माइक्रोवेव टैक्नोलॉजी का रक्षा क्षेत्र में अहम् योगदान

अवधेश कुमार शुक्ला

रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन
रक्षा मंत्रालय, नई दिल्ली - 110 011

माइक्रोवेव टैक्नोलॉजी का रक्षा क्षेत्र में अहम् योगदान

माइक्रोवेव टैक्नोलॉजी का रक्षा क्षेत्र में अहम् योगदान

अवधेश कुमार शुक्ला

रक्षा इलैक्ट्रॉनिक्स अनुप्रयोग प्रयोगशाला (डीईएएल)

रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन

रक्षा मंत्रालय, नई दिल्ली – 110 011

2025

डीआरडीओ मोनोग्राफ्स/विशेष प्रकाशन श्रृंखला

माइक्रोवेव टैक्नोलॉजी का रक्षा क्षेत्र में अहम् योगदान

अवधेश कुमार शुक्ला

मुख्य सम्पादक	**सम्पादक**	**सहायक सम्पादक**
किरन चौहान	अलका बंसल	राजेश कुमार

सम्पादकीय सहायक

गुँजन बक्शी

शुक्ला, अवधेश कुमार

माइक्रोवेव टैक्नोलॉजी का रक्षा क्षेत्र में अहम् योगदान

डीआरडीओ मोनोग्राफ्स/विशेष प्रकाशन श्रृंखला

1. माइक्रोवेव टैक्नोलॉजी
2. इलैक्ट्रोमैगनेटिक वेव
3. प्रोपेगेशन
4. राडार टैक्नोलॉजी
5. उपग्रह संचार

I. शीर्षक II. श्रृंखला

621.37:623

© 2025, रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन, नई दिल्ली – 110 011.

आई एस बी एन: 978-93-94166-49-3

इस प्रकाशन में शामिल लेख लेखक की विचार सामग्री है, और संपादक एवं प्रकाशक लेखक द्वारा व्यक्त किए गए बयान/राय के लिए जिम्मेदार नहीं होंगे।

मुख पृष्ठ	**प्रेषण**	**मुद्रण**
राजेश कुमार	दीप्ति अरोड़ा	राजेश कुमार सिंह

रक्षा वैज्ञानिक सूचना तथा प्रलेखन केंद्र (डेसीडॉक), डीआरडीओ
मेटकॉफ हाउस, दिल्ली – 110 054 द्वारा प्रकाशित

अनुक्रमणिका

प्रस्तावना *xi*

आभार प्रस्तावना *xiii*

अध्याय 1: माइक्रोवेव्स का परिचय **1**

1.1 परिचय (Introduction) 1

1.2 विद्युतचुंबकीय स्पेक्ट्रम एवं इसकी रेंज (Electromagnetic Spectrum and its Ranges) 2

1.3 माइक्रोवेव बैन्ड का वर्गीकरण (Microwave Band Classification) 3

1.4 माइक्रोवेव आवश्यक क्यों? 4

1.5 मिलीमीटर तरंगें (Millimeter Waves) 7

1.6 माइक्रोवेव मापन की यूनिट (Microwave Units of Measure) 9

1.7 माइक्रोवेव के गुण (Characteristics of Microwave) 16

1.8 माइक्रोवेव संचरण क्षीणता (Microwave Propagation Impairments) 17

1.9 माइक्रोवेव के अनुप्रयोग (Applications of Microwaves) 20

अध्याय 2: विद्युत चुम्बकीय तरंग सिद्धान्त की समीक्षा **25**

2.1 परिचय (Introduction) 25

2.2 सुचालक एवं परावैद्युत पदार्थों के गुण (Properties of Conducting and Dielectric Material) 27

