

Organized and Sponsored by:

Sevastopol National Technical University (Ukraine)
Belarus State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk)
NTUU KPI, SRI of Telecommunications (Kiev, Ukraine)
NTUU KPI, Institute of Telecommunication Systems (Kiev, Ukraine)
Academy of Engineering Sciences of Ukraine, Radioelectronics & Communication Systems Section
Kharkov National University of Radio Electronics (Ukraine)
Institute of Radio Astronomy of NAS of Ukraine (Kharkov, Ukraine)
Moscow Aviation Institute — National Research University (Russia)
OJS SPE «Saturn» (Kiev, Ukraine)
Faza Co. (Rostov-on-Don, Russia)
SSPE «Istok» (Fryazino, Russia)
Microwave Systems Co. (Moscow, Russia)
Nanoelektronika TD Co. (Moscow, Russia)
JSC «Russian Space Systems» (Moscow)
National Instruments (Moscow, Russia)
Rohde & Schwarz (Moscow, Russia)
Абрис RCM group (Saint-Petersburg, Russia)
Tavrida National University after prof. V. I. Vernadsky (Simferopol, Ukraine)
SRI «Crimean Astrophysical Observatory» (Katsiveli, Ukraine)
Popov Crimean Scientific and Technological Center (Sevastopol, Ukraine)

Technical Co-Sponsorship:

IEEE Electron Devices Society
IEEE/ED/MTT/CPMT/SSCS/ComSoc Central Ukraine joint Chapter
IEEE AP Chapter, Russia Section
«Technology & Designing in Electronic Equipment» Magazine (Odessa, Ukraine)
«Microwave Devices & Components» Magazine (Odessa, Ukraine)

IEEE Catalog Number CFP11788-CDR

ISBN 978-966-335-356-2

ISBN 978-966-335-337-9 (Xplore)

ISBN 978-966-335-355-5 (CD, shell — in Russian)

ISBN 978-966-335-351-7 (CriMiCo'2011 books, complete set of vol. 1 & vol. 2)

ISBN 978-966-335-352-4 (CriMiCo'2011 book, vol. 1)

ISBN 978-966-335-353-1 (CriMiCo'2011 book, vol. 2)

Published by Weber Publishing Co.
P. O. Box 10, Sevastopol, 99057, Ukraine
E-mail: 10.99057@gmail.com

© 2011: CriMiCo'2011 Organizing Committee, 2011

© 2011: CrSTC, 2011

All rights reserved. No part of this publication
may be reproduced, stored in a retrieval system,
or transmitted in any form or by any means — electronic,
mechanical, photocopying, recording or otherwise —
without the prior permission of the copyright holder.

