सुदूर संवेदन हेतु विद्युत प्रकाशीय कैमरा – एक परिचय

संजीव मेहता
बी एन शर्मा
अमिय बिश्वास
अंकुर जैन

संवेदक विकास क्षेत्र
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
अहमदाबाद

सुदूर संवेदन हेतु विद्युत प्रकाशीय कैमरा

- एक परिचय

संजीव मेहता
बी एन शर्मा
अमिय बिश्वास
अंकुर जैन

संवेदक विकास क्षेत्र
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
अहमदाबाद

विषय - सूची

प्राक्कथन

आभार

१. सुदूर संवेदन का परिचय

१.१ सुदूर संवेदन क्या है?

१.२ अंतरिक्ष से सुदूर संवेदन

१.३ सुदूर संवेदन का उपयोग

१.४ विद्युत-चुम्बकीय विकिरण

१.५ विद्युत-चुम्बकीय वर्णक्रम

१.६ संवेदक मंच

१.७ सुदूर संवेदकों का वर्गीकरण

२. विद्युत-प्रकाशीय संवेदक प्रौद्योगिकी

२.१ परिचय

२.२ प्रतिबिम्बन विधियाँ

२.२.१ व्हिस्क्ब्रूम क्रमवीक्षण

२.२.२ पुशब्रूम क्रमवीक्षण

२.२.२.१ सोपान और ताक

२.२.२.२ कालविलंब और समाकलन

२.२.२.३ त्रिविमीय प्रतिबिम्बन

२.३ संवेदक प्राचलों का चयन

२.३.१ स्थानिक विभेदन

२.३.२ वर्णक्रमीय विभेदन

२.३.३ विकिरणमापीय विभेदन

२.३.४ कालिक विभेदन

२.४ विद्युत-प्रकाशीय संवेदक तंत्र का विकास

२.४.१ चित्र कैमरा

२.४.२ टीवी कैमरा

२.४.३ डिजिटल प्रतिबिंबन

३. विद्युत-प्रकाशीय संवेदक प्रणाली

३.१ प्रकाशीय प्रणाली

३.१.१ विनिर्देश

३.१.२ विन्यास

३.१.३ अभिकल्प

३.१.४ निष्पादन अभिलक्षण

३.१.५ घटकों का निर्माण

३.१.६ परीक्षण

३.२ यांत्रिक प्रणाली

३.२.१ संरचनात्मक अभिकल्पनाSTRUCTURAL

३.२.२ आनमन

३.२.३ निर्माणFABRICATION

३.२.४ तापीय प्रबंधन

३.२.५ परीक्षण

३.३ संसूचक

३.३.१ संसूचक वर्गीकरण

३.३.१.१ आवेश युग्मित युक्ति Coupled(सीसीडी)

३.३.१.२ पूरक धातु ऑक्साइड अर्धचालकComplementary (सिमौस)Metal

३.३.१.३ iiअवरक्त संसूचकINFRARED DE(इन्फ्रा-रेड डिटेक्टर)

३.३.२ संसूचक वास्तुकलाARCHITECTU

३.३.३ संसूचक पदार्थETECTOR

३.३.४ संसूचक अभिलक्षणनDETECTOR

३.४ इलेक्ट्रॉनिक्स

३.४.१ मौलिक सिद्धांत

३.४.२ अभिकल्प

३.४.३ प्रमुख तत्व

३.४.३.१ संसूचक ड्राइव इलेक्ट्रोनिक्स

३.४.३.२ पूर्व प्रवर्धक और वीडियो प्रक्रमण

३.४.३.३ समय और नियत्रंण इलेक्ट्रॉनिक्स

३.४.३.४ तापमान नियंत्रक

३.४.३.५ अंशांकन इलेक्ट्रॉनिक्स

३.४.३.६ डेटा भंडारण, स्वरूपण और संचारण

३.४.३.७ दूर-आदेश और दूरमिति अंतरापृष्ठ

३.४.३.८ उर्जा प्रदाय

३.४.४ संविरचन
३.४.५ परीक्षण
३.४.६ भविष्य रुझान
३.५ समुच्चय, एकीकरण और परीक्षण
३.५.१ समुच्चय एवं एकीकरण
३.५.२ अंतरापृष्ठ
३.५.३ भू-जाँच प्रणाली
३.५.४ इस्टतमिकरण
३.५.५ परीक्षण
३.५.६ उपग्रह के साथ समुच्चय एवं एकीकरण एवं प्रक्षेपण
३.६ विश्वसनीयता
३.७ डेटा प्रक्रमण

४. भारतीय परिदृश्य - भूत, वर्तमान और भविष्य

४.१ परिचय
४.२ भूत
४.२.१ भास्करा-१
४.२.२ आइआरएस-१ए
४.३ वर्तमान
४.३.१ रिसोर्ससेट
४.३.२ कार्टोसैट-१
४.३.३ कार्टोसैट-२
४.३.४ चंद्रयान-१
४.३.५ इनसेट-३डी
४.४ भविष्य
४.४.१ भुस्थिर प्रतिबिम्बन उपग्रह
४.४.२ भारत का मंगल अभियान

संदर्भ

शब्दावली

प्राक्कथन

"हमें मनुष्य और समाज की वास्तविक समस्याओं के निवारण के लिए अग्रिम प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग में किसी से पीछे नहीं होना चाहिए""

महान दूरदर्शी डॉ. विक्रम ए साराभाई के इन महान शब्दों ने भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की नींव रखी। भारतीय अंतरिक्ष गतिविधि की एक छोटी-सी शुरुआत 1960 के दशक में तिरुवनंतपुरम के निकट थुम्बा से पृथ्वी के ऊपरी वायुमंडल का अध्ययन करने के लिए परिज्ञापी रॉकेट के प्रक्षेपण के साथ हुई। आज, पांच दशकों के पश्चात्, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन ने 100 से अधिक सफल अंतरिक्ष अभियान पूरे कर अंतरिक्ष से सुदूर संवेदन के लिए उपग्रह बनाने और उपग्रह प्रमोचन जैसी जटिल प्रौद्योगिकियों में आत्मनिर्भरता हासिल की है। पिछले पांच दशकों में इसरो ने मौसम संबंधी जानकारी तथा प्राकृतिक संसाधनों के प्रबंधन के लिए सुदूरसंवेदी उपग्रहों और दूरदर्शन प्रसारण तथा दूरसंचार के लिए संचार उपग्रहों का सफलतापूर्वक प्रमोचन किया है।

मनुष्य की पृथ्वी तथा उसके वातावरण के बारे में जिज्ञासा और ज्ञान की तलाश ने ही उपग्रहों द्वारा अंतरिक्ष की खोज को प्रोत्साहित किया है। किसी लक्ष्य के सीधे संपर्क में आये बिना उसके द्वारा परावर्तित या उत्सर्जित ऊर्जा के संवेदन से उस लक्ष्य के बारे में जानकारी प्राप्त की जा सकती है और एक सुदूरसंवेदी उपग्रह इसी सिद्धांत पर काम करता है। एक उपग्रह आधारित विद्युत-प्रकाशीय कैमरा, जो कि उस उपग्रह का दिल होता है, लक्ष्य की ऊर्जा को एकत्रित कर उसे उपयोगी जानकारी में परिवर्तित करता है।

इस पुस्तक के माध्यम से लेखकों द्वारा एक विद्युत-प्रकाशीय कैमरे के घटकों से परिचय तथा उसके अंतरिक्ष से उपयोग की दिशा में एक अच्छा कदम है। लेखकों ने काफी व्यवस्थित एवं सुसंगत तरीके से जटिल वैज्ञानिक व तकनीकी सिद्धांतों को सरलता से एक आम आदमी की भाषा में वर्णन किया है जो कि सराहनीय है। भारत की राजभाषा हिंदी द्वारा सुदूर संवेदन हेतु विद्युत प्रकाशीय कैमरा की विविध जानकारियों को आम आदमी तक पहुँचाने का यह पहला प्रयास है। मैं इस महत्वपूर्ण अवसर पर इस चुनौतीपूर्ण पुस्तक लिखने के प्रयास के लिए लेखकों को बधाई देता हूँ। मुझे विश्वास है कि यह पुस्तक आम जनता और विद्यार्थियों के लिए उपयोगी सिद्ध होगी।

आभार

सर्वप्रथम हम श्री ए.एस. किरण कुमार, निदेशक, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के प्रति कृतज्ञ हैं, जिन्होंने केंद्र में पुस्तक लेखन की अनूठी योजना का सूत्रपात किया और हमें यह अवसर प्रदान किया। पुस्तक लेखन के दौरान समय-समय पर अपने अमूल्य सुझाव से हमारा मार्गदर्शन करने के लिए श्री डी.आर.एम. समुद्र्य्या, पूर्व उप निदेशक, संवेदक विकास क्षेत्र के प्रति हम विशेष आभार प्रकट करते हैं। हिंदी में लेखन के लिये प्रोत्साहित करने हेतु हम श्री साजी अब्राहम, उप निदेशक, संवेदक विकास क्षेत्र के भी हृदय से आभारी हैं।

श्री एस.एस. सरकार, प्रधान, आरएफओडी और श्री आशीष मिश्र, प्रधान, पीसीएसवीडी के प्रति भी हम आभार प्रकट करते हैं, जिन्होंने अत्यधिक व्यस्तता के बीच भी अपना अमूल्य समय निकालकर पुस्तिका की विस्तृत समीक्षा की और अनेक महत्वपूर्ण सुझाव दिये।
श्री आर.एम. परमार, श्री के.एन. मांकड एवं श्री डी.आर. गोस्वामी से भी हमें खूब सहयोग मिला और श्री सी. एन. लाल और श्री दिनेश अग्रवाल ने इस कार्य की प्रगति के दौरान निरंतर संपर्क बनाए रखा और अपने बहूमूल्य सुझावों से हमें अवगत कराते रहें तथा श्रीमती नीलू सेठ, हिंदी अधिकारी ने भाषा की दृष्टि से इस पुस्तिका की जांच की और उपयुक्त शब्दों के प्रयोग की दिशा में हमारा सहयोग किया, इन सभी अधिकारियों से प्राप्त सहयोग के लिए हम तहेदिल से आभारी हैं।

हमारे सहकर्मी श्री अनुराग वर्मा ने हमें विद्युत-प्रकाशीय कैमरे से संबंधित अनेक पहलुओं के बारे में जानकारी दी, श्री मनीष मित्तल और श्री अश्वनी कुमार ने भी पुस्तक लेखन के दौरान अनेक सुझावों से हमे लाभान्वित किया और श्री मोहित सारस्वत एवं श्री सौमित समाद्दार चौधरी ने इस पुस्तक के कुछ चित्रों के अंकन करने में हमारी सहायता की, इन सभी के सहयोग के लिए हम इन्हें धन्यवाद देते हैं। इसके अलावा वरिष्ठ एवं साथी वैज्ञानिक/ अभियंताओं के भी अत्यंत आभारी हैं इस पुस्तक के लेखन में हमें प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से योगदान दिया है।