2.3 डिसप्लेसमेंट करेंट की धारणा (Concept of Displacement Current) 28

2.4 विद्युत चुम्बकीय तरंगों का संचरण (Electromagnetic Wave Propagation) 30
2.5 मैक्सवेल का समीकरण (Maxwell's Equations) 30
2.6 फ्री स्पेस के लिए मैक्सवेल समीकरण (Maxwell Equation in Free Space) 36
2.7 समरूप प्लेन तरंगें (Uniform Plane Waves) 37
2.8 विद्युत चुम्बकीय तरंगों के संचरण की विधियाँ (Modes of Propagation of EM Waves) 38
2.9 प्लेन तरंगों के गुण (Properties of Plane Waves) 39
2.10 विद्युतचुंबकीय तरंगों की उत्पत्ति का सिद्धांत (Principle of Electromagnetic Generation) 40
2.11 स्किन इफेक्ट एवं स्किन डेप्थ की धारणा (Concept of Skin Effect and Skin Depth) 41
2.12 विद्युतचुंबकीय तरंगों के ध्रुवण की धारणा (Concept of Electromagnetic Wave Polarsation) 44
2.13 विद्युतचुंबकीय पावर (Electromagnetic Power) 46

अध्याय 3: माइक्रोवेव ट्रान्समिशन लाइन्स **49**

3.1 परिचय (Introduction) 49
3.2 पैरेलल दो-वायर ट्रान्समिशन लाइन्स (Parallel Two Wire Transmission Lines) 50
3.3 रिफलेक्टेड तरंगें (Reflected Waves) 52
3.4 टर्मिनेटेड ट्रान्समिशन लाइन्स (Terminated Transmission Lines) 55
3.5 माइक्रोवेव फ्रिक्वेन्सी पर ट्रान्समिशन लाइन सर्किट एलीमेंट के रूप में (Transmission Line Acts as Circuit Elements at Microwave Frequency) 65
3.6 मैचिंग (Matching) 68
3.7 प्लेनर ट्रान्समिशन लाइन्स (Planar Transmission Lines) 72

अध्याय 4: माइक्रोवेव कोम्पोनेंट्स को निर्मित करने की टैक्नोलॉजी **83**

4.1 परिचय (Introduction) 83

4.2 कोक्सियल लाइन्स (Coaxial Lines) 84
4.3 वेव गाइड टैक्नोलॉजी (Waveguide Technology) 90
4.4 हाइब्रिड MIC टैक्नोलॉजी (Hybrid Microwave Integrated Circuit Technology) 102
4.5 MMICs टैक्नोलॉजी (Monolithic Microwave Integrated Circuit Technology) 106
4.6 मेम्स टैक्नोलॉजी (MEMS ⇒ Micro-Electro-Mechanical Systems Technology) 113

अध्याय 5: माइक्रोवेव निष्क्रिय घटक 123

5.1 परिचय (Introduction) 123
5.2 माइक्रोवेव टी (Microwave Tee) 123
5.3 हाइब्रिड रिंग (Hybrid Ring) 135
5.4 वेव गाइड बेन्डस् एवं कार्नर (Wave Guide Bends and Corners) 137
5.5 टेपर व ट्विस्ट सेक्शन (Taper and Twist Section) 140
5.6 मैच्ड टर्मिनेशन (Matched Termination) 140
5.7 दैशिक कपुलर्स (Directional Couplers) 142
5.8 सर्कुलेटर्स एवं आइसोलेटर्स (Circulators and Isolators) 149
5.9 केविटी अनुनादक (Cavity Resonators) 154
5.10 स्थिर एवं परिवर्तनीय अटेनुएटर्स (Fixed and Variable Attenuators) 160
5.11 वेव गाइड से पावर लेने एवं वेव गाइड को पावर देने के लिए युग्मन (Coupling Power into and Out of Wave Guides) 162

अध्याय 6: माइक्रोवेव एक्टिव डिवाइसेस एवं सर्किट्स 167

6.1 माइक्रोवेव ट्यूब (Microwave Tubes) 167
6.2 माइक्रोवेव अर्धचालक डिवाइस (Microwave Semiconductor Devices) 187

अध्याय 7: माइक्रोवेव ट्रान्ससीवर टैक्नोलॉजी 233

7.1 परिचय (Introduction) 233

7.2 भूभाग उपग्रह संचार हेतु 30/20 GHz ट्रान्ससीवर (30/20 GHz Transceiver for Ground Segment Communication) 236

7.3 मोनो पल्स ट्रेकिंग प्रणाली के लिए 94 GHz ट्रांसमीटर एवं फ्रंट रिसीवर का विकास (Development of 94 Ghz Transmitter Front Receiver for Mono-Pulse Tracking System) 243

