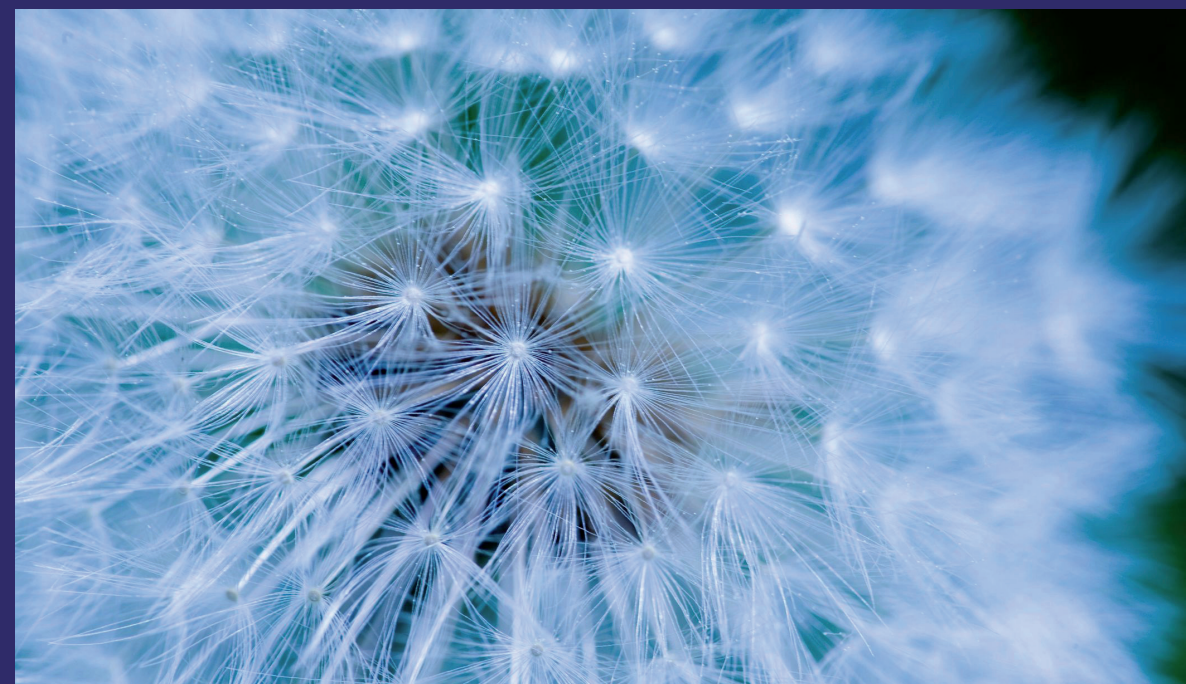
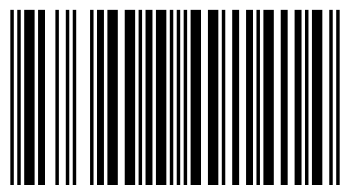


Активное освоение СВЧ миллиметрового (мм) диапазона с использованием различных передающих устройств требует создания активных элементов с высокими энергетическими характеристиками. Книга посвящена разработке особо мощных твердотельных генераторов мм диапазона на основе мультимезовых IMPATT диодов. Приведены результаты наиболее эффективных конструкторско-технологических исполнений мультимезовых IMPATT диодов 5, 4 и 3 мм диапазонов. Подробно описана технология, конструкция и экспериментальные результаты полученных впервые в мире 6- и 8-мезовых IMPATT диодов 5 мм диапазона. Для кремниевых 6-мезовых двухдрейфовых IMPATT диодов на медном теплоотводе достигнут рекордный уровень выходной непрерывной СВЧ мощности 1,04 Вт на частоте 65,9 ГГц при КПД 10% и температуре перегрева активной структуры менее 500 К. Приведены результаты рентгенодифракционных исследований градиента деформации в исходной эпитаксиальной структуре прибора и установлена его связь с процентом выхода годных мультимезовых IMPATT диодов. Книга представляет интерес для разработчиков и потребителей мощных твердотельных СВЧ генераторов мм диапазона.