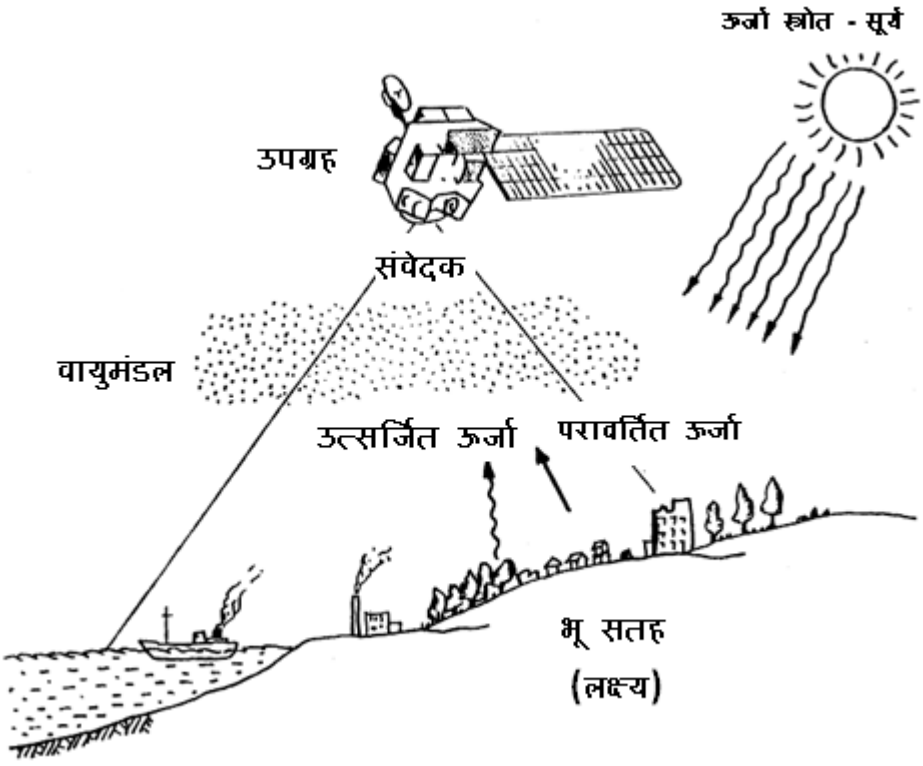
१. सुदूर संवेदन का परिचय

१.१. सुदूर संवेदन क्या है?

सुदूर संवेदन, किसी लक्ष्य के सीधे संपर्क में आये बिना उसके बारे में जानकारी प्राप्त करने का विज्ञान है. इसमें लक्ष्य से परावर्तित या उत्सर्जित ऊर्जा का संवेदन किया जाता है. इसके पश्चात् उसका विश्लेषण करके उससे प्राप्त जानकारी को उपयोग में लाया जाता है. सुदूर संवेदन प्रक्रिया का आरंभ एक ऊर्जा स्रोत द्वारा लक्ष्य को प्रदीप्त करने से होता है. आपतित ऊर्जा लक्ष्य के साथ मिलती है जिसका परिणाम लक्ष्य और विकिरण के गुणों पर निर्भर करता है. प्रत्येक लक्ष्य के परावर्तन और उत्सर्जन लक्षण अद्वितीय तथा भिन्न होते हैं. इसलिए, सुदूर संवेदन किसी लक्ष्य की परावर्तन और उत्सर्जन की अद्वितीयता के गुणों की पहचान कर उस लक्ष्य को समझने की तकनीक है.

१.२. अंतरिक्ष से सुदूर संवेदन

अंतरिक्ष से सुदूर संवेदन की अवधारणा नीचे दी हुई छवि में चित्रित है.



अंतरिक्ष से सुदूर संवेदन की अवधारणा

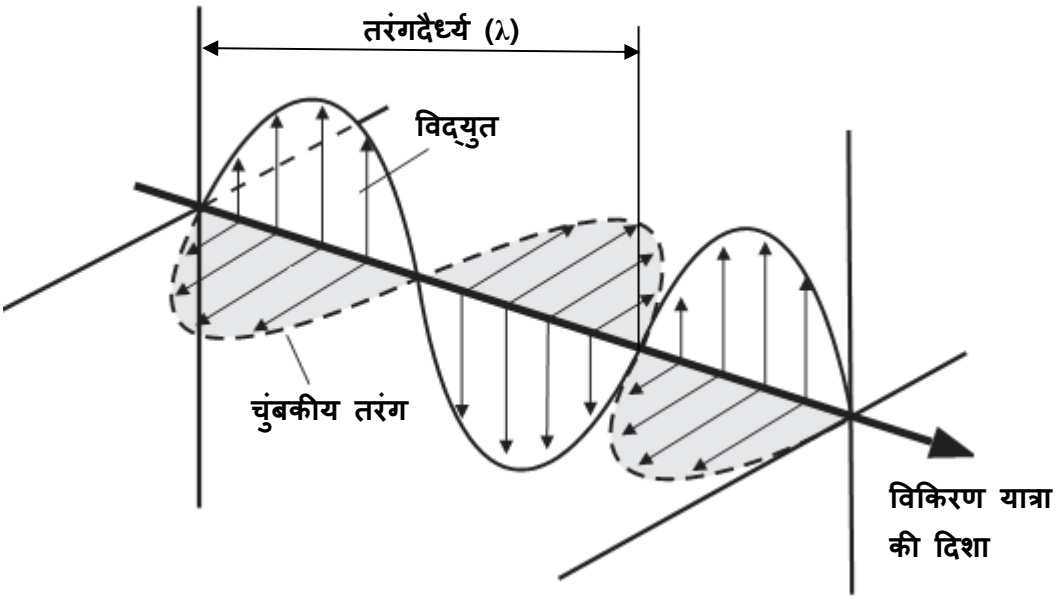
अंतरिक्ष से सुदूर संवेदन, पृथ्वी (या किसी भी अन्य ग्रह) की सतह अथवा वातावरण से परावर्तित या उत्सर्जित विकिरण के संवेदन द्वारा होता है. यह विकिरण दृश्य क्षेत्र अथवा निकट अवरक्त क्षेत्र में परावर्तित विकिरण या लक्ष्य द्वारा दीर्घ अवरक्त क्षेत्र में उत्सर्जित विकिरण होती है. प्राथमिक ऊर्जा स्रोत सौर ऊर्जा है जो विद्युत-चुम्बकीय विकिरण का एक रूप है. उपग्रह में स्थित संवेदक लक्ष्य द्वारा परावर्तित या उत्सर्जित विकिरण को दर्ज करता है. संवेदक द्वारा यह अभिलेखित ऊर्जा इलेक्ट्रॉनिक रूप में ग्राही स्टेशन को प्रेषित कर दी जाती है. यहाँ पर उसे उपयोगी जानकारी प्राप्त करने के लिए संशोधित किया जाता है. सुदूर संवेदन में अंतिम चरण, लक्ष्य द्वारा प्राप्त जानकारी को लागु करके किसी विशेष समस्या को समझना या हल करना है.

१.३. सुदूर संवेदन का उपयोग

सुदूर संवेद्कीय डेटा का उपयोग विभिन्न प्राकृतिक संसाधनों और पर्यावरण की विषयक जानकारी प्राप्त करने में होता है. सुदूर संवेदन पृथ्वी और उसके वातावरण में हो रही घटनाओं की समयक और पुनरावृत सूचना प्रदान करता है. इसके द्वारा पृथ्वी के संसाधनों, पर्यावरण और जलवायु पर होने वाले प्रतिकूल प्रभावों को कम करते हुए प्राकृतिक संसाधनों का प्रबंधन किया जाता है. यह विश्व स्तर पर आर्थिक और सामाजिक विकास प्राप्त करने में सहयोग प्रदान करता है. सुदूर संवेदन के विभिन्न अनुप्रयोगों में विशिष्ट हैं कृषि, वन निर्माण, भूसतह मानचित्रण, जल संसाधन, हिमपात और हिमानी, नमभूमि प्रबंधन, तटीय क्षेत्र प्रबंधन, समुद्री मत्स्य पालन, पृथ्वी प्रणाली विज्ञान अध्ययन, पर्यावरण और जलवायु निगरानी, आपदा निगरानी इत्यादि.

१.४. विद्युत-चुम्बकीय विकिरण

लक्ष्य को रोशनी देने के लिए ऊर्जा स्रोत विद्युत-चुम्बकीय विकिरण के रूप में होता है. विद्युत-चुम्बकीय विकिरण में दो तरह की तरंगे होती हैं: एक विद्युत क्षेत्र की तरंग है जिसका परिमाण विकिरण यात्रा की दिशा के अभिलम्ब में बदलता है और दूसरी चुंबकीय क्षेत्र की तरंग है जो विद्युत क्षेत्र की तरंग की अभिलम्ब दिशा में विनिर्दिष्ट रहती है. ये दोनों तरंगे प्रकाश की गति (c) से यात्रा करती हैं. तरंगदैर्ध्य और आवृत्ति विद्युत-चुम्बकीय विकिरण की दो विशेषताएं हैं, जिन्हें व्यापक रूप से सुदूर संवेदन के क्षेत्र में उपयोग किया जाता है.



विद्युत-चुंबकीय विकिरण

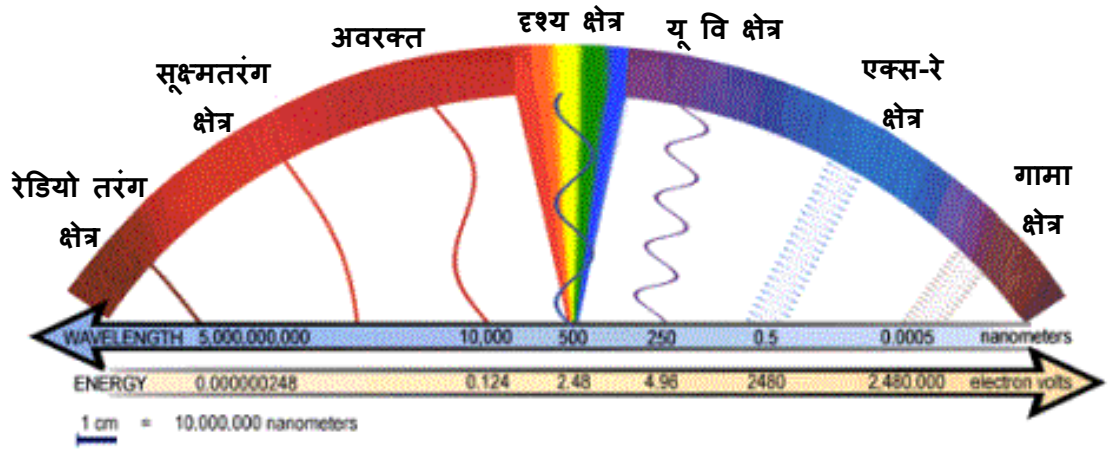
तरंगदैर्ध्य एक लहर चक्र की लंबाई है, जिसे दो लगातार लहर शिखर के बीच की दूरी के रूप में मापा जा सकता है और जिसको 'λ' द्वारा दर्शाया जाता है. आवृत्ति प्रति समय एक नियत बिन्दु से गुजरे लहर के चक्रों की संख्या को संदर्भित करता है और आम तौर पर जिसको 'ν' द्वारा दर्शाया जाता है.