7.4 लाइन ऑफ साइट कम्युनिकेशन हेतु का.बैन्ड ट्रान्ससीवर (Ka-Band Transceiver for LOS Communication) 248

7.5 मोनोलिथिक टैक्नोलॉजी में माइक्रोवेव ट्रान्स्सीवर का विकास (Development of Microwave Transceiver in Monolithic Technology) 250

अध्याय 8: माइक्रोवेव राडार टैक्नोलॉजी 257

8.1 परिचय (Introduction) 257

8.2 राडार के अनुप्रयोग (Applications of Radar) 262

8.3 राडार रेंज समीकरण (Radar Range Equation) 263

8.4 राडारों का वर्गीकरण (Classification of Radars) 270

8.5 माइक्रोवेव राडार एंटेना (Microwave Radar Antenna) 283

अध्याय 9: उपग्रह संचार टैक्नोलॉजी 293

9.1 परिचय (Introduction) 293

9.2 उपग्रह संचार का संक्षिप्त इतिहास (Brief History of Satellite Communication) 295

9.3 निष्क्रिय एवं सक्रिय उपग्रह (Passive and Active Satellites) 297

9.4 सैटेलाइट कक्षाएं (Satellite Orbits) 298

9.5 कक्ष आधारित उपग्रह का वर्गीकरण (Orbit Based Classification of Satellite) 298

9.6 उपग्रह सेवाओं हेतु फ्रिक्वेन्सी आवंटन (Frequency Allocation for Satellite Services) 301

9.7 ब्रॉड बैन्ड आधारित सैटेलाइट वर्गीकरण (Broad Band Based Satellite Classification) 301

9.8 मिलिटरी सैटकाम की आवश्यकता (Military Satcom Requirements) 305
9.9 सैन्य सैटकाम की विशिष्टता (Characteristics of Military Satcom) 305
9.10 मिलिटरी सैटकॉम का प्रचलन (Milsatcom Trends) 307
9.11 Ka-बैन्ड (20/30 GHz) सैटकॉम सिस्टम 308
9.12 सैटेलाइट पेलोड (Satellite Payloads) 309
9.13 ब्रॉड बैन्ड सैटेलाइट सिस्टम (Broadband Satellite System) 311
9.14 स्वदेशीय Ka-बैन्ड टैक्नोलॉजी (Indigenous Ka-Band Technology) 312
9.15 भारत में उपग्रह संचार की वर्तमान स्थिति (Current Status of Satellite Communication in India) 314

अध्याय 10: सामरिक माइक्रोवेव प्रणालियाँ एवं चुनौतियाँ **315**

10.1 परिचय (Introduction) 315
10.2 राडार गाइडेड मिसाइल (Radar Guided Missile) 316
10.3 माइक्रोवेव LOS पद्धति (Microwave LOS Systems) 320
10.4 उपग्रह प्रणाली एवं चुनौतियाँ (Satellite Systems and Challenges) 326
10.5 इलैक्ट्रॉनिक वारफेयर प्रणाली (Electronic Warfare Systems) 330
10.6 Ka-Band दोस्त एवं दुश्मन पहचान पद्धति (Identification of Friend-Foe (IFF) System at Ka-Band) 344

अनुक्रमणिका **349**

प्रस्तावना

माइक्रोवेव प्रौद्योगिकी 21वीं सदी के सबसे आकर्शक अनुप्रयोगों में से एक है। माइक्रोवेव इंटीग्रेटेड सर्किट आधारित आरएफ चिप डिवाइस कई मायनों में अद्वितीय है, सबसे खास पहलू इसकी असाधारण कॉम्पैक्टनेस, मजबूती और विश्वसनीयता है। इसने रक्षा और सुरक्षा अनुप्रयोगों के भविष्य के लिए अपनी आशाजनक क्षमता को प्राप्त करने के लिए सैन्य और नागरिक क्षेत्रों में संकीर्ण स्पॉट बीम के माध्यम से अंतिम वायरलेस पॉइंट टू पॉइंट संचार की प्राप्ति की ओर मानव जाति की कल्पना को आकर्षित किया है। मैग्नेट्रोन और जाइराट्रान जैसे उच्च शक्ति स्रोतों का उपयोग करने वाली माइक्रोवेव तकनीक अब उपलब्ध है और भविष्य के युद्धों की रणनीतियों पर एक बड़ा प्रभाव डालने वाली है और भविष्य के युद्धों से बचने में तकनीकी निरोध एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगी।

