний общий электрод здесь является деталью изготавливаемой отдельно и в процессе его ручного монтажа возникают трудности связанные с необходимостью его точного совмещения с мезаструктурами.

III. Исполнение многомезовых приборов при минимальном влиянии паразитных параметров

На рис. 1, 2 представлена схема изготовления многомезовой конструкции, устраняющей эти ограничения. Здесь по способу [4] на рис.1 производится формирование рабочих контактов и травление мезаструктур с рабочей стороны пластины, что позволяет в полной мере использовать разрешающие возможности фотолитографии и «сухих» методов. А перед формированием интегрального верхнего электрода предусматривается совмещенное с рабочими мезаструктурами дополнительное локальное утоньшение со стороны подложки с последующей ее металлизацией. Далее формируется технологическая мезаструктура соединенная с рабочей частью общим остаточным слоем подложки, которая позволяет манипу-

лизовать микроминиатюрным массивом мезаструктур произвольной формы при его монтаже на теплоотвод. После монтажа на теплоотвод технологическая структура удаляется по маске верхнего электрода выполняющего в дальнейшем функцию резонансной крышки, рис.2.

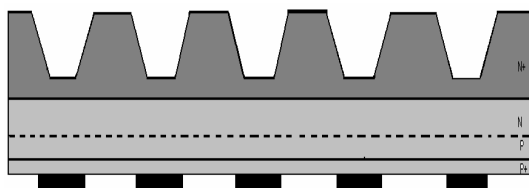


Рис. 1. Исполнение многомезового ЛПД с дополнительным локальным утоньшением остаточного слоя N+ подложки, совмещенным с нижними рабочими контактами.

Fig. 1. Designing multimesa Impatt diode with additional local thinning of the residual N+ substrate combined with lower operational contacts

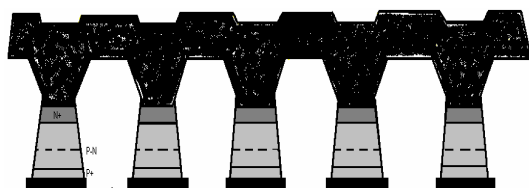


Рис. 2. Исполнение многомезового ЛПД с минимизированной толщиной остаточного слоя N+ подложки и расширенным зазором между нижним основанием (теплоотводом) и верхним интегральным электродом.

Fig. 2. Designing multimesa Impatt diode with minimized thickness N+ substrate and extended gap between heatsink and upper integral electrode

IV. Заключение

Проведен конструктивно технологический анализ наиболее эффективных способов исполнения многомезовых ЛПД 5 и 3 мм диапазонов непрерывного режима работы. Определены паразитные параметры, ограничивающие возможности дальнейшего повышения выходной мощности и КПД: величина последовательного сопротивления потерь остаточного слоя подложки, величина паразитной емкости кристалла связанная с увеличением поперечных размеров и площади верхнего электрода. Определен вариант исполнения многомезовых приборов с большим количеством мезаструктур при минимальном влиянии паразитных параметров.

V. Список литературы

1. Шухостанов А.К., Ташилов А.С. Успехи в конструировании мощных кремниевых лавинно-пролетных диодов миллиметрового диапазона // Электронная промышленность. 1992. № 6. С.53.
2. Ташилов А.С. Полупроводниковый СВЧ диод // Авторское свидетельство № 1565314 от 15.01.90. РФ
3. Bouer T., Freyer G., Claasen M. A resonant cap power combiner for two terminal millimeter wave devices // IEEE Transactions on MTT-S.1997, vol. 45, No. 1, p. 146.
4. Ташилов А.С. Способ изготовления СВЧ меза-диодов // Патент на изобретение № 2280914 от 27.11.2006. РФ.

DESIGNING OF MULTIMESA IMPATT DIODES MM WAVE BAND WITH MINIMUM PARASITIC PARAMETERS OF ACTIVE STRUCTURE

Tashilov A. S., Dyshekov A. A.,
Khapachev Yu. P., Bagov A. N.
The Kabardino-Balkarian State University
Tchernyshevskii str. 173, Nalchik, 360004, Russia
Ph.: +7 9287089193; e-mail: rsa@kbsu.ru

Abstract — The design-oriented technological analysis of the most effective ways of producing multimesa impatt diodes 5 and 3 mm in diameter wave for the continuous operation is carried out. The factors that limit the possibilities of further growth in output power and efficiency are defined. The variant of multimesa impatt diodes with a large number of the mesastructures is defined under the minimum influence of parasitic parameters.

I. Introduction

In developing multimesa impatt mm-wave diodes the complication of the device construction is inevitable and, as a result, there is a problem of minimization of parasitic parameters. The present work analyses the most effective ways and design approaches creating multimesa mm-wave impatt diodes in an effort to further increase the level of output continuous microwave power of an efficiency.

II. The Analysis of Ways of Making Multimesa Impatt Diodes

In [1] 6-mesa double drift impatt 5 mm were obtained wave with record values of an output continuous power 1,04 W at a frequency of 65.9 GHz and an efficiency of 10 %, the temperature of the active structure being less than 225° C. However, the significant value of a residual substrate layer (about 10-12 microns) and the spurious capacitance of a gap between the lower basis and N+ layer equal to the height of the single mesastructure (about 4 microns) have not allowed one to achieve an estimated value of efficiency of about 15%.

Earlier in [2] the construction of impatt diode with the special concave form of an upper electrode was suggested and experimentally tested. It has allowed for the same as in [1] doubledrift structure to obtain the output continuous power of 540 mW at 62.5 GHz, at an increased efficiency of 12.8 %. In [3] the 3-mesa arsenide gallium 3 mm-wave impatt diodes were realized, in which it was possible to remove parasitic parameters.

III. Fabrication of Multimesa Devices with Minimum Parasitic Parameters

In Fig. 1,2 the scheme of manufacture of multimesa construction, eliminating these limitations is presented.

IV. Conclusion

The design and technological analysis of IMPATT multimesa 5 and 3 mm-wave continuous-duty version of a diode version of a diode has been made. The parasitic parameters that constrain the possibilities of further rise in an output power and efficiency were determined. The variant of the multimesa IMPATT diode with a minimum impact of parasitic parameters is suggested.