

微波遥感技术研讨会 论文集

Конференция по дистанционному
зондированию Земли в СВЧ диапазоне

СБОРНИК СТАТЕЙ



2000年12月 中国·北京
Пекин XII 2000 Года

73.7813
762

微波遥感技术研讨会

论文集

Конференция по дистанционному
зондированию Земли в СВЧ диапазоне

СБОРНИК СТАТЕЙ



2000年12月 中国·北京

Пекин XII 2000 Года

2101029

2001029

CO-SPONSORD BY

Institute of Electronics, Chinese Academy of Sciences (IECAS)

Special Research Bureau Moscow Power Engineering Institute (OKB MEI)

CHAIRMEN:



Yin Hejun
Acting Director of IECAS



Pobedonostsev K.A.,
Chief Director of OKB MEI

ORGANIZING COMMITTEE:

Yin Hejun	Pobedonostsev Konstantin Aleksandrovitch
Fang Honghuang	Volodarskaya Svetlana Mikhailovna
Wang Yanfei	Popov Sergei Mikhailovitch
Xia Shanhong	Zherdev Pyotr Aleksandrovitch
Zhù Minhui	Sokolov Aleksei Borisovitch
Yang Ruliang	Gusevski Vladlen Ilyitch
Bai Youtian	Feizulla Nuri Memetovitch
Li Jianping	
Zhang Yan	
Zhan Jin	
Chen Qiaozhen	

**Участникам конференции по
дистанционному зондированию
Земли, посвященной десятилетнему
сотрудничеству ИЭ АН КНР и ОКБ
МЭИ.**



Уважаемые товарищи!

Мне доставляет особое удовольствие приветствовать коллектив

Института электроники

Академии наук КНР

по случаю проведения научно-технической конференции, посвященной
десятилетнему юбилею сотрудничества

Института электроники АН Китая

с Особым Конструкторским Бюро МЭИ,

и отметить высокий уровень достижений, являющихся результатом Вашей
совместной работы.

Я счастлив, что являюсь основателем **ОКБ МЭИ**, а также тем, что
внес существенный вклад в организацию **Института электроники АН
КНР**, объединивших свои усилия в создании самой современной
радиолокационной и космической техники, без которой невозможно
представить сохранение среды обитания человечества и обеспечение его
будущего.

Современная техническая наука развивается усилиями кооперации
больших коллективов ученых и инженеров, и международное
сотрудничество является одной из веских составляющих этого процесса.

Мне хотелось бы пожелать коллективам **Института электроники и
ОКБ МЭИ**, на базе опыта совместного сотрудничества, объединить как
можно больше научных организаций **России и Китая** во имя процветания
наших народов.

Пусть **Вам** сопутствует успех в **Ваших** научных исследованиях и
инженерных разработках и удача в **Ваших** личных делах!

С наилучшими пожеланиями!

В. Котельников

Академик

«01» декабря 2000 г.

《微波遥感技术研讨会—IECAS 和 OKB MEI 合作十周年》

全体代表

尊敬的同志们：

值此庆祝 IECAS 和 OKB MEI 合作十周年的学术研讨会召开之际，我特别高兴地向中国科学院电子学研究所的全体员工表示祝贺，你们共同工作的成果具有很高的水平。

我是 OKB MEI 的创立者，并且为组建中国科学院电子学研究所做出过重要贡献，我为此感到幸福，通过自己的努力创立现代航天雷达技术，没有这种技术，保护人类生存环境和保障人类的未来，都是不可能的。

现代科学技术的发展是靠大批学者和工程师的共同努力，国际合作是其重要组成部分之一。

我希望中国科学院电子学研究所和 OKB MEI 的全体员工，在共同合作经验的基础上，为我们两国人民的繁荣，联合尽可能多的俄罗斯和中国的科研机构。

祝你们在你们的科研工作和工程研制工作中取得成就！祝你们每个人事业成功！

致以最美好的祝愿！

B. 卡捷里尼科夫 院士

2000 年 12 月 1 日

The Symposium of Microwave Remote Sensing Technology——Cooperation of Ten Years between IECAS and OKB MEI

To all delegates

Ladies and gentlemen,

I'm very glad to congratulate the staff of Institute of Electronics, Chinese Academy of Sciences(IECAS) on your high level achievements at the moment of celebrating the open of the symposium on microwave remote sensing technology——cooperation of ten years between IECAS and OKB MEI.

