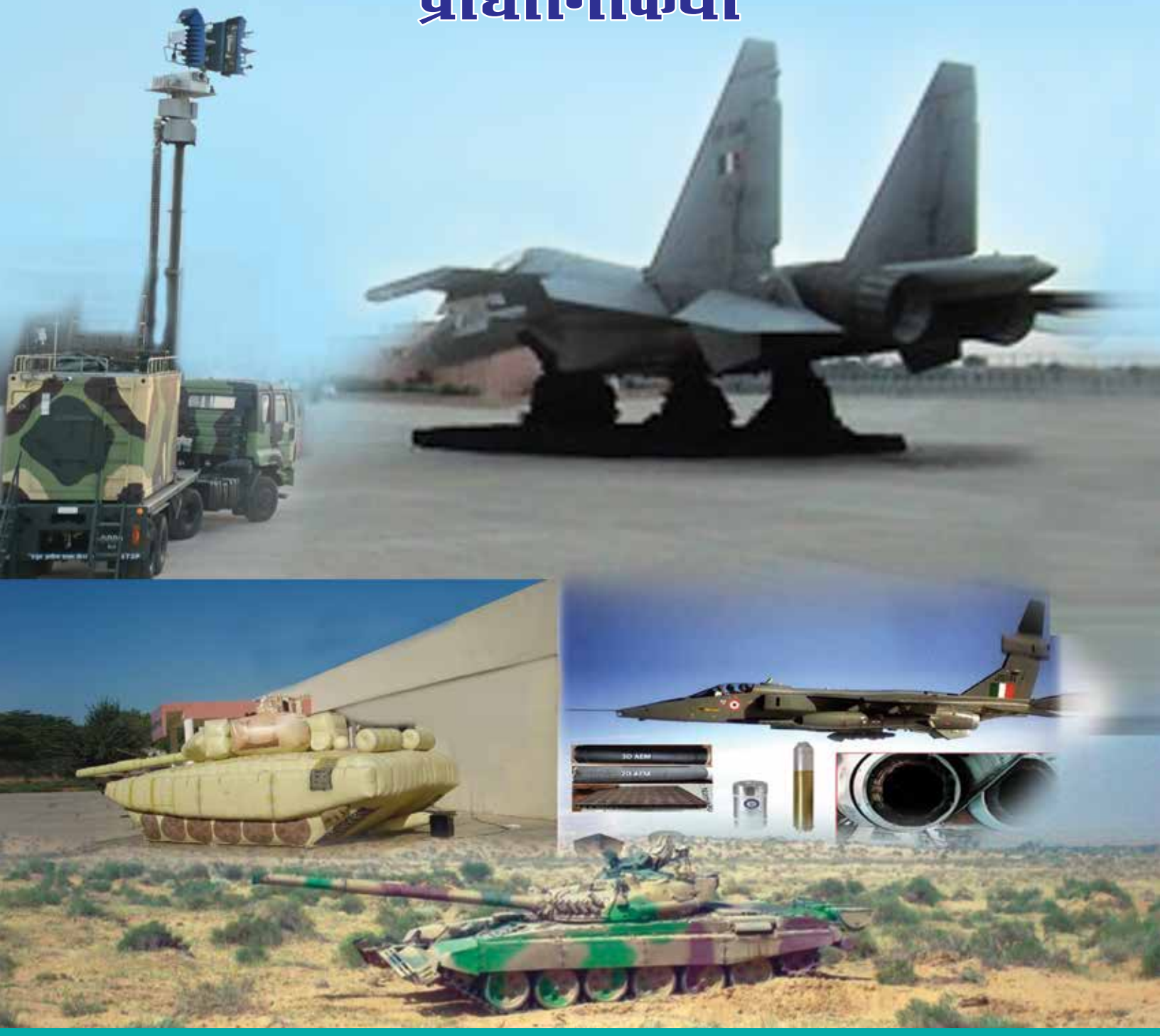
प्रौद्योगिकी विशेष

डीआरडीओ की संस्थागत
एस एण्ड टी पत्रिका

www.drdo.gov.in/prodhyogic-vishesh
खंड 12 अंक 1, जनवरी–फरवरी 2024
ISSN: 2319-5568

स्टील्थ, छद्मावरण और जवाबी उपाय प्रौद्योगिकियाँ



प्रौद्योगिकी विशेष डीआरडीओ द्वारा विकसित किए गए उत्पादों, प्रक्रमों एवं प्रौद्योगिकियों को शामिल करते हुए इस संगठन द्वारा प्रौद्योगिकीय विकास के क्षेत्र में प्राप्त की गई उपलब्धियों को पाठकों के समक्ष प्रस्तुत करता है।

जनवरी–फरवरी 2024
खंड 12, अंक 1

संरक्षक: डॉ के नागेश्वर राव
मुख्य संपादक: सुधांशु भूषण
संपादक: दीप्ति अरोरा
सहायक संपादक: धर्म वीर
अनुवादक: अनुराग कश्यप

पाठकगण कृपया अपने सुझाव निम्नलिखित पते पर भेजें

संपादक, प्रौद्योगिकी विशेष

रक्षा वैज्ञानिक सूचना तथा प्रलेखन केंद्र (डेसीडॉक)
मेटकाफ हाउस, दिल्ली–110054
टेलीफोन : 011–23902403, 23902472
फैक्स : 011–23819151, 011–23813465
ई–मेल : director.desidoc@gov.in; techfocus.desidoc@gov.in; technologyfocus@desidoc.deldom
इंटरनेट : http://www.drdo.gov.in/prodhyogic-vishesh

स्थानीय संवाददाता

आगरा :	श्री एस एम जैन, एडीआरडीई
अहमदनगर :	कर्नल अतुल आप्टे, श्री आर ए शेख, वीआरडीई
अंबरनाथ :	डॉ गणेश एस ढोले, एनएमआरएल
बेंगलूरू :	श्री सतपाल सिंह तोमर, एडीई श्रीमती एम आर भुवनेश्वरी, कैब्स श्रीमती ए जी जे फहीमा, केयर श्री आर कमलाकन्नण, सेमीलेक डॉ संचिता सिल एवं डॉ सुधीर एस काम्बले, डेबेल डॉ वी सेंथिल, जीटीआरई डॉ सुशांत क्षत्रे, एमटीआरडीसी
चंडीगढ़ :	डॉ पाल दिनेश कुमार, टीबीआरएल डॉ अनुजा कुमारी, डीजीआरई
चेन्नई :	श्री के अंबाझगन, सीवीआरडीई
देहरादून :	श्री अभय मिश्रा, डील डॉ एस के मिश्रा, आईआरडीई
दिल्ली :	श्री सुमित कुमार, सीफीस डॉ दीप्ति प्रसाद, डिपास श्री संतोष कुमार चौधरी, डीआईपीआर श्री नवीन सोनी, इनमास श्री अनुराग पाठक, ईसा डॉ रुपेश कुमार चौबे, एसएसपीएल
ग्वालियर :	डॉ ए के गोयल, डीआरडीई
हल्दवानी :	डॉ अतुल ग्रोवर, डिबेर डॉ रंजीत सिंह
हैदराबाद :	श्री ए आर सी मूर्ति, डीएलआरएल डॉ मनोज कुमार जैन, डीएमआरएल
जोधपुर :	श्री डी के त्रिपाठी और डॉ योजना जानू, डीएल
कानपुर :	डॉ मोहित कटियार, डीएमएसआरडीई
कोच्चि :	श्रीमति लता एम एम, एनपीओएल
लेह :	डॉ शेरिंग स्टोब्डन, दिहार
मैसूर :	डॉ एम पालमुरूगन, डीएफआरएल
पुणे :	डॉ गणेश शंकर डोम्बे, एचईएमआरएल श्री अजय कुमार पांडेय, एआरडीई डॉ अनूप आनंद, अनुसंधान तथा विकास स्थापना (इंजी.)
तेजपुर :	डॉ एस एन दत्ता, डीआरएल