SESSIONS 5b/3, 5b/4. QUANTUM DEVICES

5b.21	ATTENUATION OF MILLIMETER-WAVE RADIATION IN COMPOSITES WITH CARBON NANOTUBES Vovchenko L. L., Zagorodniy V. V., Matzui L. Yu., Launets V. L., Oliynyk V. V.	775
5b.22	DYNAMICS OF WEAK CONTINUOUS QUANTUM MEASUREMENT WERE BASED ON INFORMATION APPROACH Melnyk S. I., Slipchenko N. I.	777
5b.23	ANALYSIS OF ELECTRODYNAMIC STABILIZED CAVITIES WITH QUANTUM DOTS IN HFSS Gutzeit E. M., Kurushin A. A., Maslov V. E.	779
5b.24	CHARACTERISTICS OF MOS-TRANSISTOR ON BASIS OF SILICON-CARBON NANOTUBE Griadun V. I.	781
5b.25	PREPARATION OF ELECTRODES FOR MOLECULAR TRANSISTOR BY FOCUSED ION BEAM Kolesov V. V., Sapkov I. V., Soldatov E. S.	783
5b.26	NOISE PROPERTIES OF RESONANT SPIN-TORQUE MICROWAVE DETECTORS Prokopenko O. V., Tiberkevich V. S., Slavin A. N.	785
5b.27p	MODELING OF ARTIFACTS AT THE CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF THE RESONANT TUNNELING DIODE Moskaliuk V. A., Fedyya A. V.	787
5b.28p	MICROWAVE OSCILLATIONS OF MAGNETIZATION OF SINGLE-DOMAIN NANODISK AT HEATING BY IMPULSES OF LASER RADIATION Kukharev A. V., Danilyuk A. L.	789
5b.29p	THRESHOLD BROADBAND SPIN-TORQUE MICROWAVE DETECTOR Prokopenko O. V., Prokopenko L. E., Krivorotov I. N., Tiberkevich V. S., Slavin A. N.	791
5b.30p	NANODIMENSIONAL HETEROSTRUCTURES, FROM EXPERIMENT TO THEORY Mazinov A. C., Bahov V. A., Nazderkin E. A.	793
5b.31p	THE PYRAMIDAL NANOANTENNA ARRAY Slyusar D. V., Slyusar V. I.	795
5b.32p	IMMITTANCE LOGIC FOR SIGNAL PROCESORS Lishchynska L. B., Filinyuk N. A., Lazarev A. A., Baraban M. V.	797
5b.33p	FREQUENCY DEPENDANCE OF ELECTRIC CHARACTERISTICS OF QUANTUM DEVICES Obukhov I. A.	799
5b.34	SIMULATION OF RESONANT EXCITATION OF ELECTROMECHANICAL VIBRATIONS IN CARBON NANOTUBE RADIO RECEIVER Abramov I. I., Barkaline V. V., Belogurov E. A., Labunov V. A., Chashynski A. S.	803
5b.35	DYNAMICS OF CHARGE DOMAINS IN SEMICONDUCTOR SUPERLATTICE UNDER EXTERNAL PERIODIC INTERFERENCE Alekseev K. N., Balanov A. G., Koronovskii A. A., Moskalenko O. I., Hramov A. E.	806
5b.36	THE MONTE CARLO CALCULATION OF CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF SHORT-CHANNEL Si-MOSFET Pozdnyakov D. V., Borzdov A. V., Borzdov V. M.	808
5b.37	IMPACT IONIZATION EFFECTIVE THRESHOLD ENERGY ESTIMATION IN MOSFET WITH 50-nm CHANNEL LENGTH Speranskiy D. S., Borzdov A. V., Borzdov V. M.	810
5b.38	RESISTIVE SWITCHING IN HAFNIUM DIOXIDE AT THERMAL PHASE TRANSITION Danilyuk M. A., Migas D. B., Danilyuk A. L.	812
5b.39	MODELLING OF PROCESSES OF CARRY AND ELECTRONIC PROPERTIES OF HETEROSTRUCTURES IN THE INTERNET Murav'ev V. V., Tamelo A. A., Mishenko V. N., Molodkin D. F.	814
5b.40p	INVESTIGATION INTO MECHANISMS OF SCATTERING IN PLASMA WAVES HETEROSTRUCTURES Murav'ev V. V., Tamelo A. A., Mishenko V. N., Molodkin D. F.	816
5b.41p	LEVELS WIDTH IN TRIPLE-BARRIER STRUCTURES IN TWO-PHOTON TRANSITIONS Kapralova A. A., Pashkovskiy A. B.	818