तरंगदैर्ध्य और आवृत्ति एक दूसरे के विपरीत आनुपातिक हैं तथा निम्नलिखित सूत्र से संबंधित हैं:

$$c = \lambda\nu$$

१.५ विद्युत-चुम्बकीय वर्णक्रम

विद्युत-चुम्बकीय वर्णक्रम का परास लघु तरंगदैर्ध्य (गामा और एक्स-रे) से दीर्घ तरंगदैर्ध्य (सूक्ष्मतरंग और रेडियो तरंग) के बीच होता है. विद्युत-चुम्बकीय वर्णक्रम के कई क्षेत्र सुदूर संवेदन के लिए उपयोगी होते हैं. विद्युत-प्रकाशीय संवेदक विद्युत-चुम्बकीय वर्णक्रम के दृश्य क्षेत्र से लेकर अवरक्त क्षेत्र की सीमा में काम करते हैं.



विद्युत-चुम्बकीय वर्णक्रम

हमारी आँखें जिस प्रकाश का पता लगा सकती हैं वह दृश्य क्षेत्र का हिस्सा है. दृश्य तरंगदैर्ध्य का परास लगभग ०.४ μm से ०.७ μm तक होता है. हमारे आसपास बहुत सी विकिरण है जो हमारी आंखों के लिए अदृश्य है, परन्तु इन अदृश्य विकिरणों का सुदूर संवेदी उपकरणों द्वारा पता लगाया जा सकता है. अवरक्त वर्णक्रम में ०.७ μm से १०० μm तक तरंगदैर्ध्य की विकिरण शामिल होती हैं. विकिरण गुणों के आधार पर अवरक्त क्षेत्र को दो श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है- परावर्तित अवरक्त क्षेत्र और उत्सर्जित अवरक्त क्षेत्र. परावर्तित अवरक्त का परास लगभग ०.७ μm से ३.० μm तरंगदैर्ध्य है जबकि उत्सर्जित अवरक्त का परास लगभग ३ μm से १०० μm तरंगदैर्ध्य है.

१.६ संवेदक मंच

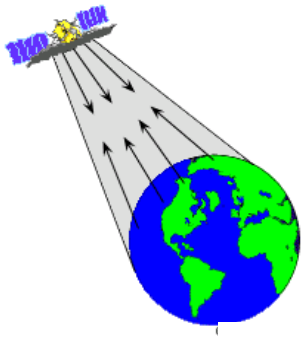
संवेदक को लक्ष्य से दूर एक मंच पर रखने की जरूरत होती है. सुदूर संवेदन के लिए मंच को भूतल, वायुयान, गुब्बारे अथवा पृथ्वी के वायुमंडल के बाहर एक अंतरिक्ष यान पर स्थित किया जा सकता है. भूतल आधारित संवेदक अक्सर सतह के बारे में विस्तृत जानकारी के लिए प्रयोग किये जाते हैं जिसकी तुलना वायुयान या उपग्रह आधारित संवेदकों से एकत्रित जानकारी से की जाती है. वायुयान विस्तृत चित्र लेने के लिए प्रयोग किये जाते हैं और वे किसी भी समय पृथ्वी की सतह के किसी भी हिस्से के आंकड़ों के संग्रह की सुविधा प्रदान करते हैं.

अंतरिक्ष से सुदूर संवेदन उपग्रहों के द्वारा किया जाता है. किसी ग्रह के चारों ओर घूमने वाली वस्तु को उपग्रह कहते हैं, जैसे चंद्रमा पृथ्वी का एक उपग्रह है. उनकी कक्षाओं के कारण उपग्रह पृथ्वी की सतह का पुनरावृत्त व्यापन एक सतत आधार पर प्रदान करते हैं. मंच की लागत उसके विभिन्न विकल्पों के बीच चयन करने में एक महत्वपूर्ण कारक है.

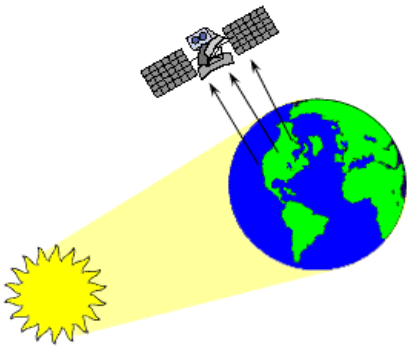
१.७ सुदूर संवेदकों का वर्गीकरण

सुदूर संवेदन के लिए इस्तेमाल किये जाने वाले संवेदकों का मोटे तौर पर वर्गीकरण सक्रिय एवं परक्रिय के रूप में किया जाता है.

सक्रिय संवेदक लक्ष्य को निहित रूचि की तरंगदैर्ध्य के विद्युत-चुंबकीय विकिरण स्रोत के द्वारा प्रदीप्त करता है. संवेदक लक्ष्य से परावर्तित विकिरण का संवेदन करता है जो लक्ष्य की विशिष्ट जानकारी प्रदान करता है. सक्रिय संवेदक समय, दिन अथवा मौसम की परवाह किए बिना किसी भी वांछित तरंगदैर्ध्य पर ऊर्जा का माप कर सकता है. परन्तु सक्रिय संवेदन प्रणाली में लक्ष्य को पर्याप्त रूप से रोशन करने के लिए विकिरण की काफी बड़ी मात्रा चाहिए इसलिए यह प्रणाली जटिल है. परक्रिय संवेदक लक्ष्य से उत्सर्जित या परावर्तित प्राकृतिक विकिरण का संवेदन करता है. परक्रिय संवेदक को किसी निहित विकिरण स्रोत की आवश्यकता नहीं होती है इसलिए इसकी क्रिया आसान है.

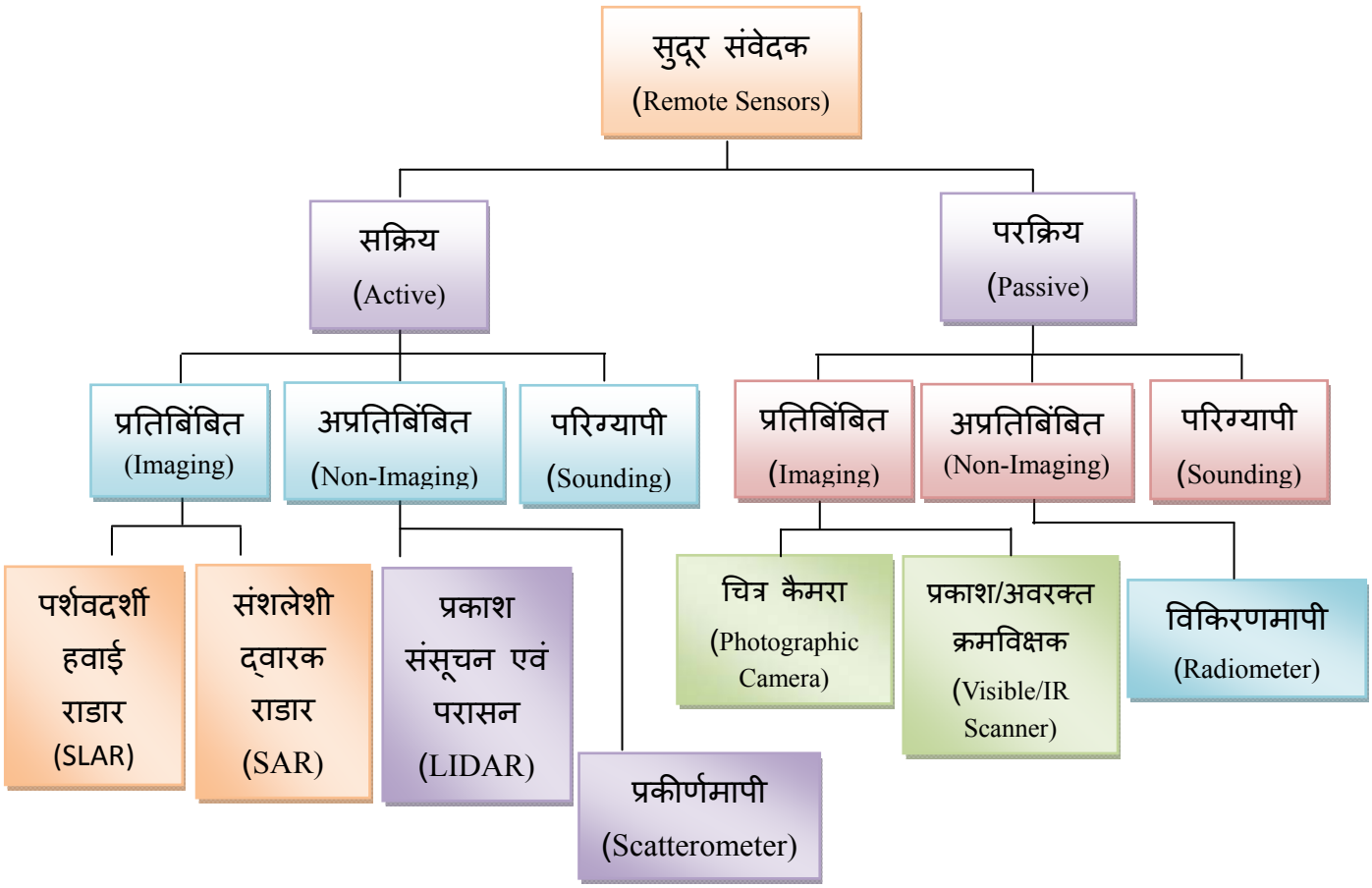


सक्रिय संवेदक



परक्रिय संवेदक

सक्रिय और परक्रिय सुदूर संवेदक, प्रतिबिंबित कैमरे (चित्र कैमरे), अप्रतिबिम्बित कैमरे (विकिरणमापी) अथवा वातावरण की परिछेदिका जानने वाले परिज्ञापी जैसे होते हैं. विद्युत-चुंबकीय वर्णक्रम के जिस क्षेत्र में सुदूर संवेदन करना है उसके आधार पर सुदूर संवेदकों को मोटे तौर पर विद्युत-प्रकाशीय संवेदक और सूक्ष्मतरंग संवेदक के रूप में वर्गीकृत किया गया है. सुदूर संवेदकों का वर्गीकरण नीचे चित्र में दिखाया गया है.



सुदूर संवेदकों का वर्गीकरण

२. विद्युत-प्रकाशीय संवेदक प्रौद्योगिकी

२.१ परिचय

जैसा कि पिछले अध्याय से विदित है, सुदूर संवेदक दो प्रकार के होते हैं: विद्युत-प्रकाशीय संवेदक और सूक्ष्म-तरंग संवेदक. इन दो प्रकार के संवेदक को विकसित करने की प्रोद्योगिकी काफी अलग है. इस अध्याय में विद्युत-प्रकाशीय संवेदक की विधियाँ, उनके प्राचलों का चयन और उनके विकास के बारे में वर्णन किया गया है. विद्युत-प्रकाशीय संवेदक ०.४ μm से २० μm के तरंगदैर्ध्य क्षेत्र में कार्य करते हैं. इस वर्णक्रमीय प्रक्षेत्र में ०.४ μm से ०.७ μm दृश्य भाग में है जबकि ०.७ μm से २० μm अवरक्त क्षेत्र के अंतर्गत आता है.