अतिथि संपादक की कलम से

महान थार रेगिस्तान के प्रवेश द्वार पर स्थित रक्षा प्रयोगशाला जोधपुर नौसेना प्रणाली और सामग्री क्लस्टर के तहत डीआरडीओ की एक बहु–विषयक अनुसंधान एवं विकास प्रयोगशाला है। प्रयोगशाला त्रि–सेवाओं और अर्द्धसैनिक बलों की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए स्टील्थ, छद्मावरण, जवाबी उपाय, रेगिस्तान परिचालन सहायक प्रौद्योगिकियों और परमाणु विकिरण प्रबंधन एवं अनुप्रयोगों में रणनीतिक रूप से महत्वपूर्ण क्षेत्रों पर काम कर रही है।

स्टील्थ प्रौद्योगिकियों के क्षेत्र में, प्रयोगशाला ने रडार सिग्नेचर माप और विश्लेषण, डायग्नोस्टिक आरसीएस इमेजिंग, विद्युत चुम्बकीय विश्लेषण, इन्फ्रारेड सिग्नेचर माप और पूर्वाभास आदि में विशेषज्ञता प्राप्त की है। लीगेसी प्लेटफार्मों के सिग्नेचर प्रबंधन की दिशा में उन्नत सामग्रियों और उत्पादों को साकार किया गया है। प्रयोगशाला वर्तमान में भविष्य के प्लेटफार्मों के लिए स्टील्थ समाधानों पर काम कर रही है।

रेगिस्तानी युद्ध में छद्मावरण, छिपाव और छल (सीसीडी) एक बड़ी चुनौती है। प्रयोगशाला द्वारा की गई व्यवस्थित अनुसंधान एवं विकास गतिविधियों के परिणामस्वरूप माइक्रोवेव, दृश्य और निकट इंफ्रा–रेड (एनआईआर) और आईआर स्पेक्ट्रम में हवाई और भूमि–आधारित प्लेटफार्मों के सिग्नेचर अधिग्रहण के लिए छद्मावरण आधारभूत संरचनाओं के परीक्षण सुविधाओं की स्थापना हुई। रणनीतिक प्लेटफार्मों और सम्पत्तियों के लक्ष्य सिग्नेचरों को विकृत करने और शमन करने के लिए विशेष प्रकार के मल्टीस्पेक्ट्रल कोटिंग्स, रंग, स्टिकर और प्रोटोटाईप अनुकूली छद्मावरण एड–ऑन विकसित किए गए हैं। टैंकों एवं विमानों के लिए डिकॉय और मिसाइल परीक्षण के लिए ऊष्मीय लक्ष्य, अभिकल्पित और तैनात किये गये हैं।

शत्रु आरएफ खोजी मिसाइलों से लड़ाकू विमानों और युद्धपोतों के बचाव में सुधार करने के लिए, प्रयोगशाला ने सफलतापूर्वक माइक्रोवेव चैफ विकसित कर ली है। चैफ के विशेषीकरण के लिए, अत्याधुनिक परीक्षण और मूल्यांकन सुविधा, आभासी वास्तविकता–आधारित चैफ अनुप्रयोग और प्रशिक्षण केंद्र एवं प्रायोगिक संयंत्र चाफ उत्पादन सुविधा स्थापित की गई है। भारतीय वायुसेना के लिए नौसेना चैफ और 118/I चैफ कार्ट्रिज के तीन प्रकार तैयार किए गए हैं और थोक उत्पादन के लिए उद्योग भागीदारों को प्रौद्योगिकी का हस्तांतरण कर दिया गया है। वर्तमान में प्रयोगशाला प्लेटफार्मों के रडार अनुप्रस्थ परिच्छेद को कम करने के लिए नवीन माइक्रोवेव अस्पष्ट चैफ प्रौद्योगिकी पर काम कर रही है।

परमाणु विकिरण प्रबंधन के क्षेत्र में कई उत्पाद जैसे मात्रामापी, रोएंटजेनोमीटर, गामा फ्लैश संवेदक, सीबीआरएन खतरा पुर्वाभासी सॉफ्टवेयर, पर्यावरण सर्वेक्षण वाहन, बीएमपी के लिए आधुनिक एनबीसी सुरक्षा प्रणाली, एनबीसी टोही वाहन (ट्रैक्ड), मोबाइल टोही प्रयोगशाला (पहियेदार) विकसित किए गए और इनको सेवाओं में शामिल किया गया। रासायनिक, जैविक, विकिरणीय और परमाणु संदूषण क्षेत्रों में पीने योग्य पानी का उत्पादन करने के लिए एक गतिशील सीबीआरएन जल शोधन प्रणाली मार्क–II

विकसित की गई है। इस प्रणाली का भारतीय सेना द्वारा व्यापक पैमाने पर उपयोग किया गया है और ज्यादा मात्रा में उत्पादन के लिए मंजूरी दे दी गई है।

सामग्री प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में कई उन्नत सामग्रियां जैसे थर्मोइलेक्ट्रिक सामग्री, अवस्था परिवर्तन सामग्री, कृत्रिम इंजीनियर्ड सामग्री, लौह–चुंबकीय सामग्री, चुंबकीय मिश्र धातु, ग्राफीन, एक्सफोलिएटेड ग्राफीन, रिड्यूस्ड ग्राफीन ऑक्साइड, नैनो टाइटैनेट्स, गामा विकिरण संवेदक आदि असंख्य अनुप्रयोगों के लिए सफलतापूर्वक विकसित किये गये हैं।

मानव संसाधनों, अनुसंधान एवं विकास के बुनियादी ढांचे और अकादमिक और उद्योग सहयोग से सुसज्जित सुविधाओं के उत्कृष्ट पूल वाली इस प्रयोगशाला ने पिछले कुछ वर्षों में घातांकीय वृद्धि दिखाई है।

प्रयोगशाला ने एक तकनीकी रोड–मैप तैयार किया है, विशिष्ट प्रौद्योगिकियों की पहचान की है और तदानुसार विकासात्मक गतिविधियों पर ध्यान केंद्रित किया है।

प्रौद्योगिकी विशेष का वर्तमान अंक प्रौद्योगिकी की स्थिति, प्राप्त की गई उपलब्धियों और प्रयोगशाला में स्थापित अनुसंधान एवं विकास सुविधाओं पर प्रकाश डालता है।

जय हिन्द.....