- Rybalko A. M. 427
Rzhevtseva N. L. 75
Sachenko A. V. 669
Sadovnikov S. A. 314
Sakharova S. V. 513
Salnikov A. S. 212, 214
Saltykov D. Yu. 628
Samburov N. V. 918
Samoylov V. I. 945
Samuilov A. A. 214
Sapkov I. V. 783
Saplin P. P. 527
Saprykin I. I. 577, 579
Saprynskaia L. A. 318
Savin A. N. 287, 289, 291
Savin K. G. 616
Savochkin A. A. 475, 477, 479
Savochkin D. A. 475, 477, 479
Schantin A. 469
Schill A. 457, 467
Schurov V. V. 877
Sedov A. S. 325
Semeikin A. S. 735
Semenchik V. G. 557, 1053
Semenin S. N. 539, 569
Semenov J. V. 856
Semenov M. A. 1063
Semibratov V. P. 877
Semyonov E. V. 205, 626, 873
Senko A. V. 267, 327
Senyuta V. S. 850
Sergienko P. Yu. 616
Shabashkevich B. G. 1017
Shalatonin V. I. 1013
Shaposhnik Y. V. 489
Shapovalov D. O. 885
Sharygin G. S. 1116
Sharygina L. I. 85
Shashurin V. D. 181
Shcherbak S. S. 57
Shcherbak V. V. 293
Shcherbakova I. Yu. 828
Shckorbatov Y. G. 1021
Shelkovnikov B. N. 219, 223, 372, 473
Shepov V. N. 603, 947
Sheremet V. N. 669
Shestakov V. A. 232
Shevchenko K. L. 123, 895, 897
Shevchonok A. A. 737
Shevtsova A. I. 833
Sheyerman F. I. 232
Shifman R. G. 198
Shikhov S. V. 31
Shildkret A. B. 1110, 1112
Shiolashvili Z. N. 731
Shirokov I. B. 376, 931
Shishkin A. V. 398
Shkarban P. A. 739
Shmachilin P. A. 17
Shmargunov A. V. 246
Shmat'ko A. A. 275, 306, 563, 914
Shnitnikov A. S. 149, 189
Shokalo V. M. 433
Shtogrina O. S. 47
Shulga Y. V. 641
Shumskiy P. O. 1116
Shurinov R. V. 1021
Shvedov S. V. 765, 860, 867
Sidorchuk O. L. 594
Sidorenko S. I. 739, 755
Silin O. O. 910
Silkin A. T. 561
Simakov V. A. 357
Sinitsin E. A. 1110, 1112
Sinitsyn A. K. 265, 269, 285, 329, 333
Skorikova Yu. V. 543
Skorokhodov V. N. 314
Skripal A. V. 667
Skripnik Yu. A. 895, 897
Skulachev D. P. 1114
Skulysh M. A. 461
Skuratovskaya E. V. 908
Slabospitskiy A. S. 844
Slavin A. N. 785, 791
Slesarenko S. S. 226
Slipchenko N. I. 777, 1075
Slyusar D. V. 795
Slyusar V. I. 87, 795
Smirnov A. I. 935
Smirnov K. D. 963
Smirnov V. A. 198, 200
Smirnova N. P. 733
Smolskiy S. M. 955, 967, 971, 975, 979, 983
Smyntyna V. A. 753
Sobakinskaya E. A. 937
Sobolev D. I. 649
Sofronov D. S. 747
Sokolov S. V. 961
Sokolovskiy I. I. 177, 945
Soldatenko S. D. 603
Soldatov E. S. 783
Sologub O. Yu. 769
Soloviyov A. N. 304
Sorochnikiy M. V. 1057
Soroka A. S. 661
Soroka S. A. 860
Sorokin A. N. 1087
Soshenko V. A. 833, 842, 844, 852, 854
Soskov Yu. A. 618
Sotnikov G. V. 277, 279
Sova O. Y. 491
Sovlukov A. S. 933
Speranskiy D. S. 810
Speranskiy V. A. 370
Spillner J. 455
Srinivasan G. 678, 680
Stadnyk O. M. 910
Starchevskiy Yu. L. 865
Starodubov A. V. 836, 848
Starostenko V. V. 863, 1019
Stepacheva A. V. 214
Stepanov A. O. 314
Stepanov V. G. 383
Stepanova E. A. 693
Stepanova L. S. 759
Stephuk J. V. 289
Storozhenko I. P. 248, 1038
Strelnitskiy O. E. 433
Strelnitskiy O. O. 433
Streпка I. D. 1061
Strikovskiy A. V. 935
Stroganov V. A. 856
Strogova A. S. 737, 743
Strogova N. S. 737, 743
Stromov A. V. 509
Stulova L. V. 281
Sukach E. I. 67
Sukhatskiy R. P. 112
Sunduchkov A. K. 347
Sunduchkov I. K. 185
Sunduchkov K. S. 347, 378
Suntsov S. B. 205
Surkov A. S. 1091
Suslyaev V. I. 757, 941
Suvorov A. N. 335
Sveshnikov Yu. N. 151, 682
Svich V. A. 850
Sviridenko V. I. 449, 885
Sychev A. N. 216, 232
Syssov S. M. 939
Sytilin S. N. 605
Tamelov A. A. 814, 816
Taran Ye. P. 863
Tarapov S. I. 920, 922
Tarasenko A. M. 1063
Tarasov M. A. 449
Taratynov V. M. 1095
Tarazevich E. V. 965
Tashilov A. S. 259
Tatarchuk D. D. 751
Tatarenko A. S. 624
Tatarinskiy S. N. 449
Tereshin V. I. 933
Ternovoy M. Y. 47
Thiele M. 459
Tiberkevich V. S. 785, 791
Tikhonenko I. 378
Timofeev V. A. 1095, 1097
Timofeyev V. I. 251
Timoshenkov S. P. 703
Tishchenko A. S. 715
Tolstolutskaya A. V. 191
Tolstolutskiy S. I. 191, 193
Topkov A. N. 850
Torkhov N. A. 157, 171, 682, 691, 697, 699, 705
Tregubov V. B. 137, 261
Tretyakov A. A. 89
Trotsishin I. V. 871
Trotsishina L. V. 871
Trotskaya D. S. 771
Trubarov I. V. 234
Trubin A. A. 607, 632
Trushkin A. N. 887
Tsarev. V. A. 310
Tsema V. F. 471
Tsurcanu D. N. 359
Tsvetkov V. A. 553
Tsvyk A. I. 319
Tsybmal V. N. 1055
Tsyplenkov I. N. 682
Tumarkin A. V. 710
Turtsevich A. S. 413, 867
Tymoshchuk A. S. 741
Tyrnov O. F. 1073, 1083
Tyschuk Y. N. 585, 587
Usanov D. A. 667, 672, 674
Usol'tseva N. V. 735