उच्च आवृत्ति वाले माइक्रोवेव बैंड और मिलीमीटर तरंगों की बर्फ, धुआं, धूल, और कोहरे जैसी प्रतिकूल जलवायु परिस्थितियों में भी बेहतर प्रवेश गहराई होती है। इसके अलावा, उच्च आवृत्ति वाले माइक्रोवेव बैंड पर तरंग दैर्ध्य, निचले माइक्रोवेव आवृत्ति बैंड की तुलना में, बहुत छोटे होने की वजह से माइक्रोवेव सिस्टम आकार और वजन में छोटे होते हैं और इस कारण से सैन्य कार्यक्रमों के लिए वायु जनित प्रणालियों में संभावित अनुप्रयोग में आते हैं। माइक्रोवेव आवृत्तियों की इस सुविधा का सैन्य और नागरिक अनुप्रयोगों में उपयोग किया जाता है। कुछ अनुप्रयोग इस प्रकार हैंः एंटी-टैंक मिसाइलों के ''ऑन बोर्ड सीकर'', हवा से हवा में मार करने वाली मिसाइलों का टर्मिनल मार्गदर्शन, स्मार्ट युद्ध सामग्री, ऑटोमोबाइल टकराव बचाव प्रणाली, उच्च आवृत्ति माइक्रोवेव इमेजिंग, छोटी दूरी की उच्च गति डेटा संचार, 60 गीगाहर्ट्ज पर गुप्त संचार, आदि।

हिंदी में लिखा गया यह मोनोग्राफ पूरे माइक्रोवेव स्पेक्ट्रम (3 GHz - 100 GHz यानी 100 mm - 3 mm तरंग दैर्ध्य रेंज) के अत्याधुनिक प्रौद्योगिकी विकास परिदृष्य को संबोधित करता है जिसमें मिलीमीटर तरंगों का परिचय और इसका इतिहास, विद्युत चुम्बकीय सिद्धांत, उपकरणों की समीक्षा, घटक और प्रणालियाँ आदि शामिल है। उपकरणों पर प्रौद्योगिकी में ट्यूब और सेमीकंडक्टर दोनों उत्पन्न करने वाले उपकरण वर्णित किए गए है जैसे मल्टी-कैविटी मैग्नेट्रॉन, जाइराट्रॉन, मल्टी-कैविटी क्लिस्ट्रॉन, रिफ्लेक्स क्लिस्ट्रॉन, टीडब्ल्यूटी, इम्पैट स्रोत, गन स्रोत, निष्क्रिय घटक और मिक्सर, डिटेक्टर आदि जैसे घटक प्राप्त करना।

इस मोनोग्राफ में रक्षा सेवाओं के लिए उपयोगी माइक्रोवेव सिस्टम तकनीक का वर्णन किया गया है। इसमे शिप-टू-शिप और ग्राउंड-टू-एयर या एयर-टू-ग्राउंड अनुप्रयोगों के लिए वायरलेस संचार प्रदान करने के लिए एलओएस सिस्टम जैसे विषय शामिल किए गए हैं। अन्य विषय जिनकी विस्तृत जानकारी दी गई है वे हैं: एंटी-टैंक मिसाइलों और इलैक्ट्रॉनिक वारफेयर सिस्टम आदि के लिए ''ऑन बोर्ड सीकर'' विकसित करने के लिए माइक्रोवेव रडार तकनीक और सैटेलाइट पेलोड आदि के स्पॉट बीम के माध्यम से सीमावर्ती क्षेत्रों में सुरक्षित संचार के लिए केए-बैंड सैटेलाइट टर्मिनल विकसित करने के लिए सैटेलाइट संचार तकनीक।

इस महत्वपूर्ण प्रौद्योगिकी क्षेत्र में काम करने वाले शोधकर्ताओं और आरएफ इंजीनियरों के लिए उपरोक्त विषयों को सुसंगत तरीके से प्रस्तुत करने और एक तैयार संदर्भ के रूप में उपयोग के लिए यह एक प्रयास है।