I'm the founder of OKB MEI, and used to make an important contribution to the founding of IECAS. I'm very happy for my contribution to the establishment of modern aerospace radar technology because it is impossible to protect human living surroundings and guarantee human future without the technology.

The development of modern technology and science depends on the effort of a large number of scholars and engineers, in which international cooperation plays an important role.

I hope that the staff of IECAS and OKB MEI should hold more Russian and Chinese scientific research organizations to work together for our both people's prosperity on the basis of cooperation experience.

Wish you the achievements in your scientific research and engineering project!

Wish you all success in your career!

Best wishes!

Academician B.Kotelnikov

2000/12/1

前言

以合成孔径雷达(SAR)为代表的微波成像雷达技术,由于具有全天候、全天时工作,能高分辨率大面积成像,对土壤、植被有一定的穿透能力等独特的优点,已成为对地观测的重要手段,在灾害监测、资源调查、环境监视、海洋研究、测绘、军事侦察等领域显示出广泛的应用价值和巨大的发展潜力,受到世界各国的广泛重视。航空航天合成孔径雷达技术的研究与应用已成为显示一个国家综合国力和科学技术水平的重要标志之一。

中国科学院电子学研究所(IECAS)从七十年代中期就建立研究室专门从事微波遥感技术及其应用的研究。二十多年来,在国家主管部门和中国科学院的领导下,在机载、星载 SAR 系统的研制;遥感卫星地面接收、处理、应用系统的建设;微波成像技术新体制、新理论、新概念的研究等方面都取得了巨大进展,并获得多项重大科研成果。俄罗斯莫斯科动力学院专门设计局(OKB MEI)是俄罗斯航天技术领域的重要研究基地之一,也是世界上著名的对地观测卫星和深空探测有效载荷及其应用系统的主要研制单位之一,在星载 SAR 系统、星载 SAR 定标技术、星上实时成像处理技术、巨型天线的地面接收站、轻型网状抛物面天线、微波辐射计、微波散射计、雷达高度计、测控系统、通信系统等方面都获得了出色的研究成果和实际应用。中国科学院电子学研究所与莫斯科动力学院专门设计局自 1990 年 12 月起在微波遥感技术领域就共同感兴趣的内容开展了广泛、深入、实质性的合作。十年的合作对促进双方的研究工作,对两国微波遥感技术的发展,都起到了积极的推动作用,同时双方专家在共同工作过程中建立了深厚的友谊。随着两国友好关系的不断推进,双方的合作一定会得到更大的发展,也一定会取得更加丰硕的成果。

本论文集汇集了近年来中俄专家在微波遥感技术及其应用研究领域中的一些研究论文和近期合作的部分研究成果,从一个侧面反映了他们具有特色的创造性工作。尽管这里仅记载了他们科研活动的很少一部分,但从中可以感受到两国专家在微波遥感技术领域勤于钻研、善于创新、勇于攀登的精神。展望二十一世纪,微波遥感技术不仅将为信息社会提供全球化的高分辨率的信息资源,更重要的是将为维护世界和平和社会进步作出更大的贡献。借此谨向特约撰稿的各位专家、向文集的出版付出心血的各位朋友、向阅读文集的各位专家领导表示由衷的感谢。

阴和俊

巴别达诺斯采夫 K.A.

中国科学院电子学研究所
常务副所长

俄罗斯联邦莫斯科动力学院
专门设计局局长

PREFACE

Synthetic Aperture Radar (SAR), as the representative of microwave imaging radar technology, can image large area with high resolution in day-night and all-weather, and can penetrate earth and vegetation, hence it has been the important method to observe the earth. Many countries have paid much attention to SAR because of its wide and growing potential applications in disaster inspecting, resource exploration, environmental monitoring, sea researching, mapping, military reconnaissance. Airborne and space-borne SAR technology has been one of the important indications of national power and level of science and technology.