ПИРАМИДАЛЬНЫЕ РЕШЕТКИ НАНОАНТЕНН

Слюсар Д. В.¹, Слюсар В. И.²

¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

²Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины
г. Киев, Украина

тел.: +38050-4436317, e-mail: swadim@inbox.ru

Аннотация — Представлены пирамидальные конструкции наноантенных решеток в составе многослойных наносхем для реализации беспроводных сетей на кристалле на основе технологий MIMO и MultiUser MIMO.

I. Введение

Традиционные антенные системы наноразмерных узловых элементов беспроводных сетей на кристалле (WiNoC) формируются на основе наноантенн, расположенных в плоскости размещения наносхем и имеющих диаграммы направленности, отжатые от подложки кристалла [1]. При многослойной реализации стековых конструкций микросборок (наносхем) WiNoC, выполненных в виде прямоугольных башен [2], каждый из уровней сборки содержит свои вибраторные антенны, обеспечивающие связь между слоями башенного наночипа и с соседними стеками микросборок. Однако для беспроводной связи между «набашнями» в [2] предложены лишь одиночные вибраторные антенны, тогда как для повышения пропускной способности MIMO-каналов передачи данных WiNoC целесообразно перейти к применению вертикально ориентированных наноантенных решеток.

В докладе представлены возможные варианты таких антенных конструкций, применение которых позволит повысить скорость передачи данных в WiNoC.

II. Основная часть

Простейшим вариантом совершенствования башенной технологии [2] для повышения пропускной способности беспроводных каналов связи между наносхемами WiNoC является объединение излучателей отдельно взятой грани стековой конструкции в кластерную антенную решетку. Однако при многослойной топологии наносхем для повышения эффективности рассеяния радиоволн в интересах технологии MIMO заслуживает внимания использование пирамидальных конструкций наностанций. При этом могут использоваться кольцевые, прямоугольные либо многогранные пирамидальные формы, в которых наноантенны располагаются на вертикальных стенках либо пьедесталах пирамиды (рис. 1). Пирамидальное размещение элементов антенн в наносхеме позволяет убрать затенение наностанциями друг друга и улучшает условия рефракции радиоволн внутри корпуса SoC. Для передачи данных между слоями внутри пирамиды также могут использоваться радиоканалы.

На верхнем уровне пирамиды для связи с макроразмерами могут размещаться печатные микрополосковые антенны на основе метаматериалов, например, типа CRLH. Такое решение позволяет формировать электрически малые излучатели для работы в сравнительно низкочастотных диапазонах. Топологию печатной антенны целесообразно оптимизировать для придания ей требуемой широкополосности и диапазонности на основе генетических или муравьиных алгоритмов оптимизации. Возможно

также использование диэлектрических резонаторных антенн (ДРА) либо иных разновидностей объемных электрически малых излучателей.

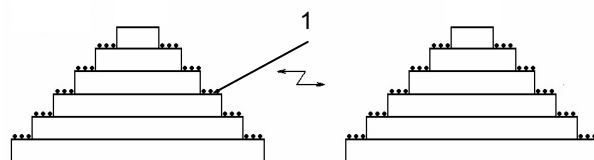


Рис. 1. Пирамидальная конфигурация наноантенных решеток на основе нановибраторных антенн Уда-Яги (позиция 1) в многослойных наносхемах (вид сбоку).

Fig. 1. The pyramidal configuration of nanoantenna arrays based on Yagi nanovibrator antennas (pos. 1) in multilayer nanocircuits (side view)

Следует отметить, что для реализации высокоскоростной передачи данных во внутричипной системе MIMO достаточно сформировать нанопирамиды в составе 4 - 8 уровней, хотя, если скорость передачи не является критичной, достаточно ограничиться и парой уровней.