देहरादून

अवधेश कुमार शुक्ला

आभार प्रस्तावना

मैं निदेशक, रक्षा वैज्ञानिक सूचना एवं प्रलेखन केंद्र (डीईएसआईडीओसी) को इस मोनोग्राफ को प्रकाशित करने में मिले तत्पर सहयोग और कुशल सहयोग के लिए हार्दिक धन्यवाद देता हूं।

मैं विशेष रूप से हर संभव तरीके से उत्कृष्ट समर्थन के लिए डेसीडॉक के मोनोग्राफ्स प्रभाग की प्रमुख (अलका बंसल और अजय कुमार) और मोनोग्राफ्स टीम (राजेश कुमार और गुँजन बक्शी) को धन्यवाद देना चाहता हूँ । मैं निदेशक, रक्षा इलेक्ट्रॉनिक्स अनुप्रयोग प्रयोगशाला (डील), देहरादून का संदर्भ खोज और पुस्तकालय प्रयोग की सुविधा में सहायता की अनुमति के लिए अत्यंत आभारी हूँ।

मैं इस पांडुलिपि के समीक्षकों और बहुमूल्य सुझाव देने वालों को धन्यवाद देना चाहता हूं। इस परियोजना के दौरान मुझे अपनी पत्नी शशि शुक्ला से जो सहयोग मिला, उसकी मैं गहराई से सराहना करता हूँ।

मैंने यह मोनोग्राफ रक्षा इलैक्ट्रॉनिक्स अनुप्रयोग प्रयोगशाला (डील), देहरादून के मिलीमीटर वेव समूह में अपने सभी सहयोगियों और दोस्तों की कई सौंदर्यपूर्ण स्मृतियों के साथ लिखा है, जिनके बिना हासिल की गई सफलता संभव नहीं होती।

— अवधेश कुमार शुक्ला

अध्याय 1

माइक्रोवेव्स का परिचय
(INTRODUCTION OF MICROWAVES)

1.1 परिचय (INTRODUCTION)

माइक्रोवेव एक सूक्ष्म आकार की विद्युतचुंबकीय तरंगे (electromagnetic waves of micro size) होती हैं, अर्थात जिसकी तरंगदैर्घ्य (wavelength, λ) सूक्ष्म होती है। ए.जी. क्लावियर ने 1931 में माइक्रोवेव शब्द का प्रयोग लगभग 1 मीटर तरंग दैर्ध के लिए किया था,[1] जो कि मौलिक रूप से विद्युतचुंबकीय तरंगें होती हैं एवं 300 MHz से 300 GHz की फ्रिक्वेन्सी रेंज में स्पेस के माध्यम द्वारा ऊर्जा विकरित (radiate) करती हैं।

उन्नीसवीं सदी के अंतिम दिनों में जे. सी. बोस के कार्यों ने पूरी दुनिया में भारत का नाम रोशन किया। जनवरी 1898 में यह सिद्ध हुआ कि मार्कनी का बेतार अभिग्राही यानी वायरलेस रिसीवर जगदीश चन्द्र बोस द्वारा आविष्कारित था। अपने प्रयोग द्वारा जे.सी. बोस ने बताया था कि विद्युत चुम्बकीय तरंगें किसी सुदूर स्थल तक केवल स्पेस के सहारे पहुंच सकती हैं,[2] तथा यह तरंगें किसी क्रिया का किसी अन्य स्थान पर नियंत्रण भी कर सकती हैं।

उसी समय दूसरी ओर स्कॉटलैन्ड के भौतिकविद् जेम्स क्लार्क मैक्सवेल ने अपने गणितीय सिद्धान्त से सिद्ध कर दिया कि विद्युतचुंबकीय तंरगें अस्तित्व में होती हैं। मैक्सवेल ने दर्शाया कि विद्युतचुंबकीय तरंग में विद्युत और चुंबकीय फील्ड एक दूसरे के लंबवत् व संचरण की दिशा में होते हैं। सभी प्रकार की विद्युतचुंबकीय ऊर्जा तरंगें होती हैं, और तरंगों के समान इनमें फ्रिक्वेन्सी होती है। मैक्सवेल की इस महत्वपूर्ण

