

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Министерство информационных технологий, связи и средств массовой информации  
Нижегородской области  
УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА

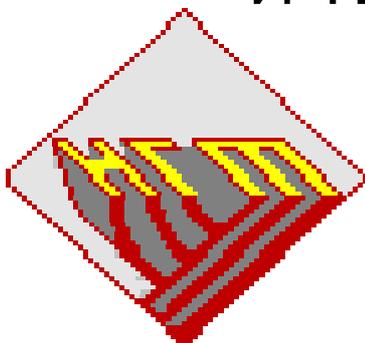
ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

РОССИЙСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО РАДИОТЕХНИКИ,  
ЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ им. А.С. ПОПОВА

**IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
«IT FORUM 2020 / ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО 2.0»**

**XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ  
И ТЕХНОЛОГИИ» ИСТ–2011**



**МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ**

**УДК 621:681**

**ББК 32.97**

**И639**

Конференция посвящается 75-летию ИРИТ (ФИСТ, ФРК, РТФ).

В 2011 ИРИТ отмечает также 100-летие Д.В. Агеева - выдающегося ученого в области теоретической радиотехники, внесшего значительный вклад в становление и развитие радиотехнического факультета НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

В юбилейном сборнике представлены материалы докладов XVII Международной научно-технической конференции, проведенной в рамках IV Международного форума информационных технологий «IT FORUM 2020 / ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО 2.0» 22 апреля 2011 г. дирекцией Института радиозлектроники и информационных технологий при поддержке министерства информационных технологий, связи и средств массовой информации Нижегородской области, ректората НГТУ им. Р.Е. Алексеева и Нижегородского областного правления РНТО РЭС им. А.С. Попова.

Публикуемые материалы представляют тематику, круг научных интересов и состояние исследований представителей научных и высших учебных заведений Белоруссии, Украины, КНР, Южной Кореи, и 16 городов России - преподавателей, научных сотрудников, докторантов, аспирантов, магистрантов и студентов-участников НИРС, а также сотрудников МГТУ им. Н.Э.Баумана, МГУ им. М.В.Ломоносова, МГУП, Российского государственного социального университета, Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики, Владимирского государственного университета, Ковровской государственной технологической академии им. В.А. Дегтярева, Ижевского государственного технического университета, Краснодарского института информационной защиты, Новороссийской морской государственной академии им. адм. Ф.Ф.Ушакова, Ульяновского государственного технического университета, Липецкого государственного технического университета, Уральского государственного технического университета, Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии, Томского государственного политехнического университета, Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, Волжской государственной академии водного транспорта, Нижегородской государственной консерватории, Нижегородского филиала ГУ ВШЭ, Нижегородского государственного лингвистического университета, Нижегородского инженерно – экономического института ВГИПУ, Волго-Вятского филиала МТУСИ, ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга, г. Москва, ИПФ РАН, НИИИС им. Ю.Е.Седакова, ОКБМ им. И.И. Африкантова, НИРФИ, НИФТИ, НИПИ «Сириус-2», НПП «Полет», НИПИ «Кварц», Нижегородского института информационных технологий, ООО «Теком», ГК «Мера», ООО «Телека», ООО «МераЛабс», ИЦ ООО «Газпром ПХГ», г. Москва, ООО «Газпром трансгаз Сургут», ООО «НПА Вира Реалтайм», ОАО «Гипрогазцентр», ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород», РФЯЦ-ВНИИЭФ, ООО «Скоростные системы связи», ЗАО «НПП «Салют-27» и представителей других организаций.