В более общем случае в разных уровнях пирамидальной наносхемы могут использоваться разнотипные антенны (вибраторы, Уда-Яги и т.д.), чередоваться плоские и линейные решетки с разным количеством излучателей (рис. 2) при различной длине пьедесталов нанопирамиды. Это позволяет задействовать разные диапазоны частот в уровнях для реализации частотного разделения каналов и улучшения электромагнитной совместимости наносхем внутри чипа.

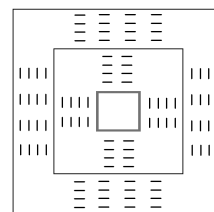


Рис. 2. Вид сверху на пирамидальную наноантенную решетку на основе нановибраторных антенн Уда-Яги с различным количеством излучателей в уровнях.

Fig. 2. The top view of a pyramidal nanoantenna array based on Yagi nanovibrator antennas with different quantity of emitters in levels

Дифференциация по уровням пирамиды структур нанорешеток позволяет эффективно использовать кластерную технологию формирования многопользовательских систем MIMO (далее - мульти-MIMO) в составе WiNoC. Для иллюстрации этих возможностей рассмотрим случай размещения в уровнях пирамидальных наносхем различного количества наноантенн Уда-Яги, имеющих в своем составе неодинаковое количество элементов для решения задачи передачи данных одновременно на нескольких частотах несущей.

щих. В качестве примера на рис. 2, 3 представлен вид сверху соответствующих вариантов трехъярусных пирамидальных наноузлов. На пьедестале первого уровня в каждой из граней пирамиды расположены 4-элементные наноантенные решетки на основе излучателей Уда-Яги, реализующие с взаимодействующими нанонодами чипа мульти-MIMO систему по схеме $N \times 4 \times 4$, где N – количество нанонодов. Во втором ярусе нанопирамиды, имеющем меньшую полезную площадь, в каждой из граней размещено по две наноантенны Уда-Яги, обеспечивающих формирование мульти-MIMO сети формата $N \times 2 \times 2$ в частотном диапазоне, например, с большей длиной волны, за счет высвободившейся в результате перехода к двухэлементной антенной решетке полезной площади. На третьем ярусе наносхемы расположена ДРА, обеспечивающая связь с макроуровнем.

Указанный кластерный принцип формирования антенных систем может применяться как для связи внутри WiNoC, когда кластер образуют одинаковые ярусы нескольких пирамидальных наносхем, так и для передачи данных на макроуровень. В последнем случае для увеличения дальности связи WiNoC с внешними потребителями имеет смысл использовать кооперативную передачу данных с помощью кластеризации распределенных на кристалле наносистем MIMO. В зависимости от дальности связи размер кластера может адаптивно изменяться путем объединения 4 и более наносхем в один излучатель. Пример 4-элементного кластера приведен на рис. 3. Аналогичное решение по принципу «матрешки» возможно и для реализации одновременной многочастотной связи, при этом верхний уровень наносхем объединен в один кластер, расположенные ниже – в другие кластеры. Указанным образом формируются кластеры, вложенные друг в друга и различающиеся рабочим диапазоном частот, количеством объединенных наносхем.

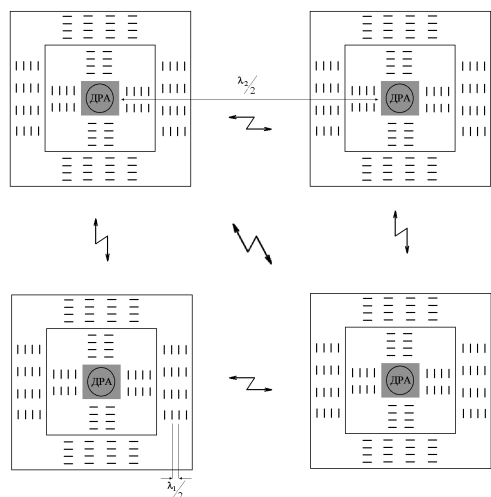


Рис. 3. Трехуровневые пирамидальные наносхемы с антеннами Уда-Яги и ДРА.

Fig. 3. 3-layer pyramidal nanocircuits with Yagi antennas and dielectric resonant antennas

Кластеры, образующие MIMO-систему, могут иметь неидентичную топологию, что позволяет минимизировать краевые эффекты, снизить уровни боковых лепестков диаграмм направленности, уменьшить взаимное влияние излучателей. Для каждого диапазона частот возможно создавать свою конфигурацию кластеров и их оптимальную топологию. В итоге обеспечивается связь в разных диапа-

зонах частот, в нескольких стандартах одновременно, для совместного решения различных по функциональному назначению задач. К примеру, возможно совмещать функции типа «передача данных + прием сигналов GPS», «связь с макроуровнем + беспроводное питание чипа с помощью ректенн».