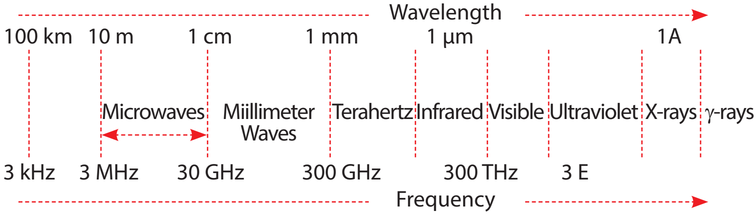
खोज ने इलैक्ट्रिक और मैगनेटिक फील्ड को एक साथ देखा। फिर एक जर्मन वैज्ञानिक हेनरिक रुडॉल्फ हर्ट्ज जिन्होंने पहली बार मैक्सवेल के सिद्धान्त को अपने प्रयोगों द्वारा प्रमाणित किया। उन्होंने दिखाया कि एलेक्ट्रोमैगनेटिक रेडिएशन उत्पन्न करने के अतिरिक्त प्राप्त भी किये जा सकते हैं, जो रेडियो तरंगें कहलाती हैं, और जिसे पहले हर्टजियन वेव्स या ऐथेरिक वेव्स भी कहा जाता था।

हर्ट्ज ने यह भी दिखाया कि विद्युत चुम्बकीय तरंगें प्रकाशीय तरंगों की भांति परावर्तित और अपवर्तित (reflected and refracted) होती हैं,[1] लेकिन हर्ट्ज द्वारा प्राप्त सबसे छोटी तरंगदैर्घ्य 66 सेंटीमीटर की थी। इन तरंगों के प्रकाशीय गुणों जैसे परावर्तन, अपर्वतन और ध्रुवण (reflection, refraction and polarisation) को मापने के लिए हर्ट्ज को बहुत बड़े उपकरणों का प्रयोग करना पड़ता था। लेकिन जर्मनी में हेनरिक हर्ट्ज के प्रदर्शन के सात साल बाद ही यह कार्य जे.सी. बोस द्वारा हमारे देश में पूर्ण हुआ।

1.2 विद्युतचुंबकीय स्पेक्ट्रम एवं इसकी रेंज (ELECTROMAGNETIC SPECTRUM AND ITS RANGES)

विद्युतचुंबकीय स्पेक्ट्रम को चित्र 1.1 में प्रदर्शित किया गया है। इन तरंगों के कई स्वरूप होते हैं, जैसे कि रेडियो तरंगे, इंफ्रारेड (infrared), दृष्टिगोचर प्रकाश (visible light), अल्ट्रावायलेट (ultraviolet), एक्स-किरणें (X-rays) एवं गामा किरणें (γ-rays), किन्तु समान्यतः रेडियो फ्रिक्वेन्सी (RF) तरंगों को ही विद्युतचुंबकीय तरंगे कहते हैं।

रेडियो, टेलिविजन, राडार, उपग्रह, फेसिमाइल प्रसारण (facsimile transmission), वायु नेविगेशन (air navigation) आदि संचार पद्धतियों में ध्वनि, दृश्य (video) एवं अन्य सिगनलों को अन्तरिक्ष में भेजने के लिए माइक्रोवेव को कैरियर तरंगों के रूप में प्रयोग किया जाता है।



चित्र 1.1. विद्युतचुंबकीय स्पेक्ट्रम एवं इसकी रेंज।

डीआरडीओ मोनोग्राफ्स/विशेष प्रकाशन श्रृंखला

मोनोग्राफ के बारे में

हिंदी भाषा का महत्व दुनिया में मंदारिन चीनी के बाद दूसरी सबसे अधिक बोली जाने वाली भाषा है। हिंदी इंडो-यूरोपीय भाषा परिवार से आती है। आजकल, जो लोग हिंदी में धाराप्रवाह बोल और लिख सकते हैं, उन्हें दक्षिण एशियाई कंपनियों के साथ-साथ अंतरराष्ट्रीय स्तर पर कंपनियों में सक्रिय रूप से भर्ती किया जाता है। इसलिए हिंदी माध्यम से राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय वैज्ञानिक समुदाय को शिक्षित करने के लिए तकनीकी पुस्तकों/मोनोग्राफ का होना आवश्यक हो गया है। माइक्रोवेव तकनीक 21वीं सदी के सबसे आकर्षक अनुप्रयोगों में से एक रही है। इसने मानव जाति की कल्पना को सैन्य और नागरिक क्षेत्रों में संकीर्ण स्पॉट बीम के माध्यम से अंतिम वायरलेस पॉइंट-टू-पॉइंट संचार की प्राप्ति की ओर आकर्षित किया है ताकि रक्षा और सुरक्षा अनुप्रयोगों के भविष्य के लिए इसकी आशाजनक क्षमता को प्राप्त किया जा सके।