आर वी हारा प्रसाद
उत्कृष्ट वैज्ञानिक एवं निदेशक, डीएलजे

स्टील्थ, छद्मावरण और जवाबी उपाय प्रौद्योगिकियाँ

स्टील्थ और छद्मावरण, प्रौद्योगिकियाँ अत्यधिक संरक्षित और वर्गीकृत डोमेन हैं। रक्षा प्रयोगशाला, जोधपुर (डीएलजे) मल्टी–स्पेक्ट्रल आवृत्ति रेंज पर हर प्रकार की लीगेसी तथा अत्याधुनिक प्लेटफॉर्म्स के लिए काम कर रहा है और व्यापक स्टील्थ, छद्मावरण और ज़वाबी उपाय समाधान प्रदान कर रहा है। लक्षित क्षेत्रों में सामग्री और प्रक्रिया स्थापना में अनुसंधान एवं विकास, दृश्यता, तापीय, और माइक्रोवेव आवृत्ति बैंड में बहु–वर्णक्रमीय छद्मावरण योजनाएं, रडार सिग्नेचर निदान, माप और प्रबंधन शामिल हैं।

हवाई प्लेटफार्मों के लिए स्टील्थ प्रौद्योगिकी

वर्तमान युद्ध परिदृश्य में, विमान संरचना से आने वाले रिफ्लेक्सन को छिपाकर रडार ट्रैकर्स की प्रभावशीलता को कम करके सैन्य विमानों की पहचान को विफल करना आवश्यक है, जो हमलावर मिसाइलों या हथियारों की सफलता की संभावना को कम करता है।

विमान का ज्यामितीय आकार, सामग्री अभियांत्रिकी, रडार अवशोषण सामग्री का उपयोग, और विद्युत चुम्बकीय डिजाइन स्टील्थ प्रौद्योगिकी के मुख्य घटक हैं।

निम्न-प्रेक्षित सामग्री

रडार अवशोषण सामग्री इस तथ्य पर आधारित है कि कुछ पदार्थ अपने लॉसी डाईइलेक्ट्रिक और चुंबकीय विशेषताओं के कारण उनके माध्यम से गुजरने वाली विद्युत चुम्बकीय तरंगों से ऊर्जा को अवशोषित करते हैं और कम हो चुकी ऊर्जा का उछाल कम हो जाता है।

डीएलजे रडार–अवशोषण सामग्री के विकास और उसके थोक उत्पादन में शामिल है। कोटिंग्स और संरचनाओं के रूप में इन सामग्रियों से विकसित अंतिम–उपयोग उत्पाद, विशिष्ट हवाई लक्ष्यों के रडार क्रॉस सेक्शन (आरसीएस) में कमी के लिए मूल्यांकन के उन्नत स्तर पर है।

चुंबकीय फ्लैक्स

यांत्रिक घर्षण प्रक्रिया को अपनाकर, विशिष्ट आकार और आकृतियों के चुंबकीय फ्लैक्स तैयार किये गये हैं। इसके साथ ही, पुनरुत्पादन योग्य भौतिक और माइक्रोवेव अवशोषण गुणों के साथ विभिन्न प्रक्रिया मापदंडों को अनुकूलित करते हुए थोक उत्पादन तकनीक स्थापित की गई है।

फेराइट

माइक्रोवेव ऊर्जा को अवशोषित करने के लिए, विशेष रूप से कम–आवृत्ति वाले बैंड पर, फेराइट सामग्री, कार्यात्मक भराव सामग्री के रूप में एक आशाजनक विकल्प हैं। डीएलजे ने विमान अनुप्रयोगों के लिए फेराइट की थोक आवश्यकता को पूरा करने के लिए बड़ी मात्रा में स्पिनेल और हेक्साफेराइट्स के उत्पादन की प्रक्रियाओं को सफलतापूर्वक स्थापित किया है।

इन संभावित रूप से पहचानी गई सामग्रियों को विभिन्न प्लेटफार्मों पर आरसीएस में कमी लाने के लिए रडार अवशोषक पेंट (आरएपी), रडार अवशोषक संरचनाएं (आरएएस), और लचीली रबर परत के निर्माण के लिए संसाधित किया गया है।

रडार अवशोषक पेंट

डीएलजे ने इन–हाउस–विकसित कार्यात्मक भराव सामग्री का उपयोग करके, दो–पैक कोटिंग प्रणाली विकसित की है। निर्धारित आवृत्ति रेंज में अधिकतम अवशोषण प्राप्त करने के लिए इस पेंट को भराव सांद्रता और मोटाई के साथ अभिकल्पित किया गया है। इसके अलावा, इसे विमान के कई हिस्सों पर लगाया जा सकता है, जैसे कि वायु इन्टेक डक्ट, विंग स्किन, रेडोम बल्कहेड, पाइलोन, लीडिंग ऐज, स्प्लिटर गैप आदि।

विभिन्न ज्यामितियों की आरएपी कोटेड वस्तुएँ

प्रणाली स्तरीय आरसीएस रिडक्सन का प्रदर्शन

स्थैतिक मोड में लीगेसी विमानों पर आरसीएस रिडक्सन के प्रदर्शन के लिए, विकसित आरएपी कोटिंग को वायु इनटेक डक्ट और विमान के संबंधित भागों के अंदर प्रयोग किया गया। आरएपी–लेपित विमान बहु सप्तक आवृत्ति रेंज में रडार सिग्नेचर में उल्लेखनीय कमी दर्शाता है।

वायु इनटेक डक्ट के अंदर आरएपी अनुप्रयोग

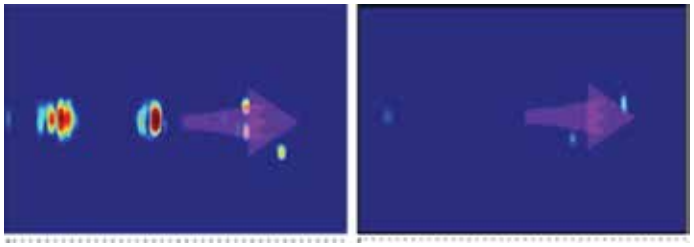
आरएपी-लेपित ग्लाइड बम

आरएपी-लेपित पेलोड़ का उड़ान परीक्षण

हल्के फ्लैक-आधारित रडार अवशोषक संरचनाएं

चुंबकीय फ्लैक्स पर आधारित एक रडार अवशोषक संरचना (आरएएस) को भी विकसित किया गया, और वांछित आरसीएस रिडक्सन के लिए उनके लोडिंग अंश को अनुकूलित किया गया। विकसित आरएएस का उपयोग करके एक विमान डक्ट मॉडल का निर्माण किया गया, और इसके आरसीएस माप का निष्पादन किया गया।