२.२ प्रतिबिम्बन विधियाँ

भूदृश्यों के बिम्बन के लिए अंतरिक्ष आधारित प्रतिबिम्बित्रों से विभिन्न तकनीकों का उपयोग होता आया है. मुख्य रूप से किसी प्रयोग के लिए उपयुक्त प्रतिबिम्बन तकनीक का निर्धारण उपग्रह की कक्षा तथा संसूचक के विन्यास पर निर्भर करता है. निम्न भूकक्षा में परिक्रमारत उपग्रह गति की दिशा में क्रमवीक्षण के लिए अपने मंच की गति का उपयोग करते हैं. भूस्थैतिक कक्षा के उपग्रह गति की लम्बवत दिशा में एकलपंक्ति डेटा उत्पन्न करने के लिए क्रमवीक्षक दर्पण का उपयोग करते हैं. व्हिस्क्ब्रूम और पुशब्रूम क्रमवीक्षण की दो महत्वपूर्ण विधियाँ हैं जबकि 'सोपान और ताक', 'कालविलंब और समाकलन' तथा 'त्रिविमीय प्रतिबिम्बन' पुशब्रूम क्रमवीक्षण के विभिन्न प्रकार हैं.

२.२.१ व्हिस्क्ब्रूम क्रमवीक्षण

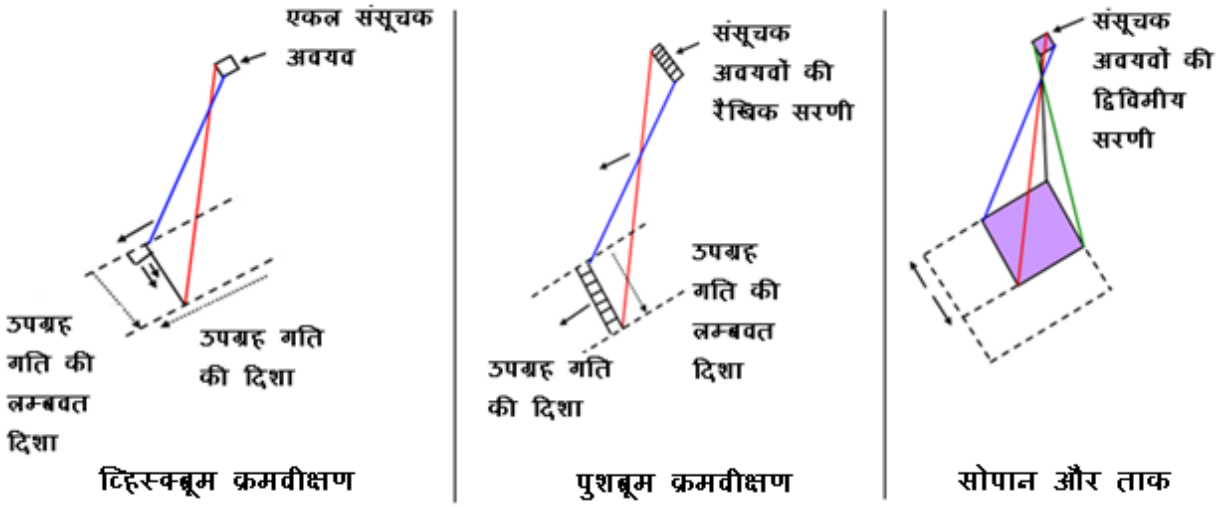
जैसा कि नीचे दिये गये चित्र में दर्शित है, व्हिस्क्ब्रूम क्रमवीक्षण में एकल संसूचक अवयव क्रमविक्षक दर्पण की सहायता से उपग्रह गति की लम्बवत दिशा में प्रसर्प करता है और एक पंक्ति का बिम्बन उत्पन्न करता है. इस प्रतिबिम्बन तकनीक का मुख्य लाभ इसकी 'दीर्घ दृष्टि क्षेत्र' है जो चौड़े प्रमार्ज में परिवर्तित होती है. इस तकनीक का मुख्य दोष इसका अल्प 'वास समय' है जिसके परिणामस्वरूप संसूचक से कम संकेत मिलता है और उसकी विकिरणमापीय निष्पादन क्षमता कम हो जाती है. इसके अलावा विद्युत-यांत्रिकीय क्रमवीक्षण तंत्र इस प्रणाली को अति दुष्कर और कम विश्वसनीय बनाता है. इसरो के 'मेटसेट' उपग्रह में 'अति उच्च विभेदन क्षमता विकिरणमापी' नीतभार तथा इनसेट-३डी उपग्रह में प्रतिबिम्बित्र और परिज्ञापी नीतभार व्हिस्क्ब्रूम क्रमवीक्षण तकनीक पर आधारित हैं.

२.२.२ पुशब्रूम क्रमवीक्षण

पुशब्रूम क्रमवीक्षण में, चित्रानुसार, संसूचक अवयवों की एक रैखिक सरणी उपग्रह गति की लम्बवत दिशा में दृश्य की एक पंक्ति का बिम्बन करती है. उपग्रह की गति संसूचक सरणी को गति की दिशा में आनुक्रमिक पंक्तियाँ उत्पन्न करने के लिए आगे धकेलती हैं. यह तकनीक प्रत्येक संसूचक को लंबी अवधि (एक पंक्ति के समयकाल के तुल्य) के लिए ऊर्जा को मापने तथा समाकलन करने का समय देती है. इससे अधिक ऊर्जा एकत्रित करने से उसकी विकिरणमापीय निष्पादन क्षमता में सुधार होता है. इस तकनीक में एक पंक्ति में उपलब्ध अधिकतम संसूचकों की संख्या के कारण दृष्टि क्षेत्र सीमित रहता है. किन्तु इस तकनीक के गुणों के कारण सभी भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रह पुशब्रूम क्रमवीक्षण तकनीक का उपयोग करते हैं.

२.२.२.१ सोपान और ताक

'सोपान और ताक' विधि में, बड़ी संख्या में सुक्ष्माकार संसूचक अवयव रैखिक अथवा द्विविमीय सरणी में व्यवस्थित रहते हैं. इस विधि में कैमरा अपना दृष्टिकोण लगातार बदलते हुए एक निर्दिष्ट क्षेत्र पर एक निर्दिष्ट समयकाल तक 'ताक' करता है और उसके पशचात अगले क्षेत्र का बिम्बन करने के लिये कैमरा 'सोपान' करता है. इसके फलस्वरूप संवेदक एक व्यापक क्षेत्र का प्रतिबिम्बन तेज बिम्बंगति से करता है और उसके विभेदन तथा विकिरणमापीय निष्पादन क्षमता में सुधार होता है. 'सोपान और ताक' अवधारणा नीचे चित्र में दिखाया गया है.



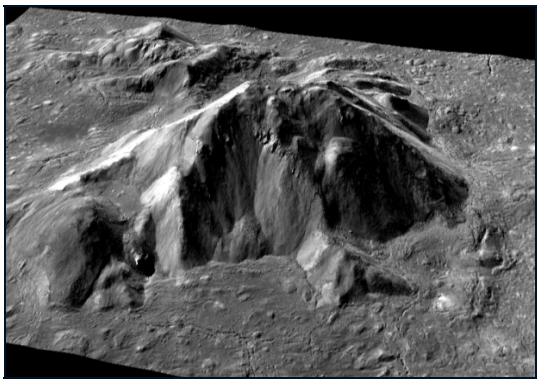
प्रतिबिम्बन विधियाँ

२.२.२.२ कालविलंब और समाकलन

'कालविलंब और समाकलन' मुख्य रूप से एक पुशब्रूम तकनीक है जिसमें किसी दृश्य के लिए प्रभावी वासकाल की वृद्धि एकल पंक्ति संसूचक सरणी के बजाय बहु पंक्ति संसूचक सरणी का उपयोग करके की जाती है. भू पट्टिका का बिम्बन पहली बार पहली पंक्ति के संसूचन के बाद पुनः एक समाकलन के बाद अगली पंक्ति द्वारा किया जाता है और यह प्रक्रिया जारी रहती है. इस प्रकार कोई दृश्य क्रमशः 'n' पंक्तियों के संसूचकों के द्वारा 'n' बार बिम्बित होता है और 'n' बार समाकलित होकर संकेत को 'n' गुणा बढ़ा देता है. 'कालविलंब और समाकलन' तकनीक में 'संकेत-रव अनुपात' की वृद्धि 'n' के वर्गमूल के गुणा होती है.

२.२.२.३ त्रिविमीय प्रतिबिम्बन

त्रिविमीय प्रतिबिम्बन तकनीक किसी लंबन के सिद्धांत के द्वारा लक्ष्य की ऊंचाई की जानकारी प्रदान करती है. इस तकनीक में एक लक्ष्य को एक से अधिक दृश्य कोणों में प्रतिबिम्बन किया जाता है. इसरो के चंद्रयान - १ उपग्रह में लगा हुआ भुमान्चित्रक कैमरा एक त्रिविमीय कैमरा है.



चंद्रमा के टैको क्रेटर का भुमान्चित्रक कैमरे द्वारा लिया गया त्रिविमीय चित्र

२.३ संवेदक प्राचलों का चयन

एक सुदूर संवेदक किसी लक्ष्य के बारे में डेटा इकट्ठा करके उसके आकार, रूप, वर्णक्रमीक विकिरणता, त्रिविमीय प्राचल जैसे गुणों के बारे में जानकारी देता है. संवेदक की प्रभावशीलता इसकी सूक्ष्म से सूक्ष्म लक्ष्य से अनेकों वर्णक्रमीय बैंड में पुनरावृत तरीके से उत्सर्जित या परावर्तित विकिरण के अल्पतम अंतर को मापने की क्षमता पर निर्भर करती है. तदनुसार संवेदक के चार मुख्य प्राचल हैं जो की संवेदक का चयन तय करते हैं - स्थानिक विभेदन, वर्णक्रमीय विभेदन, विकिरणमापीय विभेदन और कालिक विभेदन.

२.३.१ स्थानिक विभेदन

संवेदक द्वारा लक्ष्य के न्यूनतम संभावित स्थानिक लक्षण के पता लगाने की क्षमता को स्थानिक विभेदन कहते हैं. इसको संवेदक के 'तात्क्षणिक दृष्टि क्षेत्र' के नाम से भी जाना जाता है. किसी संवेदक का स्थानिक विभेदन उसके अवयव माप तथा प्रकाशिकी फोकस दुरी पर निर्भर करता है. स्थानिक विभेदन और उपग्रह की पृथ्वी से ऊंचाई के गुणनफल से लक्ष्य के आकार की जानकारी मिलती है जिसके द्वारा संवेदक लक्ष्य को पृष्ठभूमि से विभेदन कर सकता है. स्थानिक विभेदन १ मीटर का तात्पर्य यह है कि संवेदक किन्ही दो वस्तुओं, जो एक दूसरे से १ मीटर या उससे अधिक की दूरी पर है, को अलग अलग पहचान सकता है.