#### **Организационный комитет:**

С.М. Дмитриев (председатель), М.К. Богдалова (зам.председателя), А.Б. Лоскутов, М.В. Ширяев, В.Г. Баранов, Ю.Г. Белов, В.И. Есипенко, В.В. Кондратьев, И.Н. Мерзляков, В.Р. Милов, С.Н. Митяков, С.Л. Моругин, В.Г. Назаренко, С.Б. Раевский, А.Г. Рындык, С.Г. Сажин, Э.С. Соколова, А.А. Стешин, М.В. Ульянов, В.П. Хранилов, В.Л. Ягодкин

**ISBN 978-5-9902087-2-8**

© Нижегородский государственный  
технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ</b>	страницы
<a href="#"><u>ЮБИЛЕЙНАЯ</u></a> .....	<a href="#"><u>5</u></a>
<b>СЕКЦИЯ 1</b> <a href="#"><u>РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА</u></a> .....	<a href="#"><u>45</u></a>
<b>СЕКЦИЯ 2</b> <a href="#"><u>ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ</u></a> <a href="#"><u>ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ</u></a> .....	<a href="#"><u>90</u></a>
<b>СЕКЦИЯ 3</b> <a href="#"><u>ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ</u></a> .....	<a href="#"><u>140</u></a>
<b>СЕКЦИЯ 4.1</b> <a href="#"><u>ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ</u></a> <a href="#"><u>АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ</u></a> .....	<a href="#"><u>190</u></a>
<b>СЕКЦИЯ 4.2</b> <a href="#"><u>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</u></a> <a href="#"><u>(АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ)</u></a> .....	<a href="#"><u>240</u></a>
<b>СЕКЦИЯ 5.1</b> <a href="#"><u>ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА</u></a> <a href="#"><u>(СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ)</u></a> .....	<a href="#"><u>290</u></a>
<b>СЕКЦИЯ 5.2</b> <a href="#"><u>ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА</u></a> <a href="#"><u>(ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ)</u></a> .....	<a href="#"><u>320</u></a>
<b>СЕКЦИЯ 5.3</b> <a href="#"><u>ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА</u></a> <a href="#"><u>(ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ</u></a> <a href="#"><u>КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ)</u></a> .....	<a href="#"><u>375</u></a>
<b>СЕКЦИЯ 6</b> <a href="#"><u>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ</u></a> <a href="#"><u>ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</u></a> .....	<a href="#"><u>405</u></a>
<b>ИСТ_2011_Титулы</b> <a href="#"><u>АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ</u></a> .....	<a href="#"><u>440</u></a>

(Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники ВС Украины, Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт")

**КОНЦЕПЦИЯ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ НАНОАНТЕННЫХ РЕШЕТОК В СОСТАВЕ НАНОСХЕМ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ МИМО НА КРИСТАЛЛЕ**

Важным направлением развития систем на кристалле (SoC) стало появление сетей на чипе (Network on Chip, NoC). Парадигма сети на кристалле (NoC) возникла как методология проектирования мультиядерных SoC. Однако использование традиционной двумерной топологии микросхем вскоре обозначило граничные возможности NoC, обусловленные высоким временем ожидания передачи пакетов и потерями в энергетике сигналов, вызванными не только омическим сопротивлением, но и делением мощности при разветвлении сигналов.

В этой связи в последнее время усилия многих специалистов сосредоточились на теоретической проработке вопросов создания беспроводных сетей на чипе (Wireless Network on Chip, WiNoC) в диапазонах от десятков ГГц до сотен ТГц. Среди технологий, обеспечивающих высокую скорость передачи данных внутри WiNoC, заслуживают внимания методы МИМО и MultiUser МИМО (мульти-МИМО). Однако для их эффективной реализации принципы конструирования наносхем нуждаются в доработке. В частности, на фоне совершенствования технологий многослойной эпитаксии для изготовления наносхем при создании WiNoC следует максимально использовать возможности трехмерных топологий при конструировании приемопередающих наноантенных решеток. Поэтому целью доклада является разработка концептуальных основ конструктивного исполнения вертикально расположенных решеток наноантенн в составе наносхем, реализующих беспроводную передачу данных в сети на кристалле.

При многослойной топологии наносхем для повышения эффективности рассеяния радиоволн в интересах применения технологии МИМО заслуживает внимания использование пирамидальных конструкций наностанций сети. При этом могут быть задействованы кольцевые, прямоугольные либо многогранные пирамидальные формы, в которых нановибраторы располагаются на вертикальных стенках пирамидального слоя в виде линейных либо плоских решеток.