चुंबकीय फ्लैक्स से विनिर्मित डक्ट मॉडल

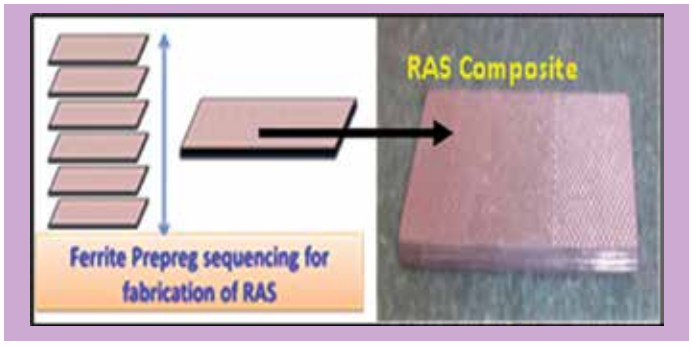


डक्ट की आरसीएस छवि आरएएस के बिना (बाएँ), आरएएस के साथ (दाएँ)

प्रीप्रेग-आधारित निम्न आवृत्ति रडार अवशोषक संरचनाएं

बड़े क्षेत्रफल वाले भराव–युक्त जीएफआरपी प्रीप्रेग का रोल के रूप में निर्माण करने के लिए स्वदेशी प्रीप्रेग तकनीक को उद्योग जगत के साथ मिलकर स्थापित किया गया है। यह तकनीक निम्न–आवृत्ति माइक्रोवेव अवशोषण क्षमता वाले आरएएस–आधारित घटकों के निर्माण की दिशा में आशा प्रतीत होती है।

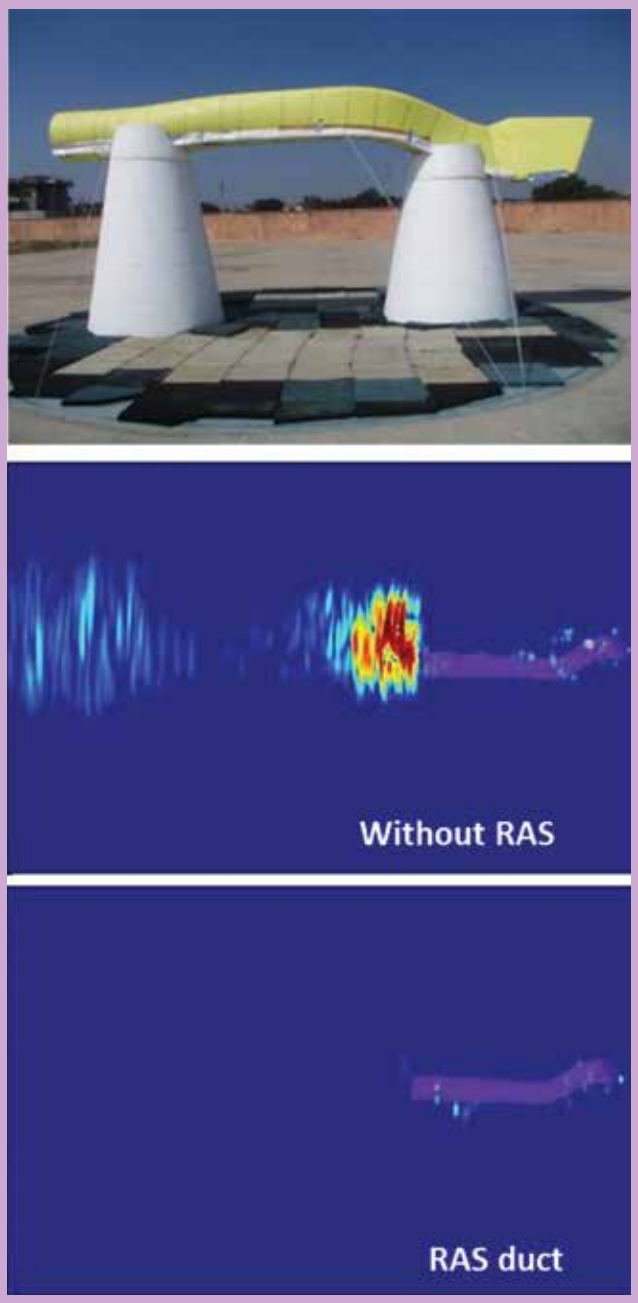
चित्र में दर्शाई गई योजना के अनुसार एक पूर्ण–स्केल डक्ट मॉडल को फेराइट आरएएस से आच्छादित किया गया है।



फिलर-आधारित आरएएस

लचीली शीट्स

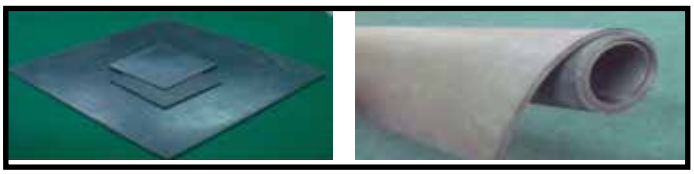
इन–हाउस संश्लेषित सामग्रियों का उपयोग करके लचीली रडार–अवशोषक शीट्स विकसित की गई हैं। इन शीट्स को घुमावदार सतहों पर आसानी से काटा और



आरएएस आच्छादित पूर्ण-स्केल डक्ट मॉडल और इसकी आरसीएस छवि

चिपकाया जा सकता है, साथ ही किसी भी आकार के अनुसार–ढाला जा सकता है। इन शीटों के विनिर्माण की तकनीक उद्योग में स्थापित हो चुकी है।

युद्धपोत के अधिरचना के चयनित स्थानों पर चिपकाई गई लचीली आरएएम शीट ने जहाज की आईएसएआर छवि को सफलतापूर्वक बदल दिया।



लचीली रबड़ शीट्स

रडार रबड़ अवशोषक शीट द्वारा युद्धपोत का आईएसएआर छवि संशोधन

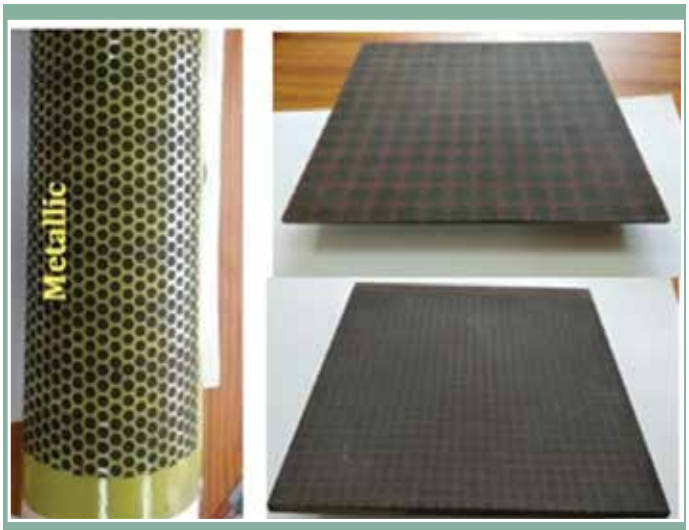
कृत्रिम अभियांत्रिक सामग्रियाँ

एईएम–आधारित रडार अवशोषक संरचनाएँ अवशोषण प्राप्त करने के लिए प्रतिरोधक मुद्रित पैटर्न की आवधिक ऐरे से बनी होती हैं और इन्हें एक भूधारित डाईइलेक्ट्रिक स्लैब के ऊपर रखा जाता है। इस तकनीक का मूल, विभिन्न उपस्तरों के लिए उपयुक्त स्याही का विकास है।