Рассмотренный подход позволяет использовать сравнительно низкочастотное излучение внутри кристалла, улучшить энергетику радиоволн при передаче данных между удаленными периферийными участками чипа.

III. Заключение

Предложенные варианты пирамидальной конфигурации MIMO-решеток наноантенных элементов позволяют повысить пропускную способность каналов связи WiNoC за счет использования многоэлементных антенных конструкций. Совершенствование их дизайна и анализ электродинамики путем моделирования являются целью дальнейших исследований.

IV. Список литературы

- [1] Slyusar V. I., Slyusar D. V. System on chip with wireless communication of nanomodule //13th Intern. Forum "Radioelectronics and youth in the XXI Century". KNURE, 2009. P. 307. URL: http://www.slyusar.kiev.ua/HNURE_2009.pdf. (дата обращения: 26.05.2011).
- [2] Takamaro Kikkawa Wireless Inter-Chip Interconnects Using IR-UWB-CMOS // 10th IEEE International Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology (ICSICT). (Shanghai, Nov. 1–4, 2010). P. 623–626.

THE PYRAMIDAL NANOANTENNA ARRAY

Slyusar D. V.¹, Slyusar V. I.²

¹National Technical University of Ukraine "KPI"

²Central Research Institute of Weapons and Military Equipment of Ukraine's Armed Forces

Kyiv, Ukraine

Ph.: +38050-4436317, e-mail: swadim@inbox.ru

Abstract — The paper concerns the pyramidal designs of nanoantennas array as a part of multilayered nanocircuits for realisation of wireless networks on the chip (WiNoC) on the basis of MIMO and MultiUser MIMO technologies.

I. Introduction

The classical design principles of antenna system architectures for Wireless Network-on-Chip (WiNoC) are presented in [1]. A wireless interconnection technology using antennas on-chip has been proposed for three dimensional packaging in [2]. But these publications do not consider using of MIMO technology for inter-chip communication. This paper concerns pyramidal designs of nanoantennas array as a part of multilayered nanocircuits for realisation of wireless networks on the chip (WiNoC).

II. Main Part

As a result of this report the pyramidal design of nanochip with pyramidal configuration of a nanoantenna array can be considered. These four or more nanocircuits can be used for creation of clusters for long-range communication (1 - 10 meters) with a macrosystem on the basis of MIMO and MultiUser MIMO technologies. The optimization of clusters topology can be made with using of fractal theory and genetic or ant colony algorithms.

III. Conclusion

This work presents a new pyramidal design of the nanochip antenna array, which used as multi-frequency communication backbones for multi-core chips of Wireless Network-on-Chip (WiNoC).

Scientific Edition

Наукове видання

21st International
Crimean Conference
«Microwave &
telecommunication technology»:
Conference Proceedings
(in Russian and English
shell – in English)

21-ша Міжнародна
Кримська конференція
«Мікрохвильова техніка
та телекомунікаційні технології»:
Матеріали конференції
(російською та англійською мовами,
оболонка – англійською)

Issue executive
P. P. Yermolov

Відповідальний за видання
П. П. Єрмолов

Issue executive assistant
S. N. Minyailo

Помічник відп. за видання
С. М. Міняйло

Composition, make-up and CD Production
S. N. Minyailo, Ye. A. Red'kina

Комп'ютерна верстка та оболонка CD:
С. М. Міняйло, О. О. Редькіна

Editing of
English text
S. V. Pavlov
V. I. Soroka
A. A. Levina

Редагування тексту
англійською мовою:
С. В. Павлов
В. І. Сорока
А. А. Левіна

Signed to print 31.05.2011
Format A4
Publisher quire 148,1
Order 5-356

Підписано до друку 31.05.2011
Формат А4
Обл.-видавн. арк. 148,1
Зам. 5-356

Weber Publishing Co.
P.O. Box 10, Sevastopol, 99057, Ukraine
E-mail: 10.99057@gmail.com
Certificate ДК No 193, 20.09.2000

Видавництво «Вебер»
А/с 10, м. Севастополь, 99057
E-mail: 10.99057@gmail.com
Свідоцтво ДК № 193 від 20.09.2000