२.३.२ वर्णक्रमीय विभेदन

वर्णक्रमीय विभेदन संवेदक द्वारा विद्युत-चुम्बकीय विकिरण वर्णक्रम में विभिन्न तरंग्दैध्र्यों को पहचानने की क्षमता दर्शाता है. कुछ संवेदक दृश्य विकिरण (०.४ μm से ०.७ μm तरंगदैर्ध्य) के प्रति संवेदनशील होते हैं जबकि कुछ अवरक्त विकिरण (०.७ μm से २० μm तरंगदैर्ध्य) के प्रति संवेदनशील होते हैं. किसी संवेदक की वर्णक्रमीय दक्षता का आकलन उसके द्वारा संवेदन किये गए वर्णक्रमीय बैंडों की संख्या तथा प्रत्येक बैंड की केंद्रीय तरंगदैर्ध्य और वर्णक्रमीय चौड़ाई के द्वारा किया जाता है. वर्णक्रमीय विभेदन के आधार पर कैमरा का तीन भागों में वर्गीकरण किया जा सकता है, जैसे कि,

- 'सार्ववर्णी कैमरा': यह एक विस्तृत वर्णक्रमीय बैंड में बिम्बन करता है.
- 'बहुवर्णक्रमीय कैमरा': यह एक से ज्यादा (लगभग ३-१०) अलग अलग वर्णक्रमीय बैंडों में बिम्बन करता है.
- 'अतिवर्णक्रमी कैमरा': यह अनेकों संकीर्ण वर्णक्रमीय बैंडों में बिम्बन करता है.

एक से अधिक वर्णक्रमीय बैंड वाले संवेदकों में समरूप वर्णक्रमीय गुणों वाले दो लक्ष्यों में अंतर करने की ज्यादा क्षमता होती है.

२.३.३ विकिरणमापीय विभेदन

किसी संवेदक के द्वारा लक्ष्य से उर्जित न्यूनतम संभावित ऊर्जा के संवेदन को विकिरणमापीय विभेदन कहते हैं. संवेदक का जितना परिष्कृत विकिरणमापीय विभेदन होता है उतना ही वह लक्ष्य द्वारा परावर्तित या उत्सर्जित ऊर्जा के सूक्ष्म अंतर को पहचानने की क्षमता रखता है. विकिरणमापीय विभेदन को संवेदक तंत्र द्वारा अंकित अद्वितीय मानों द्वारा प्रदर्शित किया जाता है. संवेदक का संकेत-रव अनुपात मात्रात्मक रूप से उसके विकिरणमापीय विभेदन को दर्शाता है.

२.३.४ कालिक विभेदन

कालिक विभेदन वह समयान्तराल है जिसमें संवेदक किसी लक्ष्य का पुनरावृत तरीके से प्रतिबिम्बन करता है. कई अनुप्रयोगों जैसे मौसम विज्ञान में समय के साथ किसी घटना में बदलाव का प्रेक्षण आवश्यक होता है. अंतरिक्ष आधारित संवेदकों के लिए उपग्रह का पुनर्भ्रमण काल उनके कालिक विभेदन को निर्धारित करता है. निम्न भू कक्षा में उपग्रह का पुनर्भ्रमण काल साधारणतया कई दिनों का होता है. भूस्थैतिक कक्षा स्थित उपग्रह अनवरत रूप से एक ही क्षेत्र को देखता है जिसके फलस्वरूप वह उत्तम कालिक विभेदन प्रदान करता है. बहुधा परिवर्तनशील तथा क्षणिक घटनाओं जैसे चक्रवात, बाढ़, तेलरिसाव आदि के अवलोकन के लिए उच्च कालिक विभेदन आवश्यक है.

२.४ विद्युत-प्रकाशीय संवेदक तंत्र का विकास

१९ वीं शताब्दी में प्रकाशीय प्रणाली के आविष्कार और विकास के बाद, पहली प्रकाशीय छवियाँ फोटोग्राफिक प्लेटों या फिल्मों पर बनायी गयीं. प्रकाशीय संसूचक का जन्म १८७३ में सेलेनियम में प्रकाशीय चालकता की खोज के साथ दिनांकित है. सन १९०५ तक इस क्षेत्र की प्रगति काफी धीमी रही. १९०५ में आइंस्टीन ने धातुओं में विद्युत-प्रकाश प्रभाव की खोज की. इस खोज के पश्चात् इस प्रभाव से सम्बंधित अनुप्रयोग और नए उपकरण विकसित होने लगे. सन १९२० तक 'निर्वात नलिका' संवेदक तथा १९३० तक टीवी कैमरा बन गया था. १९६० के दशक की शुरुआत में प्रकाशीय अश्ममुद्रण प्रौद्योगिकी के द्वारा दृश्य विकिरण में संवेदित सिलिकॉन आधारित प्रतिबिम्बन अखंड संसूचकों का निर्माण किया गया. इन प्रारंभिक अविष्कारों में कुछ तस्वीर दूरभाष के निर्माण के लिए किये जा रहे थे तथा कुछ टीवी कैमरा, उपग्रह निगरानी और डिजिटल प्रतिबिम्बन के लिए किये जा रहे थे. विभिन्न विद्युत-प्रकाशीय तंत्रों के विकास का एक संक्षिप्त इतिहास इस खंड में दिया जा रहा है.

२.४.१ चित्र कैमरा

चित्र कैमरे ने एक प्रधान सुदूर संवेदक के रूप में १५० से अधिक वर्षों के लिए कार्य किया है. यह लक्ष्य के प्रतिबिम्ब को लक्ष्य से उत्सर्जित विद्युत-चुम्बकीय विकिरण (सामान्य रूप से, दृश्य प्रकाश) को एक लेंस के माध्यम से एक सिल्वर हैलाइड फिल्म पर अंकित करता है. फिल्म लक्ष्यों की सापेक्षिक अवस्थाओं को ग्रे स्तर (काले और सफेद) या वर्ण चित्राम में प्रदीप्ति की विभिन्नता के द्वारा प्रदर्शित करती है. पृथ्वी की सतह के पहले हवाई चित्र १८५८ में गुब्बारे पर स्थित एक चित्र कैमरे के साथ लिए गए थे. पतंग आधारित कैमरे 19 वीं सदी के अंतिम दो दशकों में काफी लोकप्रिय हुए. प्रथम विश्व युद्ध तक, हवाई जहाज आधारित कैमरों ने बड़े धरातल की सैन्य निगरानी के लिए काफी बड़ी संख्या में हवाई चित्र प्रदान किये. अंतरिक्ष से पृथ्वी के बहु वर्णक्रमीय प्रतिबिम्बन के लिए चित्र कैमरों की उपयोगिता नासा के अपोलो-9 में

साफ़ देखी गयी है. भारतीय सुदूर संवेदन कार्यक्रम भी 'नारियल विल्ट' का पता लगाने के लिए हवाई फोटोग्राफी अभियान के साथ शुरू किया गया था. चित्र कैमरा के साथ प्रतिबिम्बन का इतिहास नीचे चित्र में दिखाया गया है. चित्र कैमरे का उपयोग अवरक्त वर्णक्रमीय बैंड में प्रतिक्रिया के अभाव और कम गतिक परास के कारण सीमित है.

१८५८ गुब्बारे से पहले हवाई चित्र

१८९० पतंग से हवाई फोटोग्राफी

१९०३ वाहक कबूतर द्वारा हवाई फोटोग्राफी

१९०८ वायुयान से पहली हवाई फोटोग्राफी

१९६० अंतरिक्ष युग की शुरुआत अंतरिक्ष से पहला चित्र (TIROS)

१९६९ चंद्रमा से लिया गया पृथ्वी का चित्र

चित्र कैमरे से प्रतिबिम्बन का इतिहास

२.४.२ टीवी कैमरा

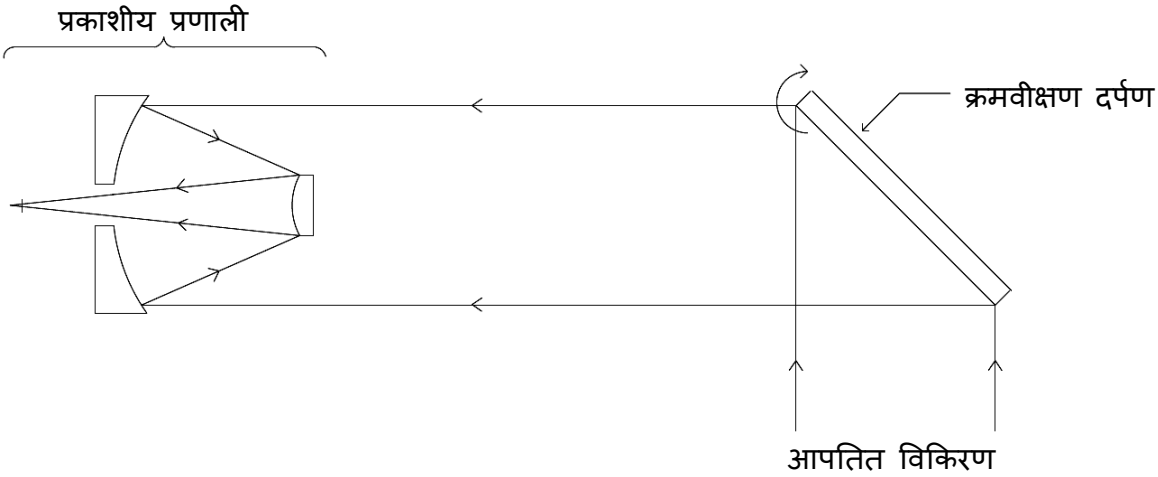
सबसे पहली अंतरिक्ष आधारित इलेक्ट्रॉनिक प्रणाली जिसने पृथ्वी के चित्र लिए वो था TIROS-1 (१९६०) उपग्रह का टीवी कैमरा जिसको मौसम संबंधी अनुप्रयोगों के लिए प्रयोग किया गया था. आरंभिक TIROS कैमरों ने ४०० लाइन प्रति फ्रेम के आधा इंच धीमी गति के विडिकोन क्रमविक्षक का प्रयोग किया. रिटर्न बीम विडिकोन तथा माध्यमिक इलेक्ट्रॉन चालन ट्यूब प्रौद्योगिकी ने उपग्रह आधारित प्रतिबिम्बन के विभेदन में काफी सुधार प्रदान किये. परन्तु टीवी कैमरे का प्रदर्शन कम वर्णक्रमीय प्रतिक्रिया, गतिक परास, विकिरणमापीय सटीकता, ज्यामितीय विकृतियों आदि के कारण सिमित है.

२.४.३ डिजिटल प्रतिबिंबन

चित्र कैमरे तथा टीवी कैमरे की सीमाओं को डिजिटल प्रतिबिंबन द्वारा लगभग पूर्ण किया गया. डिजिटल प्रतिबिंबन में एकल, रैखिक अथवा द्विविमीय सरणी के संसूचक अवयवों का प्रयोग

कर अनुरूप संकेत का अंकीय रूपांतरण किया जाता है. भू-स्थैतिक कक्षा से दीर्घ प्रमार्ज प्राप्त करने के लिये प्रकाशीय-यांत्रिकीय क्रमविक्षक का प्रयोग किया जाता है. निम्न भू-कक्षा में आवेश युग्मित युक्ति आधारित (सीसीडी) रैखिक संसूचक का प्रयोग किया जाता है.