मुद्रित पैटर्न के आवश्यक भौतिक गुण, जैसे कि चालकता, प्रकाशिक पारदर्शिता, झुकाव की स्थिरता, और आसंजन (विशेषकर लचीले पैटर्न के लिए महत्वपूर्ण), स्याही के भौतिक–रासायनिक गुणों के साथ मिलकर, जैसे कि समूहन और स्थिरता, और मुद्रण उपकरण के साथ इसकी अनुकूलता, मुख्य रूप से कार्यात्मक सामग्री के चुनाव को निर्धारित करती है।

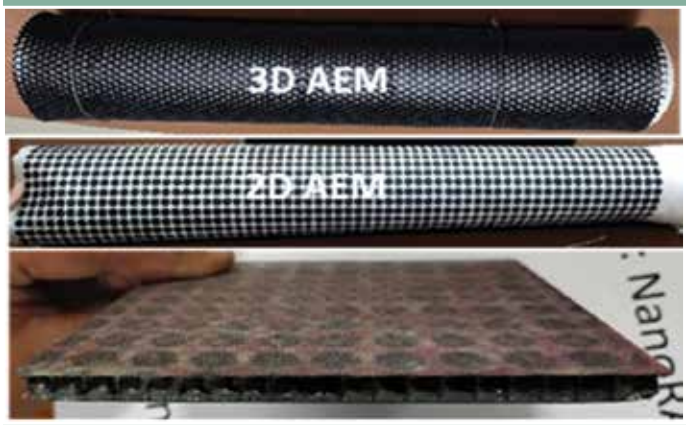
डीएलजे ने विभिन्न उपस्तरों के लिए उपयुक्त नैनो–कार्बन प्रतिरोधक स्याही विकसित की है। विकसित स्याही का उपयोग विभिन्न श्रेणियों की रडार स्टील्थ सामग्रियों के निर्माण के लिए किया जा रहा है, जैसेः

- मोनोलिथिक रडार अवशोषक संरचना (एमआरएएस)
- सैंडविच आरएएस (एसआरएएस)
- मल्टीलेयर फिलर–आधारित आरएएस (एफआरएएस)
- लचीली रडार–अवशोषक रबड़ शीट



मोनोलिथिक आरएएस

लचीला रबड़-आधारित अवशोषक



3डी एवं 2डी एईएम-आधारित एसडब्ल्यूआरएएस

नोज़ कोन रेडोम्स की ईएम अभिकल्पन क्षमता

नोज़ कोन रेडोम्स के अभिकल्पन के लिए, प्रयोगशाला ने निम्नलिखित अभिकल्पन क्षमताएं सफलतापूर्वक स्थापित की हैं:

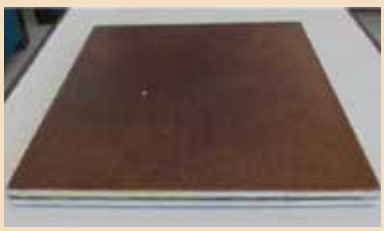
- इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी (ईएम) सामग्रियों का लक्षण वर्णन
- रेडोम ईएम अभिकल्पन और विश्लेषण
- सटीक सॉल्वर–आधारित सत्यापन
- मोनोलिथिक रेडोम की ईएम अभिकल्पन क्षमता

हवाई अनुप्रयोगों के लिए एक नोज़ कोन रेडोम का सफलतापूर्वक अभिकल्पन किया गया और प्रोटोटाइप बनाया गया।

निम्न-अवलोकन योग्य एफएसएस रेडोम

स्टील्थ विमानों के निर्माण के लिए, निम्न–अवलोकन योग्य रेडोम का निर्माण एक गंभीर और रणनीतिक रूप से महत्वपूर्ण तकनीक है। इसके तलीय और अनुरूपी अभिकल्पन पर व्यवहार्यता अध्ययन किया गया है। तलीय परीक्षण नमूने बनाए गए और उनका परीक्षण किया गया।

एफएसएस पैटर्न का विकास



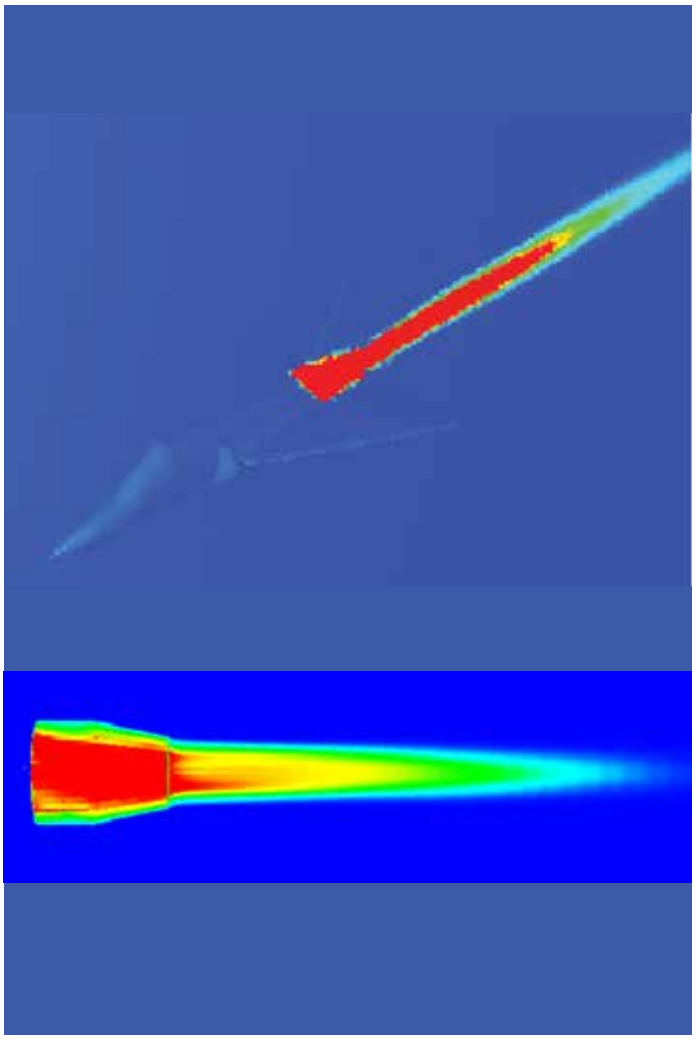
विनिर्मित एफएसएस रेडोम पैनल

बहुस्तरीय रेडोम के स्केल मॉडल का प्रोटोटाइप

अवरक्त सिग्नेचर प्रबंधन

आईआर स्टील्थ का लक्ष्य वस्तु के अवरक्त विकिरण विशेषताओं को बदलना है। सिग्नेचर प्रबंधन और स्टील्थ तभी संभव है जब एक सटीक सिग्नेचर अनुमान लगाया जाए। सिग्नेचर आकलन दो तरीकों से संभव है या तो लक्ष्य मापन के माध्यम से, या सिम्युलेशन अथवा पूर्वसूचना द्वारा सिग्नेचर आकलन के माध्यम से।