Institute of Electronics, Chinese Academy of Sciences (IECAS) has established laboratories that specially research the microwave remote sensing technology and its application since the middle of 70s. During the recent twenty years, IECAS has made great progress in the research and development of airborne and space-borne SAR system, the satellite ground system for the reception, processing and application of remote sensing data as well as new system, new theory and new concept of microwave imaging technology. The Special Research Bureau Moscow Power Engineering Institute (OKB MEI) is one of the important research bases in the aerospace technology in Russia, and is also one of the major research bases in the systems for the observation of the earth and the detection of deep space. OKB MEI has obtained prominent research achievements in space-borne SAR system, space-borne SAR calibration technology, real-time imaging processing in space technology, ground receiving station with giant antenna, light net-like paraboloid antenna, microwave radio-meter, and microwave scatter-meter, radar altimeter, measurement and control system, communication system, etc., all of which have practical application. IECAS and OKB MEI have cooperated widely, deeply and truly in the field of the microwave remote sensing technology since Dec. of 1990. Ten years' cooperation promotes the research work in both sides, and improves the microwave remote sensing technology in two countries, and at the same time, the experts in both sides have established their deep friendship in the process of cooperation. The friendly cooperation, we believe, will make greater progress and will be more fruitful with the development of the cooperation between two countries.

This Proceedings collects some research papers of the Chinese and Russian experts in the recent years in the field of microwave remote sensing technology and its applications, and contains some of the research achievements during the cooperation between two countries' experts, which shows their innovative work from one side-face. Although this Proceedings collects only a small part of their research achievements, it still reflects their spirit of working hard and creatively. Prospecting the 21st century, the microwave remote sensing technology will be used not only for providing the information society with the global high-resolution information resource, but also for maintaining the world peace and the continuous progress of society. Finally, we would like to thank all authors, experts and friends who have devoted their effort to organizing the symposium and publishing this Proceedings.

Hejun Yin
Acting Director of IECAS

K.A. Pobedonostsev
Chief Director of OKB MEI

CONTENTS

P-1	Summary of Ten Year Cooperation on Microwave Remote Sensing Yin Hejun (IECAS) K.A. Pobedonostsev (OKB MEI).....	1
P-2	Research in the Earth remote sensing (ERS) within the framework of Russian space program G.M.Polyishchuk (Rosaviacosmos)	
P-3	Remote Sensing Applications in China Sun Laiyan (CNSA).....	13
P-4	The Microwave Remote Sensing Technology in China facing 21st Century Jiang Jingshan(Space Center, Chinese Academy of Sciences)	
P-5	Earth remote sensing in microwave range on Russian manned space complexes V.I.Lukjashchenko (CRI MB).....	19
P-6	About ERS personnel training at OKB MEI S.M.Volodarskaya (OKB MEI) V.N.Kuleshov (MEI).....	29
S-1	Disaster and Environment Monitoring system using Small Satellite Constellation Li Ming, Hu Qizheng (Beijing Institute of Spacecraft System Engineering, Chinese Academy of SpaceTechnology).....	36
S-2	Peculiarities of constructing two-frequency polarimetric SAR taking into account the polarization signal separation Zhu Minhui, Yang Ruliang, Bai Youtian, Jing Linjiao, Lei Hong (IECAS) K.A.Pobedonostsev, P.A.Zherdev, G.A.Sokolov, V.I.Gusevski, S.E.Chadov, N.E.Babarin (OKB MEI).....	49
S-3	Synthetic aperture radar for a small space vehicle Yang Ruliang, Bai Youtian, Jing Linjiao (IECAS) K.A.Pobedonostsev, S.M.Popov, G.A.Sokolov, A.B.Sokolov, P.A.Zherdev, N.M.Feizulla (OKB MEI).....	73
S-4	Ways of perfecting folding self-deployable reflector antennas for small space vehicles Lei Hong, Cai Ansheng (IECAS) N.M.Feizulla, V.A. Panteleev, Y.A.Kisanov (OKB MEI).....	87