Такое размещение элементов антенн на наносхеме позволяет убрать затенение наностанциями друг друга и улучшает условия рефракции радиоволн внутри корпуса SoC. На вершине пирамиды для связи с макроуровнем могут размещаться диэлектрические резонаторные антенны (ДРА) либо другие разновидности объемных электрически малых излучателей, а также печатные микрополосковые антенны. В качестве печатных антенн могут использоваться антенны на основе метаматериалов CRLH. Топология печатной антенны может формироваться на основе генетических алгоритмов оптимизации, муравьиных либо пчелиных алгоритмов для придания широкополосности и многодиапазонности. Для этих же целей контур антенны может выполняться по фрактальному профилю.

Следует отметить, что для реализации высокоскоростной передачи системы МИМО достаточно сформировать 4 - 8 слоев нанопирамиды, хотя, если скорость передачи не является критичной, можно ограничиться и парой слоев (по одному излучателю в каждом слое).

Прототипом рассмотренных конформных конструкций антенных систем в виде усеченной пирамиды может служить четырехсекционная антенная решетка РЛС АРАР X-диапазона, созданная в рамках международного консорциума с участием компаний Thales, Raytheon Naval и Maritime Systems для ПВО кораблей класса фрегат. Антенная система этой РЛС представляет собой совокупность четырех решеток, расположенных по граням усеченной пирамиды. Каждая из 4-х граней содержит более 3000 приемопередающих модулей и обеспечивает обзор сектора пространства  $120^{\circ}$  по азимуту и  $70^{\circ}$  по углу места. Такой подход позволяет максимально реализовать возможности конформных антенных решеток по эффективному обзору пространства.

Частотное или временное мультиплексирование сигналов в МИМО-наносхемах может быть дополнено поляризационным разделением каналов, для чего следует применять наноантенны двойной поляризации, например, турникетные нановибраторы. Возможен вариант размещения турникетной нанорешетки формата  $2 \times 4$  на вертикальной грани пирамидального уровня.

**СЕКЦИЯ 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ВЧ- И СВЧ- ДИАПАЗОНОВ**

Реализация рассмотренных вариантов вертикального размещения нановибраторов сопряжена с определенными технологическими трудностями, поэтому предпочтительнее использовать вертикально-горизонтальное размещение элементов нанорешеток, применив, например, на пьедесталах пирамиды горизонтально расположенные единичные вибраторы либо малоэлементные наноантенны Уда-Яги. Протяженность уступа пирамиды для размещения наноантенны Уда-Яги зависит от длины волны излучения, межэлементного расстояния вибраторов в антенне и их количества. Так, при частоте несущей сигналов 100 ТГц и полуволновом расположении антенных элементов в решетке Уда-Яги межэлементное расстояние между излучателями будет равно 1,5 мкм. При четырех элементах в составе наноантенны в этом случае необходимо обеспечить длину пьедестала в горизонтальной плоскости не менее 8 мкм. В случае ограничений на величину этого параметра порядка 10 - 15 мкм при снижении частоты излучения количество вибраторов антенны Уда-Яги может быть уменьшено до 2 - 3.

На несколько слоев может устанавливаться одна общая наноантенна. Например, при 6-слойной топологии можно использовать двухуровневую пирамиду, в которой каждый из уровней образован тремя слоями, а наноантенна располагается в центральном из них. В результате получим два излучателя в вертикальной плоскости. В зависимости от толщины слоя на один уровень при современных технологиях может приходиться от двух до 4 слоев. К примеру, в 4-слойном варианте реализации пирамидальных уровней 8-слойная эпитаксия позволяет сформировать двухэлементную решетку по вертикали. В случае полуволнового шага элементов решетки в вертикальной плоскости при частоте излучения 100 ТГц толщина уровня пирамиды должна быть 1,5 мкм, что при 3-слойной его эпитаксии приводит к допустимой толщине одного слоя топологии наносхемы 500 нм. Выполнение данного требования при нынешнем уровне развития технологий не является сложным.