प्रयोगशाला ने आईआर क्षेत्र में सिग्नेचर आकलन और मापन दोनों क्षमताओं को स्थापित किया है। एक सिग्नेचर आकलन उपकरण विकसित किया गया है जो ज्यामितीय, कम्प्यूटेशनल द्रव गतिकी और विकिरणीय ऊष्मा स्थानांतरण का उपयोग करके आईआर विकिरण वितरण का सिम्युलेशन करता है। ऐसा उपकरण ठोस सतहों और गैसीय प्लूम्स दोनों का सिम्युलेशन कर सकता है।



पूर्वानुमान टूल द्वारा सिम्युलेटेड आईआर छवियाँ

मिनी जीटी इंजन परीक्षण बेंच

सिग्नेचर सिम्युलेशन में सबसे बड़ी चुनौती इसकी वैधता है। विकसित उपकरण की वैधता को नियंत्रित मापों के साथ स्थापित करने के लिए, डीएलजे में एक स्केल–डाउन जीटी इंजन परीक्षण सुविधा स्थापित की गई है। विभिन्न हवाई प्लेटफार्मों के मापन, विश्लेषण और सिग्नेचर आकलन को भी प्रयोगशाला में सफलतापूर्वक स्थापित किया गया है।

क्षेत्रीय मापन के लिए गतिशील प्रयोगशाला

विमान का आईआर उत्सर्जन

भविष्य के विमानों के लिए, इन प्लेटफार्मों पर सिग्नेचर प्रबंधन करने के लिए विभिन्न इंजन परिचालन स्थितियों के साथ एकाधिक ऊँचाईयों पर प्लेटफॉर्म के आईआर सिग्नेचर पर काम किया गया है।

भूमि-आधारित प्रणालियों के लिए छद्मावरण प्रौद्योगिकी

विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के दृश्यमान (वीआईएस) क्षेत्र (400–700 nm तरंगदैर्ध्य) में मानव नेत्र, बिना सहायता के और सहायता के साथ (जैसे दूरबीन), प्राकृतिक पृष्ठभूमि में मानव निर्मित वस्तुओं का पता लगाने के लिए प्राथमिक संवेदक है। कैम–आईआरआर कोटिंग्स को विशेष रूप से प्राकृतिक परिवेश, जैसे रेत और वनस्पति के साथ कम चमक और रंग मिलान के लिए अभिकल्पित किया गया है।

एनआईआर क्षेत्र (700nm-1000nm तरंगदैर्ध्य) में, विभिन्न संवेदक, जैसे पैसिव नाइट विजन डिवाइस (पीएनवीडी), नाइट विजन गॉगल्स (एनवीजी), और उपग्रह जनित निकट अवरक्त कैमरे, सैन्य ठिकानों को उनके प्राकृतिक परिवेश से अलग करने का प्रयास करते हैं।

इसी तरह ऊष्मीय अवरक्त (टीआईआर) क्षेत्र में, हाथ से पकडने योग्य ऊष्मीय इमेजर (एचएचटीआई) और साथ ही प्लेटफॉर्म पर लगे इमेजर मैदान में वस्तुओं का पता लगाने का प्रयास करते हैं।

कैम-आईआरआर पेंट

दृश्यमान और निकट–अवरक्त क्षेत्रों में सैन्य ठिकानों के छद्मावरण की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए कैम–आईआरआर कोटिंग्स को विकसित किया गया है। ये कोटिंग्स पारंपरिक पेंटिंग तकनीकों का उपयोग करके सामान्य रूप से उपयोग किए जाने वाले पेंट की जगह ले सकती हैं। कैम–आईआरआर पेंट का इस्तेमाल सैन्य टैंकों पर किया जाता है और यह आयात प्रतिस्थापन के रूप में कार्य करता है और उपयोगकर्ता एजेंसियों द्वारा स्वीकृत है। इसके अतिरिक्त, इन पेंटों को उपयोगकर्ता एजेंसियों द्वारा विभिन्न सामरिक प्लेटफार्मों और इमारतों पर भी लगाया गया है।

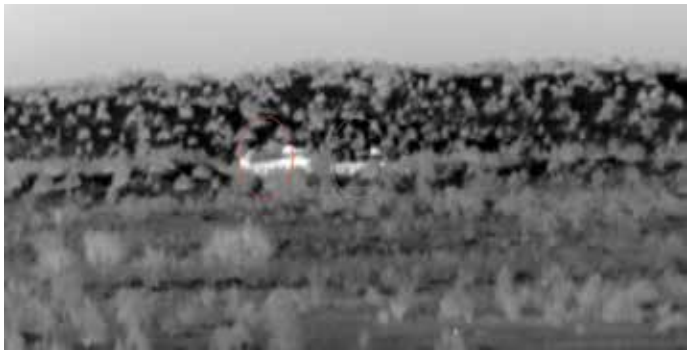
कैम-आईआरआर कोटिंग्स के साथ टैंक

निम्न-उत्सर्जकता बहु-विकर्णीय छद्मावरण पेंट

निम्न–उत्सर्जक बहु–विकर्णीय छद्मावरण पेंट (एलई–एमएससीपी) कोटिंग्स ऊष्मीय अवरक्त क्षेत्र में छद्मावरण प्रदान करती हैं। इसके अतिरिक्त, ये सतह सुरक्षा और स्थायित्व प्रदान करने के लिए छद्मावरण जैसी भू–आकृति विशेषताओं के साथ प्रभावी सम्मिश्रण भी प्रदान करती हैं। एलई–एमएससीपी कोटिंग्स, जिनमें प्राइमर और टॉपकोट शामिल हैं, कम उत्सर्जन मान के होते हैं जो सौर लोडिंग के कारण हो रहे थर्मल सिग्नेचर को कम कर देते हैं।

एमएससीपी कोटिंग्स के साथ सैन्य टैंक की दृश्य छवि

एमएससीपी कोटिंग्स के साथ सैन्य टैंक की एनआईआर छवि



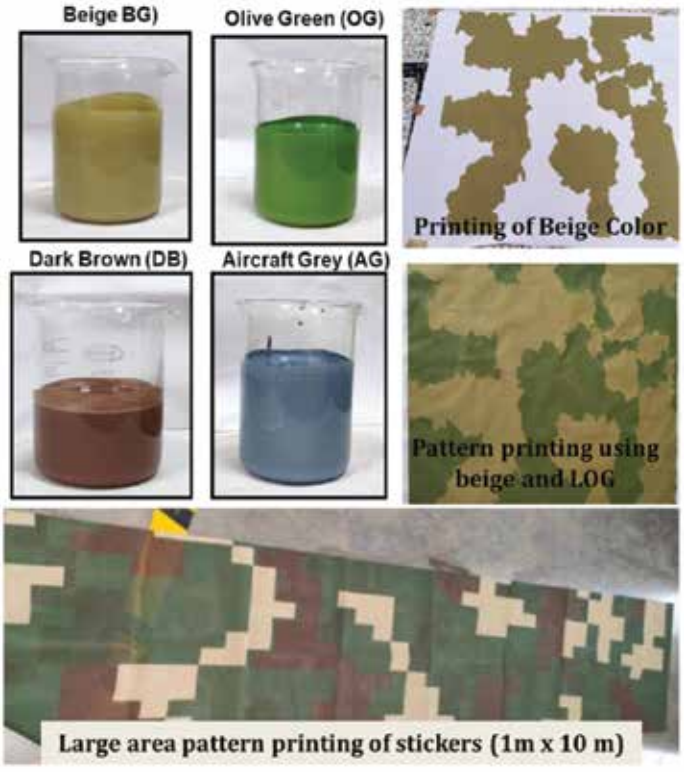
प्राकृतिक पृष्ठभूमि में एएफवी की थर्मल छवि कमर्शियल पेंट कोटेड़ (बाएँ), और एमएससीपी पेंट कोटेड़ (दाएँ)