S-5	Study on the Imaging System Concept of Distributed Micro-Satellite SAR Wang Yanfei,Zhang Bingchen,Liao Shuyan,HanSong,Yu Weidong, Dai Bowei(IECAS).....	118
S-6	Two-frequency synthetic aperture radar for small space vehicles. S.M.Popov, P.A.Zherdev, A.B.Sokolov, N.M.Feizulla (OKB MEI).....	130
S-7	Design of two frequency multi-polarized PAA for synthetic aperture radar Lei Hong, Cai Ansheng (IECAS) S.E.Chadov, V.I.Gusevsky (OKB MEI).....	150
S-8	Research of L-Band Multi-polarization SAR Antenna Lei Hong (IECAS) Fu Guang(Xi'an University of Electronic Science and Technology).....	169
S-9	The Study of New Operation Modes for Spaceborne Polarimetric SAR System Dai Bowei,Wang Xiaolan,Yang Ruliang (IECAS).....	187
S-10	Problems of creating an interferometric SAR Popov S.M., Baskakov A.I., Gusevsky V.I., Terekhov V.A (OKB MEI).....	197
S-11	Focusing Algorithms for Spotlight SAR Data Processing Mao Shiyi, Li Shaohong, Hong Wen, Yuan Yunneng, Sun Jinping and Fu Wenxian (Electronic Engineering,Beijing University of Aeronautics and Astronautics).....	207
S-12	On-board processing and mating of SAR output information body with limited radio link possibilities Wang Yanfei, Han Song, Yu Weidong, Liu Yu (IECAS) S.M.Popov, V.P.Sizov, I.A.Aristov, Y.I.Lukashenko (OKB MEI).....	228
S-13	Problems of developing and designing an active calibrator for precise SAR Calibration A.B.Sokolov, V.D.Starikov, P.A.Zherdev, Y.N.Filatov (OKB MEI).....	247
T-1	Methods and instruments of calibration of space basing polarimetric SAR Hong Jun, Wang Hongqi (IECAS) Zakharov A.I. (IRE RAS) Zherdev P.A., Chadov S.E., Borisov M.M. (OKB MEI).....	269
T-2	Research of RadarSat SAR Radiometric Calibration Experiments Hong Jun, Wang Hongqi, Zang Bingrong(IECAS).....	283
T-3	An Extended Phase Gradient Autofocus Method For Space-Variant	

Phase Error Correction Ding Chibiao(IECAS).....	298
T-4 The algorithms and technique of accounting the calibration corrections at the stage of the image digital synthesis Hong Jun, Wang Hongqi (IECAS) A.I.Zakharov (IRE RAS) P.A.Zherdev (OKB MEI).....	306
T-5 A Sea Target Fast Detection Method for Satellite SAR Cheng Hongwei ¹ , Jiang Yongmei ² (¹ Beijing Institute of Tracking and Telecommunication Technique; ² Institute of Electronic Engineering, National University of Defense Technology).....	317
T-6 State-of-the-art and Expectation of Surveying and Mapping Research on SAR Chang Benyi (Xi'an Research Institute of Surveying and Mapping, China).....	332
T-7 Application of aperture orthogonal polynomials method for non uniformly phased antenna arrays synthesis V.I.Gusevsky, M.V.Lavrentyev (OKB MEI).....	343
T-8 Fusion technology of SAR image classifications based on edge detection Cheng Fang, Wu Yirong, Zhu Minhui (IECAS).....	355
T-9 Optimal algorithms of discrete random signals resolution in SAR systems G.A.Sokolov (OKB MEI).....	364
T-10 Error Polarization Signature and Its Applications Qi Xiangyang, Zhu Minhui, Bai Youtian(IECAS).....	380
T-11 To the problem of ionosphere effect on polarimetric SAR qualitative characteristics Bai Youtian, Hong Jun, Wang Hongqi (IECAS) V.I.Gusevsky, V.A.Permiyakov, P.A.Zherdev, A.I.Zakharov (OKB MEI).....	388
T-12 Problems of complex antenna systems characteristics optimization for space- borne SAR. V.I.Gusevsky, S.E.Chadov (OKB MEI).....	401
T-13 New method of scanning PAA beam control V.I.Gusevsky, S.K.Kastovskii (OKB MEI).....	417

微波遥感 十年合作

阴和俊

巴别达诺斯采夫 K. A.