Следует отметить, что выбор терагерцового диапазона частот для передачи данных внутри кристалла позволяет оперировать при анализе параметров наноантенных решеток в составе WiNoC понятием дальней зоны антенны. Как известно, для антенны дальняя зона определяется как область, в которой плотность потока энергии излучения приблизительно обратно пропорциональна квадрату расстояния от антенны. Для апертурных антенн, к числу которых относятся и рассмотренные решетки наноизлучателей, ближняя граница дальней зоны определяется выражением  $R_d = 2L^2/\lambda$ , где  $L$  – размер апертуры антенны,  $\lambda$  - длина волны.

Обычно в литературе указывается, что дальняя зона антенны лежит на расстоянии более 100 длин волны, на которой работает антенна. При указанной частоте 100 ТГц и размерах корпуса системы на кристалле  $30 \times 30$  мм<sup>2</sup>, несложно получить, что в пределах корпуса микросхемы укладывается около 10000 длин волн. В этом случае уже при расстоянии между наносхемами более 300 мкм можно применять электродинамическую модель дальней зоны антенн, что существенно упрощает обработку сигналов. В случае укорочения длины волны за счет использования метаматериалов плотность компоновки наносхем в составе кристалла может быть увеличена. Заполнение метаматериалом с отрицательным индексом преломления пространства между наносхемами позволяет также сузить диаграммы направленности излучателей наноантенной решетки и сформировать волноводный канал, препятствующий проникновению излучения за пределы корпуса микросхемы.

В заключение следует указать на возможность применения разнотипных уровней нанопирамид, отличающихся по количеству слоев. При этом в обработке сигналов следует учитывать неэквидистантный характер антенных решеток либо пытаться выдержать одинаковое расстояние между их элементами за счет размещения наноантенн в различных слоях смежных пирамидальных уровней. Предложенный метод формирования вертикальных решеток наноантенных элементов позволяет повысить скорость передачи данных за счет использования многоэлементных антенных конструкций. Их совершенствование, а также электродинамическое моделирование являются предметом дальнейших исследований.