बहु-विकर्णीय छद्मावरण स्टिकर

डीएलजे ने उपयोगकर्ता आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए बहु–विकर्णीय छद्मावरण स्टिकरों का प्रोटोटाइप विकसित किया है। ये स्टिकर दृश्यमान, एनआईआर और टीआईआर जैसे बहु–विकर्णीय गुणों के साथ निम्नलिखित लाभ प्रदान करेंगे:

- सरल अनुप्रयोग
- समय की बचत (चिपकाएं और जाएं, कोई डाउन समय नहीं)

मिशन से ठीक पहले भी वस्तुओं को छिपाने के लिए



बहु-विकर्णीय छद्मावरण स्टिकर

स्टिकर का उपयोग किया जा सकता है, जिससे आश्चर्यजनक तत्व जुड़ जाता है।

उद्योगों की मदद से स्टिकरों के रोल–टू–रोल निर्माण की तकनीक स्थापित कर ली गई है।

एएफवी के लिए अनुकूली एड-ऑन

डीएलजे ने अनुकूलित दृश्य छद्मावरण के लिए भी तकनीक विकसित की है और इसके कार्यात्मक प्रदर्शन को सफलतापूर्वक पूरा किया है। परिकल्पित प्रणाली वाहन पर एक अनुकूली दृश्य रंग पैटर्न उत्पन्न करती है जो तैनाती के वातावरण से मेल खाती है, जिससे वाहन पृष्ठभूमि में विलीन हो जाता है और संचालन के दौरान या पृष्ठभूमि की विशेषताओं में परिवर्तन के दौरान इसका पता लगाना कठिन हो जाता है। यह प्रणाली लचीले, सक्रिय पैनलों से बनी है। कैमरे द्वारा पृष्ठभूमि की छवि प्राप्त की जाती है, और नियंत्रित इलेक्ट्रॉनिक्स की सहायता से, वस्तु पर संबंधित पिक्सल सक्रिय किये जाते हैं, जो वस्तु पर पृष्ठभूमि के रंग और पैटर्न उत्पन्न करते हैं।

वाहन की गति को बाधित किये बिना फैब्रिक उपस्तर के ऊपर पैनलों को सुरक्षित रूप से बाँधा जाता है।

रंग और पैटर्न में बदलाव को अपनाने के लिए एएफवी के लिए दृश्यमान अनुकूली एड-ऑन

छद्मावरण पैटर्न निर्माण और त्रि-आयामी दृश्यीकरण के लिए सॉफ्टवेयर

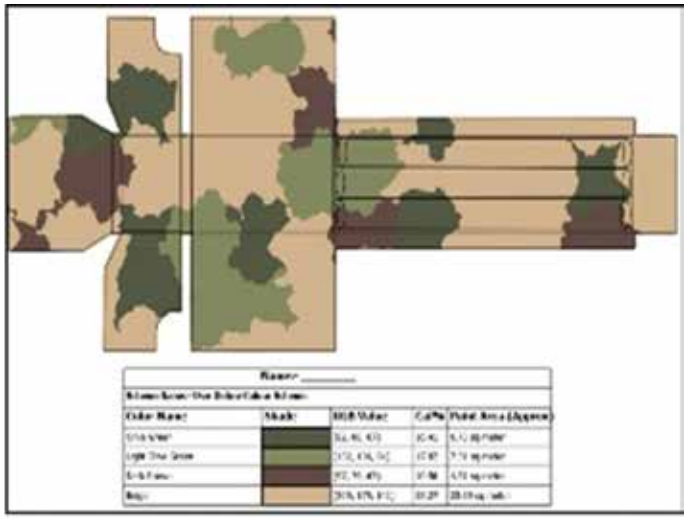
निश्चित रूप से दृश्य दूरी पर सैन्य वस्तुओं को छद्मावरित करने का सबसे सरल और कारगर तरीका छद्मावरण पेंटिंग है। छद्मावरण पेंटिंग पैटर्न का उपयोग करके की जाती है, जहाँ विषम भू–भाग में एक से अधिक रंगों का उपयोग किया जाता है। भारतीय सशस्त्र बलों की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए डीएलजे में विशेष रूप से सिग्मा सॉफ्टवेयर विकसित किया गया था। यह सॉफ्टवेयर चलते या स्थिर सैन्य उपकरणों पर पेंट करने के लिए कम्प्यूटर की सहायता से छद्मावरण पैटर्न तैयार करने में मदद करता है।

यह सॉफ्टवेयर भू–भाग की विशेषताओं और उपयोगकर्ता की आवश्यकताओं के आधार पर, सैन्य बलों द्वारा आवश्यक विभिन्न प्रकार के छद्मावरण पैटर्न तैयार कर सकता है।

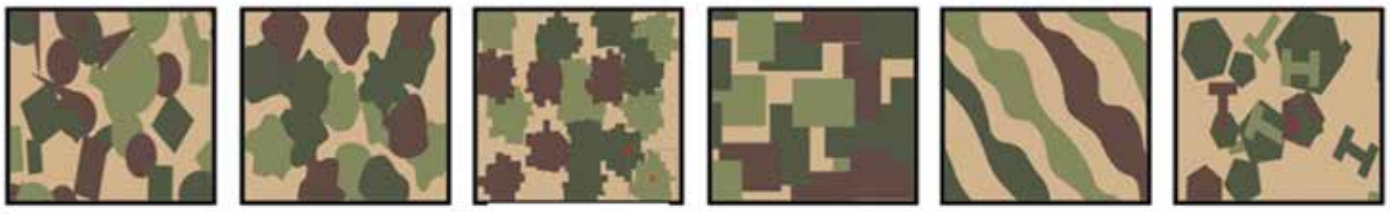
तापीय लक्ष्य प्रणाली

डीएलजे ने तापीय लक्ष्य प्रणाली (टीटीएस) विकसित की है, जो एक कम लागत वाला समाधान है और आईआर–आधारित एंटी–टैंक गाइडेड मिसाइलों (एटीजीएम) के परीक्षण मूल्यांकन के लिए क्षेत्र की परिस्थितियों में एक परिचालन टैंक के बराबर थर्मल हस्ताक्षर का अनुकरण करता है। टीटीएस नियंत्रित तापीय विशेषताओं वाले थर्मल लक्ष्यों का एक विशेष