प्रकाशिक-यांत्रिकीय क्रमविक्षक विद्युत-चुम्बकीय वर्णक्रम के विभिन्न भागों से इच्छित लक्ष्य की विकिरणता के स्थानिक वर्गीकरण का संवेदन करता है. एक क्रमवीक्षण दर्पण जो की अपने प्रकाशीय अक्ष से ४५° डिग्री झुका हुआ होता है अपने ऊपर आपतित विकिरण की दिशा परिवर्तित कर आंकड़ों की एक पंक्ति उत्पन्न करता है. आपतित किरण को विभिन्न वर्णक्रम बैंडों में परिक्षेपित करके नाभीय समतल पर स्थित संसूचकों पर केंद्रित किया जाता है. क्रमविक्षक दर्पण की गति उपग्रह गति की लम्बवत दिशा में व्याप्ति प्रदान करता है जबकि मंच के गमन की दिशा गति की दिशा में व्याप्ति प्रदान करती है. विधिवत आरेख नीचे चित्र में दर्शाया गया है.



प्रकाशिक यांत्रिकीय क्रमविक्षक का विधिवत आरेख

सीसीडी आधारित कैमरा एक पुशब्रूम कैमरा है जो की गति की लम्बवत दिशा में भू पट्टिका का बिम्बन करने के लिए संसूचक अवयवों की रैखिक सरणी का उपयोग करता है. किसी भी प्रकार के यांत्रिक क्रमविक्षक की अनुपस्थिति के कारण सीसीडी कैमरे की विश्वसनीयता प्रकाशीय-यांत्रिकीय क्रमविक्षक की तुलना में अधिक होती है. वृद्धित वास काल के कारण सीसीडी कैमरे से उच्च संकेत-रव अनुपात तथा स्थानिक और वर्णक्रमी विभेदन भी प्राप्त किये जा सकते हैं.

३. विद्युत-प्रकाशीय संवेदक प्रणाली

विद्युत-प्रकाशीय संवेदक ०.४ μm से २० μm के तरंगदैर्ध्य क्षेत्र में कार्य करते हैं. इस वर्णक्रम में विकिरण का विश्लेषण करने के लिये बनाये गये उपकरण लेंस, दर्पण, प्रिज्म, और ग्रेटिंग जैसे प्रकाशीय घटक का उपयोग करते हैं. एक प्रतिबिंबन प्रकाशीय प्रणाली का उद्देश्य एक निर्दिष्ट लक्ष्य को प्रकाशीय प्रणाली की प्रतिबिंब तल में दोहराने की है. फोटोग्राफिक प्रणाली के विपरीत, जहां छवियों का गठन सीधे एक फिल्म पर होता है, विद्युत-प्रकाशीय संवेदक में, प्रकाशीय छवि को पहले एक विद्युत संकेत में परिवर्तित किया जाता है और फिर उसे डेटा अभिलेख के लिये प्रक्रम किया जाता है. इस डेटा को अंकीय रूप में परिवर्तित किया जा सकता है जो कि संगणक संसाधन के उपयुक्त है. अथवा इसे प्रकाशीय संकेत का रूप देकर, तस्वीर के रूप में परिवर्तित किया जा सकता है. तदनुसार, एक प्रतिरूपी विद्युत-प्रकाशीय संवेदक प्रणाली का भाग निम्नानुसार उप प्रणालियों में किया जा सकता है:

क) प्रकाशीय प्रणाली
ख) यांत्रिक प्रणाली
ग) संसूचक
घ) इलेक्ट्रोनिक्स

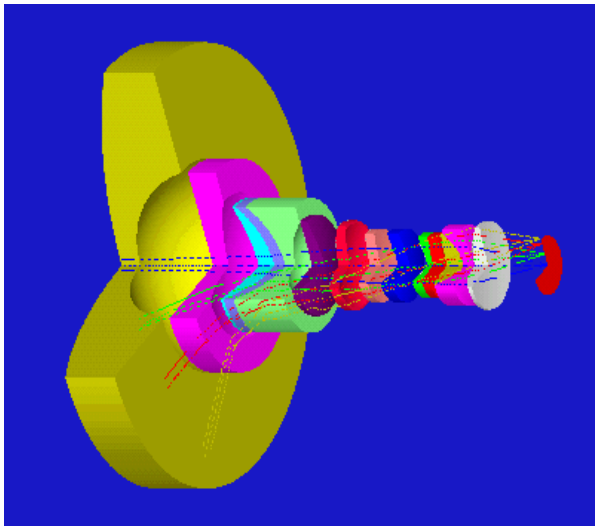
इन चारों उप-प्रणालियों का समुच्चय कर विद्युत-प्रकाशीय संवेदक प्रणाली का निर्माण होता है. संवेदक प्रणाली को पूरी तरह कारगर करने के लिये निम्नलिखित कार्य किये जाते हैं.

क) समुच्चय, एकीकरण और परीक्षण
ख) विश्वसनीयता
ग) डेटा प्रक्रमण

३.१ प्रकाशीय प्रणाली

एक आदर्श प्रकाशीय प्रणाली उद्धिष्ट वस्तु की एक समरूप प्रतिबिंब उत्पन्न करती है. प्रतिबिंब का या तो आवर्धन होता है (सूक्ष्मदर्शी) अथवा उसका रूप छोटा हो जाता है (दूरदर्शी). एक आदर्श प्रतिबिंब में, वस्तु तल की हर एक बिंदु एक निश्चित बिंदु के साथ चित्रित होती है और कोई भी दो बिंदुओं की आपेक्षिक दूरी स्थिरांक होती है. इसके अलावा, वस्तु और प्रतिबिंब तलों में आपेक्षिक तीव्रता वितरण भी समान होते हैं. लेकिन वास्तविक प्रणाली में प्रतिबिंब गुणवत्ता

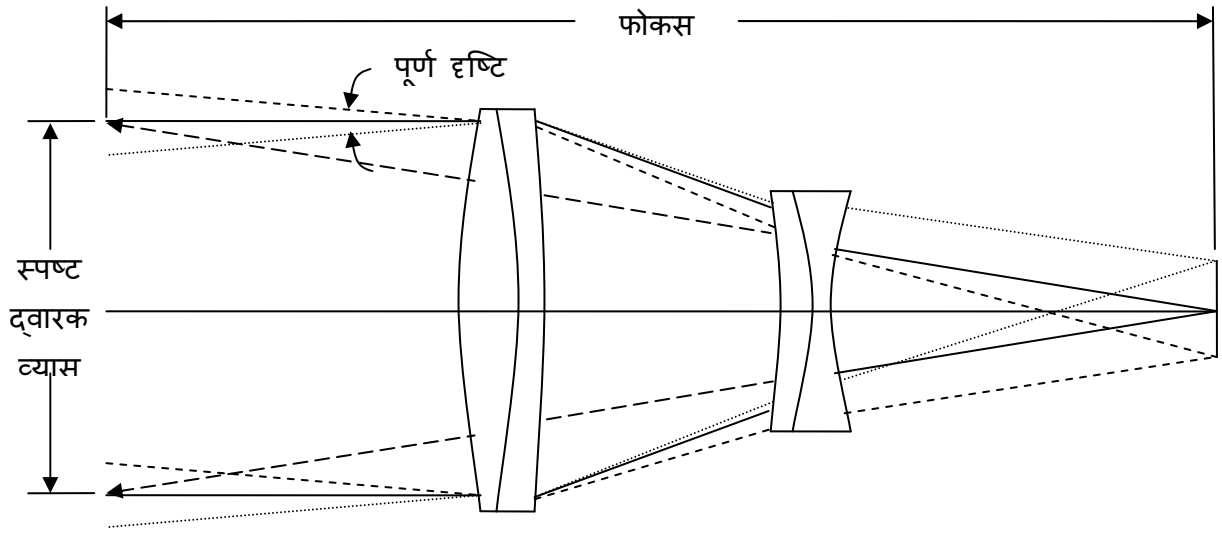
कभी परिपूर्ण नहीं होते. प्रतिबिंब की गुणवत्ता ज्यामितीय विपथन और विवर्तन के कारण कम हो जाती है. प्रकाशीय प्रणाली का एक उदाहरण नीचे चित्र में दिखाया गया है.



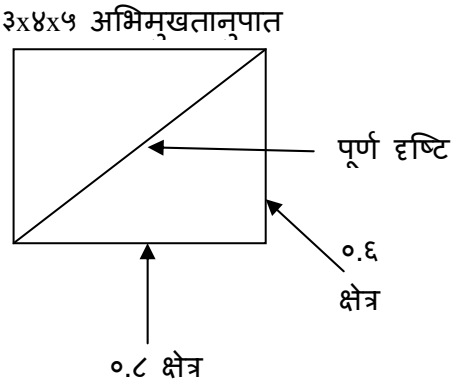
एक प्रकाशीय प्रणाली

३.१.१ विनिर्देश

एक प्रकाशीय प्रणाली को साकार करने में पहला कदम अपेक्षित विनिर्देशों का परिकलन करना है. सुदूर संवेदन के लिये एक विद्युत-प्रकाशीय प्रणाली की प्रमुख आवश्यकता भू-चित्र विभेदन और प्रमार्ज है. भू-चित्र विभेदन यह निर्धारित करता है कि लक्ष्य का वह कौन सा न्यूनतम आकार है जो अंतरिक्ष से देखा जा सकता है. प्रमार्ज वह कुल क्षेत्र है जो एक पल में व्याप्त किया जा सकता है. प्रकाशीय विनिर्देश जैसे कि फोकस दूरी और दृष्टी क्षेत्र के मान कक्षीय ऊंचाई (पृथ्वी/चाँद/मंगल की जमीन और उपग्रह [जिस पर प्रकाशीय प्रणाली रखा गया है] की बीच की दूरी) पर निर्भर करते हैं. एक प्रकाशीय प्रणाली के मुख्य विनिर्देश नीचे चित्र में दर्शाये गये हैं. प्रकाशीय प्रणाली के अन्य महत्वपूर्ण मानकों में प्रकाशिकी व्यास, वर्णक्रमीय परास, f/संख्या, पैकेजिंग व्यवरोध और पर्यावरणीय प्राचल हैं.



$$f/\text{संख्या} = \frac{\text{फोकस दूरी}}{\text{द्वारक व्यास}}$$

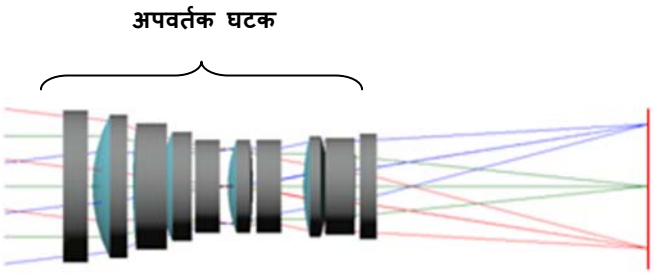


प्रकाशीय प्रणाली के मुख्य अभिलक्षण

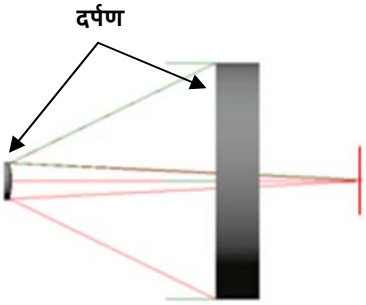
३.१.२ विन्यास

प्रकाशीय विनिर्देशों के निर्धारित होने के बाद, प्रकाशीय अभिकल्पक, विनिर्देशों और प्रकाशीय प्रणाली पर लगाये गये व्यवरोध के आधार पर, एक प्रकाशीय प्रणाली का अभिकल्प करते हैं. एक प्रकाशीय प्रणाली को अभिकल्प करने में पहला कदम है, प्रकाशीय विन्यास का चयन करना. प्रकाशीय प्रणाली को मोटे तौर पर तीन श्रेणियों में वर्गीकृत किया जा सकता है - अपवर्तक, परावर्तक और कैटाडायोपटिक. तीनों विन्यास के एक-एक उदाहरण नीचे चित्र में दिखाए गये हैं. अपवर्तक प्रणाली विस्तृत दृश्य क्षेत्र की आवश्यकताओं के लिये उपयोग किये जाते हैं. इस प्रकार की प्रणाली का लाभ यह है कि यह सममितीय अभिकल्प होते हैं और विपथन को सही करने के लिये बहुत सारे घटक संवर्दित किये जा सकते हैं. अधिकांश वाणिज्यिक ज़ूम कैमरे अपवर्तक प्रणाली पर आधारित हैं. परावर्तक प्रणाली का उपयोग विस्तृत वर्णक्रमीय परास और लंबी फोकल दूरी आवश्यकताओं के लिये किया जाता है. परावर्तक प्रणाली में बहुत कम घटक प्रयोग किये जा

