DOI: 10.17117/na.2016.10.03.034

<http://ucom.ru/doc/na.2016.10.03.034.pdf>

Поступила (Received): 02.10.2016

Астахов Л.Д., Примакова О.В., Волощенко П.Ю. Конструкции ЛПД с развитой периферией

Astakhov L.D., Primakova O.V., Voloshchenko P.Yu.
Construction IMPATT advanced peripherals

Снижение теплового сопротивления при сегодняшнем уровне конструирования можно проводить двумя путями: применять искусственные и натуральные алмазы в качестве теплоотводов и создавать конструкции и технологии ЛПД с развитой периферией

Ключевые слова: ЛПД, периферия, конструирование ЛПД

Reducing the thermal resistance at the current level design can be done in two ways: to use artificial and natural diamond as a heat sink and create a design and technology IMPATT developed periphery

Key words: IMPATT, periphery, construction of IMPATT

Астахов Лев Дмитриевич

Магистр

Института Нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета

г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44

Astakhov Lev Dmitrievich

Master

College of electronics and electronic equipment engineering Southern federal university

Taganrog, Nekrasovsky lane, 44

Примакова Ольга Викторовна

Магистр

Института Нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета

г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44

Primakova Olga Viktorovna

Master

College of electronics and electronic equipment engineering Southern federal university

Taganrog, Nekrasovsky lane, 44

Волощенко Пётр Юрьевич

Кандидат технических наук, доцент

Института Нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета

г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44

Voloshchenko Peter Yurievich

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

College of electronics and electronic equipment engineering Southern federal university

Taganrog, Nekrasovsky lane, 44

Снижение теплового сопротивления при сегодняшнем уровне конструирования можно проводить двумя путями: применять искусственные и натуральные алмазы в качестве теплоотводов и создавать конструкции и технологии ЛПД с развитой периферией, при этом тепловое сопротивление за счет интенсивной отдачи тепла в боковом направлении значительно уменьшается.

Однако, до сих пор создание таких структур для диодов миллиметрового диапазона затруднялось из-за чрезвычайно малых их линейных размеров и требовало разработки соответствующей технологии. Использование оригинальных

конструкторско-технологических приемов позволило реализовать 3-х, 6-и и 8-и-структурные и кольцевые кремниевые ЛПД 4-х и 5-и мм диапазона, работающие в непрерывном режиме, тепловое сопротивление которых существенно снижается.

Технология создания таких структур должна предусматривать возможность получения и монтажа "меза"-структуры со значительно меньшими размерами чем те, которые используются в обычной технологии.

Чтобы дать представление о размерах элементов, укажем, что диаметр нижнего золотого электрода 8-структурного ЛПД 5-мм диапазона составляет около 24 мкм, диаметр "меза"-структур у основания р-п перехода около 16 мкм при средней высоте мезаструктуры около 4 мкм. Суммарная площадь р-п переходов восьми структур составляет $1,6 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2$; что соответствует диаметру одномезовой структуры около 45 мкм.

Учитывая конструктивную новизну полученных приборов и фактическое отсутствие данных о кремниевых ЛПД мм диапазона с развитой периферией активной структуры, были проведены исследования по моделированию температурных полей, создаваемых множеством дискретных источников тепла на полубесконечном теплоотводе, и экспериментальные исследования температурных полей с помощью тепловизора.

Было построено большое число карт тепловых полей при разном числе "мезаструктур", разных конфигурациях их расположения на теплоотводе, различном расстоянии между ними и т.п. При оптимизации конструкции учитывался компромисс между уменьшением теплового сопротивления ЛПД и увеличением межэлектродной индуктивности, что могло привести к возможности паразитного самовозбуждения и выхода диода из строя.

Рис. 1. (а) – карта температурного поля оптимизированной конструкции 6-мезового ЛПД. (б) – эскизы исследованных на термовизоре Agema Infrared Systems Thermovision 880 конструкций ЛПД: а) 6-мезовая; б) кольцевая; в) двухмезовая; г) одномезовая.