Аслан Ташилов

Ташилов Аслан Султанович. Область исследования - диодные СВЧ генераторы, конструкция и технология мультимезовых СВЧ диодов миллиметрового диапазона. Работал ведущим инженером конструкторского бюро полупроводникового завода. Кандидат технических наук. Старший научный сотрудник Кабардино-Балкарского государственного университета, г.Нальчик.



978-3-8484-9141-4

Аслан Ташилов
Артур Дышеков
Юрий Хапачев

Диодные СВЧ генераторы

Мультимезовые технологии
миллиметрового диапазона



**Аслан Ташилов
Артур Дышеков
Юрий Хапачев**

Диодные СВЧ генераторы

**Аслан Ташилов
Артур Дышеков
Юрий Хапачев**

Диодные СВЧ генераторы

**Мультимезовые технологии
миллиметрового диапазона**

LAP LAMBERT Academic Publishing

Impressum/Imprint (nur für Deutschland/only for Germany)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Coverbild: www.ingimage.com

Verlag: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG
Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland
Telefon +49 681 3720-310, Telefax +49 681 3720-3109
Email: info@lap-publishing.com

Herstellung in Deutschland:
Schaltungsdienst Lange o.H.G., Berlin
Books on Demand GmbH, Norderstedt
Reha GmbH, Saarbrücken
Amazon Distribution GmbH, Leipzig
ISBN: 978-3-8484-9141-4

Только для России и стран СНГ

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Изображение на обложке предоставлено: www.ingimage.com

Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG
Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany
Телефон +49 681 3720-310, Факс +49 681 3720-3109
Email: info@lap-publishing.com

Напечатано в России
ISBN: 978-3-8484-9141-4

АВТОРСКОЕ ПРАВО ©2012 принадлежат автору и LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG и лицензиарам
Все права защищены. Saarbrücken 2012

Содержание

Введение	3
Глава 1. Мультирезонансные IMPATT диоды миллиметрового диапазона.	5
1.1. Введение. Постановка основных задач.	5
1.2. 2-резонансный ЛПД 4мм диапазона	6
1.3. Особенности технологии изготовления мультирезонансных IMPATT диодов	10
1.4 Реализация мультирезонансного IMPATT диода 5мм диапазона на основе кольцевой микроструктуры.	17
1.5 3-резонансные IMPATT диоды 3мм диапазона с минимальными паразитными параметрами активной структуры.	25
1.6 Конструкция мультирезонансного кристалла с вогнутым верхним электродом.	26
1.7 Проектирование мультирезонансных IMPATT диодов для импульсного режима работы.	29
Глава 2. Рентгенодифракционный контроль эпитаксиальных слоев исходной активной структуры IMPATT диодов	33
2.1. Введение	33
2.2. Исходное рентгенодифрактометрическое изучение пленок кремния	34
2.3. Исследование пленок кремния методом трехкристалльной рентгеновской дифрактометрии	39
2.4. Определение градиента деформации в исходной многослойной эпитаксиальной структуре IMPATT диодов. Связь структурных параметров с процентом выхода и качеством мультирезонансных кремниевых IMPATT диодов миллиметрового диапазона.	41
Заключение	46
Библиография	48

Библиография

1. Касаткин Л.В., Чайка В.Е. Полупроводниковые устройства диапазона миллиметровых волн. // Севастополь Вебер. 2006. Часть 1. С. 12, 167.
2. Haddad.G, Trew.R .Microwave solid state devices // IEEE Transactions on MTT-S. 2002. V.50. No3. PP. 760-779.
3. A. Panda, D. Pavlidis, E. Alekseev. DC and high frequency characteristics of GaN-based IMPATT // IEEE Transactions on ED. 2001. V.48. No 4. PP. 820-822.
4. B. Chakrabarti et al. High Frequency Performance of GaN Based IMPATT Diodes // International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST) 2011. Vol. 3 No. 8. PP. 6153-6159.
5. Soumen Banerjee, Moumita Mukherjee and J. P. Banerjee. Bias current optimization of Wurtzite-GaN DDR IMPATT diode for high power operation at THz frequencies. // International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST). 2010. V. 16. PP. 11-20.
6. Handbook of microwave technology // Edited by T. Koryu Ishii. Academic Press, Inc. 1995. V. 1. Chapter 11. P. 375. tab 5.
7. H. Suzuki et al. Power consideration on IMPATT diode arrays with incomplete thermal isolation // IEEE Trans. on MTT-S. 1980. V. 28. No .6. PP. 632-638.
8. Strum A., Bar-Lev A. Design of a multimesa IMPATT diode array optimised for maximum heat dissipation. // Circuits, Devices and Systems, IEE Proceedings G. 1991. V.138. No. 2. PP. 198 – 204.
9. C. Harris et all. High power IMPATT diode. // US Patent 6.252.250 June 26 2001.
10. Ташилов А.С., Шекихачев А.М., Шухостанов А.К. Составные двухмезовые кремниевые лавинно-пролетные диоды 4-мм диапазона длин волн. // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. 1990. Вып. 8(432), С.27-29.
11. Мариначчо Л.П. Составные IMPATT-диоды, генерирующие на частоте 110 GHz. // ТИИЭР. 1971. Т.59. № 1. С.101-102.
12. Хрусталев А.В., Захаров А.П. Влияние схемы параллельного соединения мезаструктур на возбуждение двухэлементного ЛПД. // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. 1980. Вып. 4(139). С. 13-19.
13. Heitzman M., Boudot B. New progress in the development of a 94 GHz pretuned module silicon IMPATT diode. // IEEE Trans. 1983. V.ED-30. No 7.