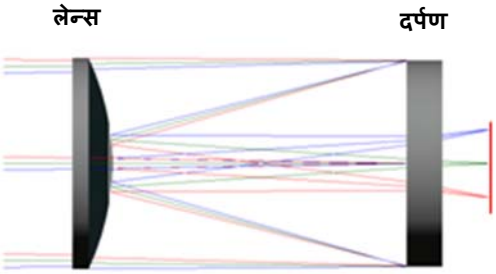
सकते हैं. इसीलिए, दर्पण की सतहों को अधिकतर मामलों में, अगोलीय बनाना जरुरी है, जिनका निर्माण और परीक्षण अपवर्तक गोलाकार सतहों की तुलना में कहीं ज्यादा मुश्किल है. अधिकांश दूरदर्शी, जहां उच्च विभेदन की आवश्यकता होती है, परावर्तक प्रणाली पर आधारित हैं. कैटाडायोपटिक प्रणाली, परावर्तक और अपवर्तक प्रणालियाँ, दोनों, का लाभ उपयोग में लाती हैं.



अपवर्तक प्रणाली



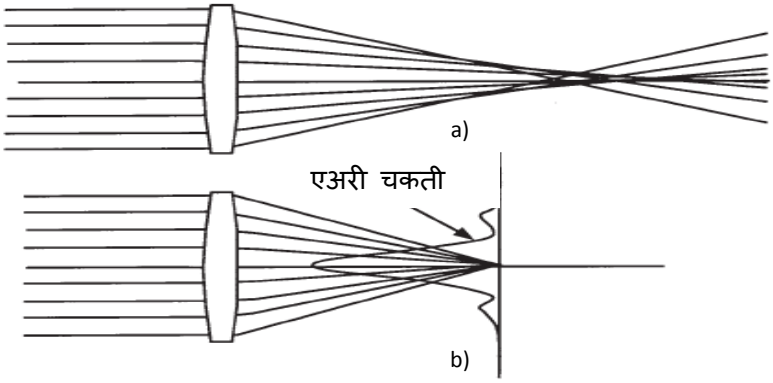
परावर्तक प्रणाली



कैटाडायोपटिक प्रणाली

३.१.३ अभिकल्प

प्रकाशीय अभिकल्पक सभी विनिर्देशों का ख्याल रखते हुए एक प्रकाशीय प्रणाली का अभिकल्प करता है. अभिकल्पक यह आश्वस्त करता है कि उस प्रणाली का प्रकाशीय निष्पादन परिपूर्ण है. उसे यह भी आश्वस्त करना पड़ता है कि पैकेजिंग और पर्यावरण प्राचल परिपूर्ण हैं और अभिकल्पित प्रणाली निर्माण योग्य है. कोड V (Code V) और जीमैक्स (Zemax) नामक प्रकाशीय अभिकल्प सॉफ्टवेर को प्रकाशीय प्रणाली का डिजाइन करने में प्रयोग में लाया जाता है. जैसा कि पहले उल्लेख किया गया है, प्रतिबिंब गुणवत्ता विवर्तन और विपथन के कारण कम हो जाती है. विवर्तन एक प्रकाशीय प्रणाली का गुणधर्म है जिसका संसोधन नही किया जा सकता है जबकि विपथन को जटिल एल्गोरिदम के उपयोग से कम किया जा सकता है. ये जटिल एल्गोरिदम या तो सॉफ्टवेर के अंतर्गत शामिल होते हैं, अथवा यह प्रकाशीय अभिकल्पक द्वारा बनाया जाता है.

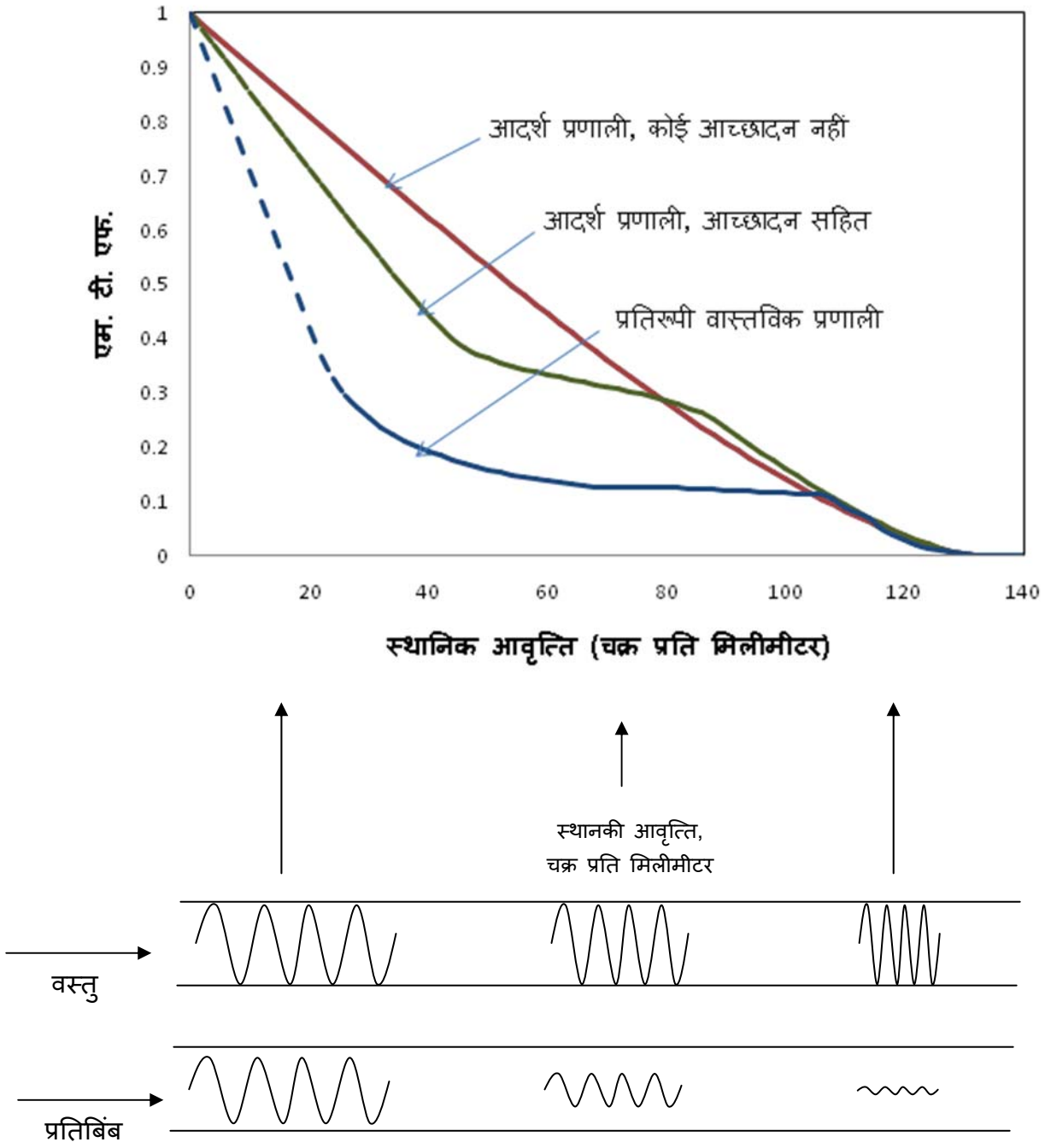


a) विपथन (बिंदु वस्तु से आई किरणों का एक बिंदु में संयोग नहीं होना) - प्रकाशीय अभिकल्प द्वारा संसोधन किया जा सकता है और b) विवर्तन (एक बिंदु वस्तु का प्रतिबिंब एअरी चकती नामक प्रतिरूप का आकार लेता है - एक प्रकाशीय प्रणाली का अंतर्निष्ठ स्वरुप) - प्रकाशीय अभिकल्प द्वारा संसोधन नहीं किया जा सकता.

३.१.४ निष्पादन अभिलक्षण

एक प्रतिबिंबन प्रकाशीय प्रणाली के निष्पादन अभिलक्षणों का कई मायनों में प्रस्तुतिकरण किया जा सकता है. माडुलन अंतरण फलन (ऍम. टी. एफ.), घेर उर्जा, बिंदु व्यास इत्यादि प्रकाशीय निष्पादन विनिर्देशों के कुछ रूप हैं. ऍम. टी. एफ. सभी प्रकाशीय प्रणाली निष्पादन में सबसे महत्वपूर्ण है और इसे व्यापक रूप से विद्युत-प्रकाशीय संवेदकों के निष्पादन अनुमान के लिये उपयोग किया जाता है. ऍम. टी. एफ. प्रतिबिंब गुणवत्ता की गिरावट को वस्तु और प्रतिबिंब के बीच विपर्यास अंतर को दर्शाती है. प्रणाली के कुल प्रभाव का पता लगाने के लिये यह वातावरण, संसूचक, तापीय बदलाव आदि के ऍम. टी. एफ. के साथ जोड़ा जा सकता है. ऍम. टी. एफ. का सुदूर संवेदन के क्षेत्र में प्रकाशीय प्रणालियों का अभिलक्षण वर्णन करने में व्यापक रूप से

इस्तेमाल करने का यह एक प्रमुख कारण है. एक द्वि-दर्पण प्रणाली का ऍम. टी. एफ. वक्र का चित्र नीचे दिखाया गया है. ऍम. टी. एफ. को वस्तु की स्थानिक आवृति के अनुसार आलेख किया जाता है. चित्र से यह साफ है कि किस तरह एक वास्तविक प्रणाली का ऍम. टी. एफ. एक आदर्श प्रणाली के ऍम. टी. एफ. से कम होता है. एक प्रकाशीय अभिकल्पक का उद्देश्य इस अंतर को कम करने का है जिससे वास्तविक प्रणाली का ऍम. टी. एफ. एक आदर्श प्रणाली के ऍम. टी. एफ. के करीब आ सके.