На рисунке 1(а) дана карта температурного поля оптимизированной конструкции 6-мезового ЛПД со слабо взаимодействующими тепловыми источниками. Расстояние по осям X и Y даны в мкм.

На рисунке 1(б) представлены эскизы исследованных на термовизоре Agema Infrared Systems Thermovision 880 конструкций ЛПД: а) 6-мезовая; б) кольцевая; в) двухмезовая; г) одномезовая, где 1 – активная мезоструктура; 2 – верхний электрод; 3 – поверхность теплоотвода держателя; 4 – поверхность кольцевой диэлектрической (рубиновой) втулки $0,8 \times 0,4 \times 0,2$ мм; 5 – золотой ленточный вывод.

Одним из способов получения очень малого теплового импеданса ЛПД является создание матрицы дискретных приборов. На рисунке 2(а,б) приведены фотографии а) матрицы лавинно-пролетных диодов диаметром 125 мкм, вмонтированных в базовый слой апиезонового клея, размещенных на одном теплоотводящем основании. Аналогичным образом, можно создать один работающий прибор, который в действительности содержит, 20×20 или 400 отдельных диодов, диаметром 5 мкм; б) трех бескопусных ЛПД, соединенных последовательно и смонтированных на теплоотводе из алмаза, который в свою очередь укреплен на стержне из чистой меди, покрытой золотом (2,5,6 – диоды, 1 – керамический опорный изолятор высотой 1,5 мм, 3 – золотая проволока, 4 – алмаз типа II толщиной 1 мм).

**Рис. 2. а) матрицы лавинно-пролетных диодов диаметром 125 мкм
б) трех бескопусных ЛПД, соединенных последовательно и смонтированных на теплоотводе из алмаза**

Для создания эффективного теплоотвода монолитного генератора на ЛПД мм диапазона сотрудники фирмы Texas Instruments активную область диода разделили на отдельные мелкие секции, распределенные по поверхности размеры этой поверхности подбирались так, чтобы она не превышала $\lambda_d/10$, где λ_d – длина волны в GaAs. Диаметр отдельной мезы ЛПД равнялся 5 мкм. В целом вся активная область имела площадь $2 \cdot 10^{-6} \text{ см}^2$ и в нее входила матрица из 2×5 мезаструктур, центры которых отстояли друг от друга на 25 мкм.

Структур, и покрытие поверхности теплоотвода слоем диэлектрика с отверстиями над диодными структурами для подсоединения межэлементных соединений, например проволочных выводов, надежно изолирует области переходов, улучшает отвод тепла от диодных структур и полностью устраняет возможность непосредственного контакта межэлементных соединений с металлической поверхностью теплоотвода и с боковыми поверхностями диодных структур. Все это в совокупности увеличивает процент выхода годных, повышает надежность работы прибора и позволяет значительно увеличить число диодных структур в одном приборе.

Список используемых источников:

1. Астахов Л.Д., Примакова О.В., Волощенко П.Ю. Исследование однородной электронной цепи СВЧ // Достижения вузовской науки. Новосибирск: Центр развития научного сотрудничества. С. 124-129.
2. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Основы системного моделирования электрической структуры интеграции сверхбыстродействующих электронных приборов. Ростов-на-Дону. Изд-во ЮФУ, 2014. 94 с.
3. Астахов Л.Д., Примакова О.В., Волощенко П.Ю. Резистивно – негатронная модель лавинно – пролетного диода // Научный альманах. 2015. С. 675-678.

© 2016, Астахов Л.Д., Примакова О.В.,
Волощенко П.Ю.
Конструкции ЛПД с развитой периферией

© 2016, Astakhov L.D., Primakova O.V.,
Voloshchenko P.Yu.
Construction IMPATT advanced peripherals