14. Шухостанов А.К., Ташилов А.С. Успехи в конструировании мощных кремниевых лавинно-пролетных диодов миллиметрового диапазона. // Электронная промышленность. 1992. № 6. С.53-56.
15. А.С. Ташилов. Способ изготовления СВЧ мезадиодов. // Патент RU 2280914 С2. от 10.04.2006.
16. Kramer N. B. Solid state technology for millimeter waves. // Microwave J. 1978. V. 21. No 8. P. 57-61.
17. T. Bouer, G. Freyer, M. Claasen. A resonant cap power combiner for two terminal millimeter wave devices. // IEEE Transactions on MTT-S.1997. V.45. No. 1. PP. 146-148.
18. T. Bouer, G. Freyer. New mounting techniques for two terminal millimeter-wave devices. // Electron. Lett. 1994. V. 30. PP. 868-869.
19. А.С. Ташилов, М.Н. Барашев, Ю.П. Хапачев. Новые подходы в технологии особо мощных диодных СВЧ-генераторов миллиметрового диапазона // под. ред. д.т.н., проф. Б.С. Карамурзова и д.ф.м.н., проф. А.А. Дышекова. Нальчик: Каб.-Балк. ун-т. 2007. – 60 с.
20. Tashilov, A.S. Dyshekov, A.A. Barashev, M.N. Bagov, A.N. Technology of MM-Wave Extra Powerful IMPATT Diodes with Multimesa Active Structure Design // Microwave & Telecommunication Technology, 2007. CriMiCo 2007. 17th International Crimean Conference. 10-14 Sept. 2007. V.1. PP. 87-88.
21. Tashilov, A.S. Dyshekov, A.A. Barashev, M.N. Bagov, A.N. Designing of multimesa IMPATT diodes MM- Wave band with minimum parasitic parameters of active structure. // Microwave & Telecommunication Technology. 2011. CriMiCo 2011. 19th International Crimean Conference. Vol.1pp 259-260. 12-16 Sept. 2011.
22. B.C. De Loach. Jr. Thin skin IMPATTS. // IEEE Trans. Microwave Theory Tech (Correspondence). 1970. V. MTT-18. PP. 72-74.
23. T.A. Midford and R.L. Bernik. Millimeter wave CW IMPATT diodes and oscillators. // IEEE Trans. Microwave Theory and Tech. 1979. V.27. P. 483.
24. M.G. Adlerstein, L.H. Holway Jr and S.L.G. Chu. Measurement of series resistance in IMPATT diodes. // IEEE Trans. Electron Devices 1983. V. 30. P. 179.
25. U.C. Roy and A.K. Gupta. Measurement of electrical series resistance of W-band Si IMPATT diode. // Proc. 2nd Asia Pacific Microwave Conference, Beijing, China. 1998.
26. M. Mitra, M. Das, S. Kar and S.K. Roy. A study of the electrical series resistance of silicon IMPATT diodes. // IEEE Trans. Electron devices. 1993. V. 40. P. 1890.
27. M. Luschas, R. Judaschke, K. Schuinemann, J.-F. Luy. Integrated 150 GHz Silicon IMPATT Diodes for Power Combining Applications// International Conference on Terahertz Electronics [8th], Held in Darmstadt, Germany on 28-29 September. 2000. PP. 267-270.