सिग्मा 3.1 लॉगिन विंडो



रंग प्रतिशत गणना



नियमित | अनियमित | बहुभुज | टाइल्स | लहर | उपयोगकर्ता परिभाषित

डीटीजी | पुनरावर्ती | फैब्रिक | वेब | प्राकृतिक | उपयोगकर्ता परिभाषित

सिग्मा सॉफ्टवेयर द्वारा तैयार छद्मावरण पैटर्न

छद्मावरण के साथ टैंक का दृश्य

वर्ग है, जिसे विशेष रूप से टैंक वस्तु के वास्तविक आकार के बराबर स्थानिक तापीय सिग्नेचर प्रोफाइल प्रदान करने के लिए समायोजित किया गया है। आईआर सीकर आधारित मिसाइलों के परीक्षण फायरिंग में टीटीएस का सफलतापूर्वक उपयोग कर लिया गया है।

सैन्य डिकॉय प्रणालियाँ

आधुनिक युद्ध परिदृश्य में छद्मावरण धोखे के लिए सैन्य डीकॉय रणनीतिक रूप से महत्वपूर्ण वस्तुएँ है। डिकॉय वास्तविक उपकरणों और कर्मियों की उत्तरजीविता को बढ़ाता है। प्रयोगशाला ने ऑप्टिकल, थर्मल आईआर और माइक्रोवेव (एमडब्ल्यू) स्पेक्ट्रम में मल्टी–स्पेक्ट्रल सिग्नेचर सिमुलेशन क्षमता के साथ एक सैन्य टैंक का इन्फ्लेटेबल डिकॉय (1:1 पैमाने पर) सफलतापूर्वक विकसित कर लिया है। इन्फ्लेटेबल डिकॉय क्षेत्र की परिस्थितियों में संचालन में आसानी प्रदान करते हैं।

इन्फ्लेटेबल डिकॉय

टैंक का अग्रभाग टीटीएस पहलू

ज़वाबी उपाय प्रौद्योगिकियाँ

चैफ प्रौद्योगिकियाँ

चैफ एक निष्क्रिय इलेक्ट्रॉनिक ज़वाबी उपाय है जिसमें माइक्रोवेव द्विध्रुव के रूप में कार्य करने के लिए प्रतिध्वनित लंबाई के विद्युत चालक महीन फाइबर शामिल होते हैं। चैफ उत्पादों को सफलतापूर्वक साकार किया गया और सेवाओं में शामिल किया गया है।

चैफ कार्ट्रिज 118/I

यह एक ज़वाबी उपाय और बिखराव प्रणाली (सीएमडीएस) का हिस्सा है, जो रडार–निर्देशित मिसाइल खतरों से होस्ट विमान की रक्षा के लिए एक उपयुक्त वैकल्पिक और पसंदीदा लक्ष्य, या 'डीकॉय' (चैफ क्लाउड के रूप में) प्रदान करके काम करता है। डीएलजे ने 1" X 1" X 8" चैफ कार्ट्रिज का सफलतापूर्वक स्वदेशीकरण किया है। आरसीएमए से उड़ान योग्यता प्रमाणपत्र और एफसीएन प्राप्त करने के बाद, उपयोगकर्ता उड़ान परीक्षण सफलतापूर्वक पूरे कर लिए गये हैं। चैफ कार्ट्रिज के थोक उत्पादन के लिए तीन उद्योग भागीदारों को तकनीकी हस्तांतरण (टीओटी) किया गया।

चैफ कार्ट्रिज 118/I

चैफ कार्ट्रिज (26 मिमी और 50 मिमी)

ये धात्विक आवरण वाले गोलाकार चैफ कार्ट्रिज होते हैं जो रडार डिकॉय के रूप में कार्य करने के लिए फायरिंग करने पर चैफ तंतुओं को फैलाते हैं। इनका विकास पूरा हो चुका है, और आरसीएमए (एए) से उड़ान योग्यता मंजूरी भी प्राप्त कर ली गई है।

चैफ कार्ट्रिज (50 मिमी)

नौसेना चैफ पेलोड

रक्षा प्रयोगशाला जोधपुर ने भारतीय नौसेना के लिए उन्नत चैफ प्रौद्योगिकी भी विकसित की है।

- कम दूरी चैफ रॉकेट (एसआरसीआर) एक मोर्टार से प्रक्षेपित केंद्रीय विस्फोट प्रणाली है जो बहुत कम दूरी के लिए बनाई गई है।
- मध्यम दूरी चैफ रॉकेट (एमआरसीआर) एक रॉकेट से प्रक्षेपित पिस्टन–आधारित प्रणाली है जिसे कुछ किलोमीटर के लिए बनाया गया है।
- लंबी दूरी चैफ रॉकेट (एलआरसीआर) एक रॉकेट से प्रक्षेपित पिस्टन–आधारित प्रणाली है जिसे लंबी दूरी के लिए बनाया गया है।

नौसेना के चैफ पेलोड में बहुत महीन चालक तंतु होते हैं और ये ब्रॉडबैंड आवृत्ति रेंज पर उच्च आरसीएस उत्पन्न करते हैं। अन्य विशेषताओं में चैफ तंतुओं के लिए एक उच्च अवधारण समय, एक तीव्र फैलाव की दर, एक लागत प्रभावी निर्माण प्रक्रिया और एक उच्च परिचालन जीवन शामिल है।

माइक्रोवेव अस्पष्ट चैफ प्रौद्योगिकी

एमओसी रडार संकेतों को अस्पष्ट कर देता है और रणनीतिक प्लेटफार्मों और परिसंपत्तियों के चारों ओर एक माइक्रोवेव कवच बनाता है, जिससे रडार संसूचन कम हो जाता है। इस तकनीक पर शोध अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर इस तरह के विकास के समकालीन है, और यह एक विशिष्ट तकनीक है।

कम दूरी चैफ रॉकेट (एसआरसीआर)

लंबी दूरी चैफ रॉकेट (एलआरसीआर)

मध्यम दूरी चैफ रॉकेट (एमआरसीआर)

डीएलजे ने माइक्रोवेव अस्पष्ट चैफ (एमओसी) सामग्रियों को सफलतापूर्वक संश्लेषित किया है और एक सतत एमओसी कोटिंग प्रक्रिया विकसित की है। डीएलजे ने भारतीय नौसेना (आईएन) के लिए एमओसी प्रौद्योगिकी की क्षमता का प्रदर्शन किया है। नौसेना उपयोगकर्ताओं ने भारतीय नौसेना जहाजों पर एमओसी रॉकेटों का प्रारंभिक परीक्षण सफलतापूर्वक पूरा कर लिया है ताकि दृश्य विस्तार, सतत समय और कारवाई समय का मूल्यांकन किया जा सके।

लेजर खतरों के खिलाफ कोटिंग्स और प्रौद्योगिकी

उच्च–ऊर्जा लेजर (एचईएल) हथियार हवाई प्लेटफार्मों जैसे कि यूएवी और विमानों के लिए एक संभावित खतरा पेश करते हैं। प्रयोगशाला ने उन सामग्रियों और कोटिंग्स को विकसित करने के लिए अनुसंधान एवं विकास शुरू किया है जो सैन्य प्लेटफार्मों को उच्च शक्ति वाले लेजर हमलों से सुरक्षित रखेंगें।

संपादक डॉ योजना जानू, वैज्ञानिक-ई, और डीएलजे के प्रयोगशाला संवाददाता, श्री डीके त्रिपाठी का आभार व्यक्त करते हैं, जिन्होंने प्रौद्योगिकी विशेष के इस अंक के लिए आलेख तैयार किया