(中国科学院电子学研究所常务副所长)

(俄罗斯莫斯科动力学院专门设计局局长)

中国科学院电子学研究所与俄罗斯莫斯科动力学院专门设计局在微波遥感技术领域开展科技合作已经整整十年了。十年来，我们两个单位之间真诚友好的合作，使双方都受益匪浅。回顾十年友好合作的历程，认真总结成功的经验，对于进一步加强和扩展双方的科技合作，是重要、十分有益的。

(一)

中国科学院电子学研究所(以下简称电子所)成立于 1956 年，自 1976 年 5 月组建了中国第一个以合成孔径雷达为主要研究方向的微波遥感技术与信息科学研究室起，就系统地开展了微波遥感技术的研究。二十多年来，在机载、星载合成孔径雷达系统的研制与应用方面取得了重大进展，在合成孔径雷达的数据压缩、实时成像处理、定标等关键技术的研究上取得了重大突破，已经完成几代机载合成孔径雷达的研制工作，系统性能不断改善，图像质量显著提高，曾进行了二百多架次的实验和应用飞行，在防洪救灾、水文监测、工程地质、农业生态、测绘等方面得到广泛应用。

七十年代研制成功中国第一台合成孔径雷达原理样机，获得中国第一批合成孔径雷达图像。

八十年代研制成功中国第一部具有实用价值的机载单通道单极化合成孔径侧视雷达系统，第一部机载多通道多极化合成孔径雷达系统，并负责开展了中国第一部星载合成孔径雷达系统的总体论证工作。

九十年代研制成功中国第一台合成孔径雷达实时成像处理器。联合国内有关优势单位，研制成功中国第一部星载合成孔径雷达模样机。

二十多年来，在国家主管部门和中国科学院的领导下，电子所承担并完成了多项国家重点科研项目，取得了丰硕的科研成果。业已形成一支结构合理、学术水平高、实践经验丰富、具有高度责任心的研制队伍；目前，微波遥感技术及其应用研究已成为电子所的重要研究方向。电子所现设有星载雷达系统部、成像雷达系统部、现代信息技术部、微波成像技术国家重点实验室等四个研究部门，已成为中国微波遥感技术的主要研究基地之一。

俄罗斯莫斯科动力学院专门设计局(下称专门设计局)成立于 1947 年，第一任局长卡捷里尼柯夫是世界著名的电子学专家、前苏联科学院院士，主要技术骨干皆来自苏联著名的大学和研究机构，技术实力雄厚。专门设计局是俄罗斯航天技术领域的重要研究基地之一，五十多年来，先后为前苏联、俄罗斯航天事业的发展，做出了巨大贡献，取得了辉煌成就，主要体现在以下几个方面：

1、专门设计局是前苏联、俄罗斯卫星测控系统、通信系统、第一次载人飞行和第一次太空行走电视实况转播系统的主要研制单位。

2、七十年代，专门设计局研制成功并建成两座具有 64 米孔径巨型天线的地面接收站，具有世界领先水平。研制成功可展开式轻型网状抛物面天线，质量轻，增益高，展开机构简单、可靠，已广泛应用于航天系统。

单、可靠，已广泛应用于航天系统。

3、专门设计局是对地观测卫星和深空探测卫星有效载荷的主要研制单位之一，研制的航天电子系统包括合成孔径雷达、雷达高度计、微波辐射计、微波散射计等。

4、1983 年研制成功金星-15、金星-16 探测器，利用合成孔径雷达、雷达高度计和微波辐射计，获得了金星北半球的三维雷达图像，这在人类历史上尚属首次。在金星-15、金星-16 的合成孔径雷达系统中，首次成功地实现了星载合成孔径雷达的星上实时成像处理。

5、八十年代，专门设计局研制了用于地球资源卫星的合成孔径雷达。

6、九十年代初，研制成功星载双频双极化合成孔径雷达，后来装载在和平号空间站上。这两种星载合成孔径雷达都装有星上实时成像处理系统。

7、在这之后的几年中，专门设计局参加了《Bera》、《Φοδос》和《火星-96》的研制任务。

8、九十年代，专门设计局在星载合成孔径雷达定标技术、定标设备、定标系统和合成孔径雷达图像定标校正的研究工作中，获得了显著成果，并通过和欧空局的合作，利用 ERS-1、ERS-2，进行了大量定标实验，取得了很好的结果。

电子所和专门设计局在微波遥感技术研究领域皆具有较强的技术实力，都承担过本国的许多重大研究项目。在微波遥感技术领域积极开展友好合作，无疑对双方都是有益的，十年来合作的实践也充分证明了这一点。

(二)