РЕДЬКИН Ю.В.	стр. 146	СОКОЛОВА Э.С.	стр. 295
РОГОЖИНА И.В.	265	СОКОЛОВА Э.С.	296
РОДИН А.А.	420	СОКОЛОВА Ю.В.	304
РОДИОНОВ В.Б.	399	СОРОКИН А.В.	95
РОМАНОВА Н.А.	437	СОРОКИН А.В.	96
РОМАШОВ П.С.	131	СОРОКИН Б.С.	58
РУВИНСКАЯ Е.А.	422	СОРОКИН С.Н.	58
РУВИНСКАЯ Е.А.	430	СОРОКИНА Е.В.	172
РУВИНСКАЯ Е.А.	431	СОРОХТИН М.М.	61
РЫЖАКОВА Т.С.	69	СТАРОСТИН Н.В.	347
РЯБКОВА Т.А.	223	СТЕПАНЕНКО М.А.	307
		СТЕПАНОВ А.С.	364
<b>С</b>		СТЕПАНОВ С.Е.	208
САВИНОВ М.А.	79	СТЕПАНЯН А.Н.	193
САВЧЕНКО А.В.	387	СТОЛЯРОВ В.Е.	193
САВЧЕНКО А.В.	389	СУЛИМА А.А.	154
САДКОВ В.Д.	80	СУПРУНЕНКО А.В.	179
САДКОВ В.Д.	81	СУРКОВА А.С.	399
САДКОВА О.В.	403	СУСЛОВ Б.А.	163
САЖИН С.Г.	216	СЪЯНОВ В.А.	404
САЖИН С.Г.	217	СЮВАТКИН В.С.	82
САЖИН С.Г.	218		
САЖИН С.Г.	233	<b>Т</b>	
САЛАДАЕВ Е.Н.	261	ТАБОЛИЧ Т.Г.	240
САМАРОВ А.В.	382	ТАРАСОВА Е.Е.	115
САМОЙЛОВ А.Н.	101	ТЕЛЕГИН А.А.	218
САМУС П.А.	326	ТЕРЁХИНА Е.А.	305
САФОНОВА Я.Ю.	347	ТЕСЛЕНКО Е.В.	251
СВЕТЛАКОВ Ю.А.	92	ТИМОФЕЕВ А.В.	190
СВЕТЛАКОВ Ю.А.	94	ТИМОФЕЕВА О.П.	308
СЕВРЮКОВ А.А.	157	ТИТАРЕНКО А.А.	133
СЕВРЮКОВ А.А.	159	ТИТОВ В.В.	204
СЕВРЮКОВ М.А.	157	ТИТОВ В.Г.	206
СЕДАКОВ А.Ю.	92	ТИХОНОВ А.Б.	131
СЕДАКОВ А.Ю.	94	ТОЛКАЧЕВА Е.В.	244
СЕДАКОВ А.Ю.	137	ТУЛЯКОВ Ю.М.	150
СЕМАШКО А.В.	168	ТУРКИНА А.В.	309
СЕМАШКО А.В.	169	ТУРЧЕНКО М.В.	255
СЕМАШКО А.В.	170	ТЮГИН Д.Ю.	427
СЕМАШКО А.В.	189	ТЮГИН Д.Ю.	428
СЕМЕНОВА М.Ю.	62	ТЮТИН В.В.	418
СЕРДЮК П.Е.	45		
СЕРОГЛАЗОВ В.В.	385	<b>У</b>	
СЕРОГЛАЗОВ В.В.	386	УВАРОВ П.И.	358
СЕЧКО Г.В.	240	УВАРОВ П.И.	360
СИБИРОВ В.Е.	167	УВАРОВ П.И.	362
СИДОРОВА Е.В.	165	УВАРОВ П.И.	364
СИЗЬМИН А.М.	30	УГАРОВА И.С.	230
СИЛИН А.В.	31	УРЮПИН И.С.	262
СИЛИНА Ю.В.	250	УСПЕНСКАЯ Г.И.	79
СИМАХИНА Е.А.	405	УСПЕНСКАЯ Е.А.	79
СИНЕНКОВ Е.С.	391	УСТИНОВ Ю.М.	36
СИНИЧКИН С.Г.	231	УТРОБИН В.А.	379
СИНИЧКИН С.Г.	232	УШАКОВ П.А.	47
СЛЁЗКИН Д.В.	48	УШАКОВ П.А.	48
СЛЮСАР В.И.	90		
СЛЮСАР В.И.	46	<b>Ф</b>	
СЛЮСАР В.И.	45	ФЕДОРОВА В.А.	329
СЛЮСАР Д.В.	90	ФЕДОСЕНКО Ю.С.	339
СМЕКАЛОВ А.И.	77	ФЕДОСЕНКО Ю.С.	342
СМИРНОВ И.В.	227	ФЕДОТОВ Д.М.	292
СМИРНОВ М.С.	381	ФЕЙГИН М.И.	338
СОБОЛЕВА Е.Г.	216	ФИДЕЛИН Г.А.	258
		ФИЛИМОНОВ А.В.	116

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ  
ИСТ-2011**

**МАТЕРИАЛЫ  
XVII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Ответственный за выпуск: директор ИРИТ **В.Г.Баранов**  
Редактирование и компьютерная верстка: **В.П.Хранилов**

Подписано в печать 23.03.11. Формат CD.  
Электронное издание. Гарнитура Times New Roman.  
Усл. печ. л. 28,0. Уч.-изд. л. 47,6. Тираж 300 экз. Заказ 2.

---

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.  
Институт радиоэлектроники и информационных технологий НГТУ  
Адрес университета:  
603950, ГСП-41, Н.Новгород, ул.Минина, 24.