यह मोनोग्राफ पूरे माइक्रोवेव स्पेक्ट्रम (3 GHz - 100 GHz यानी 100 mm - 3 mm तरंग दैर्ध्य रेंज) के अत्याधुनिक प्रौद्योगिकी विकास परिदृश्य को संबोधित करता है जिसमें मिलीमीटर तरंगों का परिचय और इसका इतिहास, विद्युत चुम्बकीय सिद्धांत, उपकरणों, घटकों और प्रणालियों की समीक्षा शामिल है। उपकरणों पर प्रौद्योगिकी में ट्यूब और सेमीकंडक्टर दोनों प्रकार के जनरेटिंग उपकरण शामिल होंगे, जैसे मल्टी-कैविटी मैग्नेट्रॉन, गाइराट्रॉन, मल्टी-कैविटी क्लिस्ट्रॉन, रिफ्लेक्स क्लिस्ट्रॉन, टीडब्ल्यूटी, आईएमपीएटीटी स्रोत, गन स्रोत, निष्क्रिय घटक और मिक्सर, डिटेक्टर आदि जैसे प्राप्त करने वाले घटक। रक्षा सेवाओं के लिए उपयोगी माइक्रोवेव सिस्टम प्रौद्योगिकी को कवर किया गया है।

लेखक के बारे में

श्री अवधेश कुमार शुक्ला रक्षा मंत्रालय के डीआरडीओ में रक्षा इलेक्ट्रॉनिक्स अनुप्रयोग प्रयोगशाला (डीईएएल) के पूर्व वैज्ञानिक 'जी' हैं। उनकी शिक्षा में 1974 में बीएससी (पीसीएम) और 1978 में जे.के. इंस्टीट्यूट, इलाहाबाद विश्वविद्यालय से बीटेक (इलेक्ट्रॉनिक्स और दूरसंचार) और नई दिल्ली के इलेक्ट्रॉनिक्स और दूरसंचार इंजीनियर्स संस्थान (आईईटीई) के फेलो शामिल हैं।

ये 1979 में डीआरडीओ में शामिल हुए, मिलीमीटर तरंग घटकों के स्वदेशीकरण के माध्यम से मिलीमीटर तरंग और माइक्रोवेव प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में महत्वपूर्ण योगदान दिया, इन्होंने परियोजना निदेशक के रूप में सक्रिय और निष्क्रिय मिमी तरंग घटकों के डिजाइन और विकास की अवधारणा की और 140 गीगाहर्ट्ज आवृत्ति बैंड के लिए परीक्षण और माप सुविधाओं की स्थापना की। स्वदेशी घटकों का उपयोग करते हुए, देश में पहली बार 140 गीगाहर्ट्ज मिलीमीटर तरंग इमेजिंग सेंसर विकसित किया। इन्होंने परियोजना निदेशक के रूप में रक्षा बलों के लिए ग्राउंड सेगमेंट संचार प्रौद्योगिकी के लिए का-बैंड सैटकॉम प्रौद्योगिकी की अवधारणा, डिजाइन और विकास भी किया। डीआरडीओ के कोड कार्यक्रम के तहत परियोजना प्रबंधक के रूप में टीओटी के माध्यम से सक्रिय/निष्क्रिय मिलीमीटर तरंग घटकों का स्वदेशीकरण किया।

978-93-94166-49-3

मूल्य: ₹ 2700
US $ 50
UK £ 45

रक्षा वैज्ञानिक सूचना एवं प्रलेखन केन्द्र
रक्षा अनुसंधान एवं विकास संगठन
रक्षा मंत्रालय, मेटकॉफ हाउस, दिल्ली - 110 054