1990 年 12 月，电子所和专门设计局开始建立友好合作关系。十年来，双方科技合作的主要内容包括以下几个方面：

1、单波段单极化星载合成孔径雷达

1990 年 12 月，电子所的两任专家访问了专门设计局。1991 年 5 月专门设计局局长等三位专家回访了电子所。在双方互访的基础上，应电子所邀请，专门设计局两位从事星载合成孔径雷达系统研制工作的专家和俄罗斯科学院无线电电子学研究所一位从事星载合成孔径雷达数字信号处理的专家来所开展了历时三个多月的合作研究，其间，俄罗斯专家向中国同行介绍了装载在金星-15、金星-16 探测器上的合成孔径雷达和雷达高度计，介绍了他们研制星载合成孔径雷达系统的实践经验，双方专家探讨了研制星载合成孔径雷达系统的有关技术问题。在此基础上，电子所和专门设计局于 1993 年签订了名为“L 波段星载合成孔径雷达技术建议书”的第一项合作协议。技术建议书的内容包括系统方案论证、主要性能参数的分析、计算、分系统的划分及主要技术要求、地面联调测试、对卫星的要求等。

在这一阶段的合作过程中，电子所的专家从俄罗斯专家那里学到了许多关于研制星载合成孔径雷达的经验；技术建议书对于电子所开展的 L 波段星载合成孔径雷达前期论证工作发挥了很好的参考作用。

2、小卫星合成孔径雷达

小卫星合成孔径雷达是当前星载合成孔径雷达发展的前沿和热点之一。电子所和专门设计局都非常重视这方面的研究工作，双方从 1997 年开始进行小卫星合成孔径雷达的合作，重点是解决小卫星合成孔径雷达的特殊技术问题，如：降低系统功耗，减轻系统质量，降低数据率等。

通过双方专家的共同努力，得到了比较满意的研究结果：分辨率优于 5 米，观测带宽大

孔径雷达系统在技术上是完全可行的。

3、可展开式轻型网状抛物面天线

降低小卫星合成孔径雷达天线的质量是小卫星合成孔径雷达必须要解决的关键技术之一，小卫星合成孔径雷达的天线必须具有质量轻、增益高、展开机构简单、可靠等特点。经过双方专家的反复调研、分析论证，一致认为为设计局研制的可展开式轻型网状抛物面天线完全符合上述要求，并且经过了多次航天应用飞行的检验。因此，电子所决定引进专门设计局研制的 $6\text{M} \times 2.8\text{M}$ 可展开式轻型网状抛物面天线实验样机。双方于 1999 年 9 月签订了合同，2000 年 8 月共同完成了交收实验，2000 年 9 月可展开式轻型网状抛物面天线实验样机按时运抵北京，现已安装调试到位。

4、星载合成孔径雷达定标技术

星载合成孔径雷达定标是提高系统性能、实现定量分析的关键技术。电子所和专门设计局在星载合成孔径雷达定标技术研究方面进行了密切合作，研究内容包括：星载合成孔径雷达的辐射定标、极化定标、无源定标器、有源定标器、定标实验、星载合成孔径雷达图像的定标校正等。

5、电子所和专门设计局还就星载双频多极化多模式合成孔径雷达系统、星载合成孔径雷达星上实时信息处理系统、对流层和电离层对星载合成孔径雷达主要性能的影响等事项开展了卓有成效的合作，取得了令人满意的进展。

(三)

电子所和专门设计局在微波遥感技术领域已进行一系列重要理论和关键技术合作，取得了丰硕成果。十年来，双方人员互访达 112 人次，共签订合作协议八项，合作的内容紧密围绕微波遥感技术发展的前沿和热点，起点高、难度大。在合作过程中，除解决了许多关键技术问题、完成大量研制报告和实验样机外，还联合发表了 15 篇研究论文，有力地推动了双方的研究工作，并为今后进一步加强和扩展双方在这一技术领域的友好合作奠定了坚实的基础。

回顾十年科技合作的历程，我们深深感到：

1、中俄两国人民的深厚友谊和近十年来两国政府友好关系的稳定、持续发展，是我们两个单位之间友好合作顺利发展的基础。

2、两国主管部门的热情关怀和积极支持，是双方科技合作持续发展的保证。

3、电子所和专门设计局一直非常重视并积极发展双方的科技合作，双方专家在合作过程中建立了深厚的友谊，一直体现了真诚友好、相互尊重、相互理解、相互信任的精神。我们不仅是合作的伙伴，而且也是真正的朋友。

4、双方的科技合作是互利互惠的，对双方的研究工作都起到了积极的推动作用。因此，对于进一步加强和扩展今后的合作，双方都抱有强烈的愿望。

我们相信，随着两国政府友好关系的不断推进，双方在微波遥感技术领域的友好合作，一定会有更大的发展，一定会取得更加丰硕的成果。

Итоги десятилетнего научного и технического сотрудничества между ОКБ МЭИ и IECAS.