28. Басанец В.В., Болтовец И.С., Зоренко А.В. и др. Мощные кремниевые импульсные лавинно-пролетные диоды 8-мм диапазона. // Техника и приборы СВЧ. 2009. № 1. С.27.
29. A.S. Tashilov, A.A. Dyshekov, A.N. Bagov. Designing of multimesa IMPATT diodes of mm wave band in microsecond pulsed operation regime. // CriMiCo'2010 Conference. 2010. V.1. P. 38.
30. Тагер А.С. К расчету тепловых характеристик полупроводниковых структур в режиме коротких импульсов. // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. 1981. Вып. 5. С.3-8.
31. Кютт Р.Н., Улин В.П., Дышеков А.А., Хапачев Ю.П. Идентификация гексагональной фазы в эпитаксиальной системе GaP/Zn(Mg)S. // ЖТФ. 1996. Т.66. Вып. 12. С.39-47.
32. Кютт Р.Н., Елюхин В.А., Хапачев Ю.П. Рентгенодифрактометрическое исследование гексагональной модификации GaP. // Поверхность. 2001. №6. С.12-15.
33. Галушко М.А., Дышеков А.А., Хапачев Ю.П. Влияние пластической деформации подложки на профиль напряжений и критическую толщину эпитаксиальной пленки. // Металлофизика. 1993. Т.15. №5. С.71-79.
34. Молодкин В.Б., Низкова А.И., Шпак А.П. и др. Дифрактометрия наноразмерных дефектов и гетерослоев кристаллов. // Киев: Академперіодика, 2005. 364 с.
35. Дышеков А.А., Хапачев Ю.П. Рентгенодифрактометрическое определение упругих напряжений и несоответствия в многослойных эпитаксиальных пленках // Металлофизика. 1986. Т.8. №6. С.15-22.
36. Боуэн Д.К., Таннер Б.К. Высокоразрешающая рентгеновская дифрактометрия. // Ст.-Пб.: Наука. 2002. 275 с.
37. Хапачев Ю.П., Чуховский Ф.Н. Развитие рентгенодифрактометрического метода определения деформаций, напряжений и несоответствия в гетероструктурах. // Методы структурного анализа. М.: Наука. 1989. С.188-204.
38. Хапачев Ю.П., Чуховский Ф.Н. Деформации и напряжения в многослойных эпитаксиальных кристаллических структурах. Рентгенодифракционные методы их определения. // Кристаллография. 1989. Т.34. Вып. 3. С. 776-800.
39. Chukhovskii F.N., Khapachev Yu.P. X-Ray Diffraction Methods for Determination of Stresses and Strains in Multilayer Monocrystal Films. // Crystallography Reviews. 1993. V.3. P.257-328.
40. Дышеков А.А., Хапачев Ю.П. Рентгенодифрактометрическое определение упругих напряжений и несоответствия в многослойных эпитаксиальных пленках // Металлофизика. 1986. Т.8. №6 С.15-22.
41. Афанасьев А.М., Александров П.А., Имамов Р.М.. Рентгеновская структурная диагностика в исследовании приповерхностных слоев монокристаллов. // М.: Наука, 1986. 95 с.

42. Петрашень П.В. Рентгеновское диффузное рассеяние в кристаллах со слоистой неоднородностью. I. Уравнения для амплитуд. // Металлофизика. 1986. Т.8. №1. С.35-43.
43. Петрашень П.В., Чуховский Ф.Н. II. Анализ распределения интенсивностей. // Металлофизика. 1986. Т.8. №3. С.45-51.
44. Лидер В.В., Чуховский Ф.Н., Хапачев Ю.П., Барашев М.Н. Рентгенодифрактометрическое исследование нарушенных приповерхностных слоев Si(111) и InGaP/GaAs(111) на основе модели постоянного градиента деформации // ФТТ. 1989. Т.31. Вып.4. С.74-81.
45. Бушуев В.А., Хапачев Ю.П., Лидер В.В. Исследование поверхностной неоднородности деформации в эпитаксиальной структуре $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{P}/(111)\text{GaAs}$. // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. Вып. 23. С.74-78.