Acting Director Dr. Yin Hejun
Institute of Electronics, Chinese Academy of Science

Директор К.А. Победоносцев
Особое Конструкторское Бюро Московского энергетического института

Сотрудничество между Институтом Электроники Китайской Академии Наук и Особым Конструкторским Бюро Московского Энергетического Института в области микроволнового дистанционного зондирования длится уже десять лет. В течение этого десятилетия дружеское и плодотворное сотрудничество принесло взаимную выгоду обеим сторонам. Поэтому очень важно и полезно подвести итоги сотрудничеству этого периода и суммировать опыт дальнейшего укрепления и расширения двухстороннего сотрудничества.

(1)

В середине семидесятых Институт Электроники Академии наук КНР (IECAS) начал исследования по технологии микроволнового дистанционного зондирования и его применения. В течение десятков лет, под руководством правительства и академии наук КНР, IECAS предпринял и завершил несколько больших национальных проектов и достиг значительных результатов. Сейчас оптимально структурированный персонал, имеющий большие научные достижения и богатый опыт, работает и обучается в IECAS. В настоящее время технология микроволнового дистанционного зондирования и исследование его применения стали одним из основных направлений научных исследований IECAS. В состав IECAS входят следующие подразделения: Отдел разработки космических радиолокационных систем, Отдел разработки радиолокационных систем с синтезированной апертурой, Отдел современных информационных технологий и Государственная лаборатория по микроволновому дистанционному зондированию. IECAS является одной из основных организаций в области технологий микроволнового дистанционного зондирования в Китае.

• На протяжении последних десятилетий IECAS добился большого прогресса в разработке самолетных РСА и завершил ряд основополагающих исследований в области самолетных РСА. Характеристики таких систем были значительно улучшены. Было выполнено более двухсот экспериментальных и рабочих полетов. Результаты нашли применение в контроле и предсказании наводнений, гидрологическом мониторинге, геологии, аэрологии, составлении карт и т.д.

С конца восьмидесятых IECAS развернул исследовательские работы по первому поколению РСА космического базирования.

IECAS достиг большого прогресса в области цифрового сжатия данных РСА, обработке изображений в реальном масштабе времени и техники калибровки.

Особое Конструкторское Бюро Московского энергетического Института (ОКБ МЭИ) было основано в 1947 г. по решению правительства СССР. Первым

директором был академик АН СССР Котельников В.А., всемирно известный специалист в области радиотехники. Основное ядро научных специалистов составили выпускники известных университетов и институтов СССР. ОКБ МЭИ играет значительную роль в научных исследованиях по российским и международным программам. ОКБ МЭИ одно из основных исследовательских предприятий в области космических технологий России. На протяжении своей истории ОКБ МЭИ добилось блестящих успехов и внесло большой вклад в развитие космонавтики СССР и России:

1. В СССР и России ОКБ МЭИ было ведущей организацией в разработке спутниковых систем, радиотелеметрии и траекторных измерений, программы прямой телетрансляции для первых космических запусков и первого пилотируемого полета.
2. В семидесятых годах ОКБ МЭИ построило два радиотелескопа, оснащенных гигантскими зеркальными антеннами диаметром 64 метра в Центре Космической Связи ОКБ МЭИ в Медвежьих Озерах и г. Калязине и в этой области ОКБ МЭИ играет ведущую роль в мире.
3. В семидесятых годах разработана серия легких развертывающихся сетчатых параболических антенн, в том числе больших размеров, основное достоинство которых – малый вес, большой коэффициент усиления, простота и надежность развертываемой конструкции, и которая находит широкое применение в космических исследованиях.
4. ОКБ МЭИ одна из ведущих организаций в разработке эффективной полезной нагрузки космического применения для исследования ближнего и дальнего космоса. Космические электронные системы, разрабатываемые ОКБ МЭИ включают радиолокаторы с синтезированной апертурой, радиовысотомеры, СВЧ радиометры и т.д.
5. В 1983 ОКБ МЭИ разработало и поставило для межпланетных станций «Венера-15» и «Венера-16» локатор с синтезированной апертурой (РСА), радиовысотомер и радиометр с помощью которых впервые в истории человечества получили трехмерное изображение северного полушария Венеры. На РСА космических аппаратов «Венера-15» и «Венера-16» впервые была реализована обработка изображений в реальном масштабе времени на борту.
6. В 1980-х ОКБ МЭИ разработало РСА для КА «Ресурс», предназначенный для исследования природных ресурсов Земли. В начале 90-х был разработан двухчастотный многополяризационный РСА космического базирования, который затем был установлен на космической станции «Мир». Оба этих РСА имели систему обработки изображений в реальном масштабе времени.
7. В последующие годы ОКБ МЭИ приняло участие в разработке проектов «Вега» (Венера – Галлея), «Фобос» и «Марс-96».
8. В девяностых годах ОКБ МЭИ добился значительных достижений в технологии калибровки РСА космического базирования, включая разработку оборудования для калибровки калибровочных систем и улучшения изображений, полученных с помощью РСА. Было проведено большое число экспериментов по калибровке и были получены хорошие результаты с использованием европейских спутников ERS-1 и ERS-2 в рамках сотрудничества с Европейским космическим агентством.

Как IECAS, так и ОКБ МЭИ обладают значительными возможностями в области микроволнового дистанционного зондирования и выполнили много важных проектов для своих стран. Дружеское сотрудничество в области микроволнового дистанционного зондирования между двумя исследовательскими организациями принесет выгоду обеим сторонам. Практика десятилетнего дружеского сотрудничества доказывает это.

(II)

IECAS и ОКБ МЭИ начали дружеское сотрудничество в декабре 1990 г. В течение десятилетия сотрудничество между двумя сторонами заключалось в следующем:

1. Одночастотный однополяризационный РСА

В декабре 1990 г. два специалиста IECAS посетили ОКБ МЭИ. В мае 1991 г. директор ОКБ и два других специалиста посетили IECAS. В 1990-1991 г. обе стороны обменивались визитами. На основе предварительной договоренности и желания сотрудничества два специалиста ОКБ, которые занимаются научными исследованиями в области РСА, и специалист из Института Радио-электроники Российской Академии Наук, который занимается цифровой обработкой сигналов РСА, были приглашены IECAS в 1992 г. Они работали в IECAS в течение ста дней. В течение трех месяцев три российских специалиста представляли РСА и высотомер, размещенные на КА "Венера-15" и "Венера-16" и опыты, которые они выполняли в процессе разработки системы. На данной основе IECAS и ОКБ МЭИ подписали контракт, в котором IECAS просит ОКБ представить Техническое предложение "РСА L-диапазона для КА». А в 1994 г. ОКБ МЭИ закончило и отправило Техническое предложение в IECAS. Техническое предложение содержало аргументацию схемы системы, анализ и расчет основных характеристик, разделение на подсистемы, основные технические требования, наземную комплексную отладку и тестирование, требования к малым спутникам и т.д.

В течение данного периода специалисты IECAS получили от российских экспертов много полезной информации. Техническое предложение, представленное ОКБ МЭИ было очень полезным на ранней стадии аргументации РСА L-диапазона для КА. Таким образом, обе стороны достигли взаимопонимания и построили хорошую базу для дальнейшего сотрудничества.

2. Микро – РСА

РСА для малых КА был одним из "граничных" и "горячих" точек в разработке радиолокационных средств дистанционного зондирования. Обе стороны уделяют большое внимание развитию в данной области. Основной частью исследовательской работы было то, каким образом решать специальные технические проблемы РСА для малых КА, такие как сокращение потребляемой мощности, уменьшение веса системы, снижение скорости передачи данных.

В результате напряженной работы обеих сторон были достигнуты удовлетворительные результаты. Таким образом, РСА для малых КА был разработан, он имеет разрешение лучше 5 м, полосу 40 км, скорость передачи данных не более 300 Мбит/с, потребляемую мощность 1200 Вт и вес менее 150 кг.