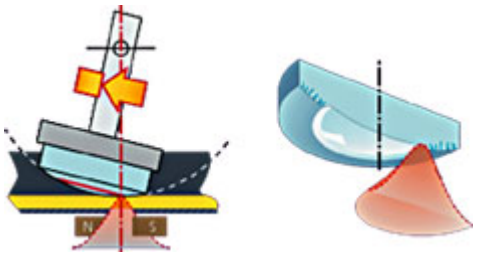


द्वि-दर्पण प्रणाली का ऍम. टी. एफ. वक्र

३.१.५ घटकों का निर्माण

प्रकाशीय घटकों के निर्माण के लिये कौशल और लागत उनके प्रकार पर निर्भर करते हैं. अपवर्तक प्रणालियों में उपयोग होने वाले प्रकाशीय शीशे दुनिया में कुछ ही निर्माताओं के पास उपलब्ध हैं. प्रत्येक निर्माता के पास १०० से अधिक विभिन्न प्रकाशीय शीशे उपलब्ध हैं. गोलाकार लेंस निर्माण की बुनियादी तकनीक सौ से अधिक वर्षों में भी परिवर्तित नहीं हुई है.

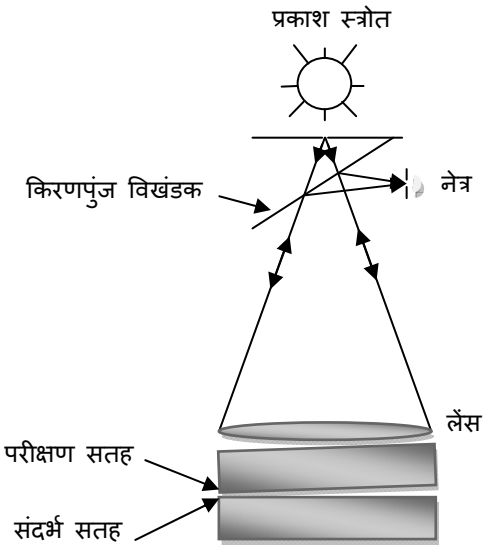
लेकिन पारंपरिक तरीके बेहद धीमी गति वाले हैं, श्रम गहन हैं, और उनमे अत्यधिक कुशल कारीगरों की आवश्यकता होती है. कंप्यूटर संख्यानुसार नियंत्रित मशीनों में हाल में हुए नवप्रवर्तन के कारण तेजी से और कम श्रम गहन विनिर्माण संभव हो सका है. पारंपरिक तकनीक में अपघर्षण और चकासन अंतर्विष्ट है जो अगोलाकार लेंस बनाने के उपयुक्त नहीं है. मैग़नेटोरहिओलौजिकल परिष्करण नामक एक नई प्रोद्योगिकी को अगोलाकार लेंसों के निर्माण के लिये विकसित किया गया है. इस तकनीक में एक विशेष तरल का चुंबकीय समंजन किया जाता है जो लेंस से निर्धारानात्मक पदार्थ हटाने में सहायता करता है. दर्पण निर्माण अधिक जटिल है क्योंकि दर्पण के आकार अपवर्तक समकक्षों की तुलना में दीर्घ होते हैं (वर्तमान में इसरो एक १.२ मीटर व्यास का दर्पण निर्माण कर रहा है) और उनकी सतह अधिकतर अगोलाकार होते हैं. आवश्यक सतह सटीकता प्राप्त करने के लिये हीरा वर्तन यंत्र और आयन किरणपुंज चकासन जैसे विशेष उपकरणों की आवश्यकता होती है.



अगोलाकार लेंसों के निर्माण के लिये मैग़नेटोरहिओलौजिकल परिष्करण

३.१.६ परीक्षण

प्रकाशीय घटकों का अभिकल्प प्राचल के अनुसार निर्मित होने के पश्चात्, सज्जित विद्युत-प्रकाशीय संवेदक के निष्पादन की जाँच आवश्यक है. एक विद्युत-प्रकाशीय संवेदक का निष्पादन कई प्राचलों पर निर्भर करता है, जैसे कि, निर्माण में त्रुटियाँ, संरेखन त्रुटियाँ, तापीय क्षोभ के कारण त्रुटियाँ, इत्यादि. प्रकाशीय प्रणालियों का परीक्षण करने का सबसे आम तरीका व्यतिकरणमिति है. व्यतिकरणमिति में लेंस/प्रकाशीय प्रणाली और एक संदर्भ सतह के बीच का प्रकाशीय पथ अंतर मापा जाता है. एक प्रतिरूपी व्यतिकरणमापी और उसका व्यतिकरण प्रतिरूप नीचे चित्र में दर्शाया गया है. व्यतिकरणमिति के अलावा, कई अन्य तरीकों का उपयोग विभिन्न दाब और तापीय स्थितियों में प्रकाशीय प्रणाली का परीक्षण करने के लिये किया जाता है.



a) प्रतिरूपी व्यतिकरणमापी b) व्यतिकरण प्रतिरूप

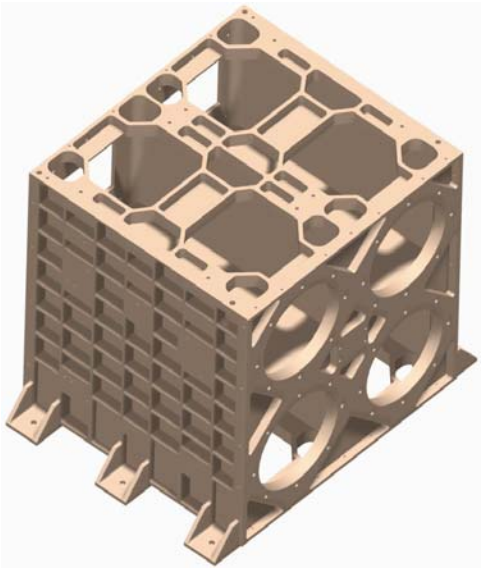
३.२ यांत्रिक प्रणालीMECHAN

विद्युत-प्रकाशीय नितभार में कई महत्वपूर्ण यांत्रिक प्रणालियाँ होते हैं. प्रकाशीय घटकों को प्रणाली का दिल कहा जाता है जिसे यांत्रिक घटकों द्वारा कार्यात्मक किया जाता है. यांत्रिक घटकों को एक विद्युत-प्रकाशीय प्रणाली के हड्डियों और मांसपेशियों के रूप में देखा जा सकता है. मौलिक स्तर पर प्रकाशीय घटकों को अपने निर्दिष्ट स्थान में एक निश्चित स्तर की परिशुद्धता के साथ रखा जाता है - इस प्रक्रिया को संरेखण कहा जाता है. इसका अगला कदम है, विभिन्न आंतरिक और बाह्य प्रभाव के मौजूदगी में संरेखन को इसी परिशुद्धता के साथ सटीक बनाये रखना, अन्यथा यह सीधे प्रतिबिम्ब की गुणवत्ता को प्रभावित कर सकते हैं. यह एक विद्युत-प्रकाशीय प्रणाली के अभिकल्प और निर्माण में यांत्रिक प्रणालियों के महत्व को परिभाषित करता है. यांत्रिक प्रणालियों के कई अन्य महत्वपूर्ण भूमिकाएं है जैसे कि बाधिका जो अवांछित प्रकाश को संसूचक तक पहुँचने से रोकती है और कीलक जो सभी भौतिक भागों को अपने स्थान में रखती है, इत्यादि. एक विद्युत-प्रकाशीय प्रणाली की सहंति और आयतन को नियंत्रण में रखना यांत्रिक प्रणाली अभिकल्प का एक हिस्सा है.

३.२.१ संरचनात्मक अभिकल्पनाSTRUCTURAL DE

सभी प्रकाशिकी को अपनी जगह में रखने का काम मुख्य संरचना द्वारा किया जाता है जो सामान्यतः मापन संरचना के रूप में जाना जाता है. जैसा कि नाम से विदित है, यह प्रकाशीय तत्वों के चारों ओर एक ढाँचा है जो सभी आवश्यक तत्वों को भौतिक समर्थन प्रदान करता है. यह प्रकाशीय तत्वों के बीच के अंतराल को एक निर्दिष्ट सीमा के अंदर बनाये रखता है. प्रणाली के कुल संहति में संरचना के वजन का प्रमुख योगदान है जो अभियान के लागत को सीधे प्रभावित करती है. इसीलिए हलके वजन और कम घनत्व वाले पदार्थ संरचना के निर्माण में

उपयोग किये जाते हैं. विभिन्न प्रकाशीय और फोटोनिक्स के बीच का अंतराल तापमान परिवर्तन के साथ एक स्वीकार्य सीमा से बाहर बदलना नहीं चाहिए, इसीलिए कम तापीय प्रसार के पदार्थ का उपयोग अनिवार्य है. दुर्नम्यता एक गुणधर्म है जो एक विद्युत-प्रकाशीय प्रणाली को प्रक्षेपण के कठोर वातावरण से बचाती है. संरचना के गुणधर्म न केवल संविरचन और समुच्चय के दौरान प्रदर्श होने चाहिए बल्कि ये गुणधर्म विभिन्न विक्षोभ बलों के प्रभाव, जैसे कि, तापमान में परिवर्तन, जड़त्व बल, गुरुत्वाकर्षण की रिहाई, इत्यादि, के तहत भी प्रदर्शित होने चाहिए. संरचनात्मक विश्लेषण करने के लिये ज्यादातर परिमित तत्व विश्लेषण का उपयोग किया जाता है जिससे अभिकल्प के विभिन्न तथ्य, जैसे कि, सामान्य विधा द्वारा दुर्नम्यता की पर्याप्तता, स्थैतिक विश्लेषण द्वारा सामर्थ्य की पर्याप्तता और प्रतिक्रिया विश्लेषण, का मूल्यांकन किया जाता है.

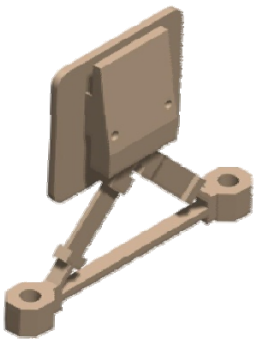


इसरो के एक नितभार (LISSLISS-3*) का मापन संरचना

३.२.२ आनमन

यांत्रिक प्रणालियों में आनमन का प्रयोग भरपूर रूप से किया जाता है. आनमन किसी भी आकार के वह क्षेत्र हैं जहाँ की स्थानीय दुर्नम्यता आसपास या सार्व की दुर्नम्यता की तुलना में बहुत कम होती है. यह विशेषता प्रकाशीय और अन्य आवश्यक तत्वों में विकृति के स्थानांतरण को रोकने के लिये प्रयोग में लायी जाती है. विकृति का उत्पन्न या तो विभेदक तापीय प्रसार अथवा समुच्चय में उत्पन्न हुई बलों के कारण होती है. जब दो असमरूप पदार्थ एक दूसरे से जुड़े हों, वे तापमान की वृद्धि के साथ अलग दरों पर विस्तार करते हैं. एक पदार्थ दूसरे पदार्थ को मोड़ने की कोशिश करता है. यदि यह प्रकाशीय तत्वों के साथ होता है, वे या तो अपने समोच्च अथवा अपने स्थान/दिशा को बदल देते हैं. इनमे से कोई भी निष्पादन में हानि करते हैं. इस हानि से बचने के लिये आनमन का प्रयोग उन जगहों में किया जाता है जहाँ दो असमरूप पदार्थों का मिलन हो. वे साधारणतः पतली प्रतिक्षेत्र के होते हैं जो स्थानीय दुर्नम्यता को कम करती है.

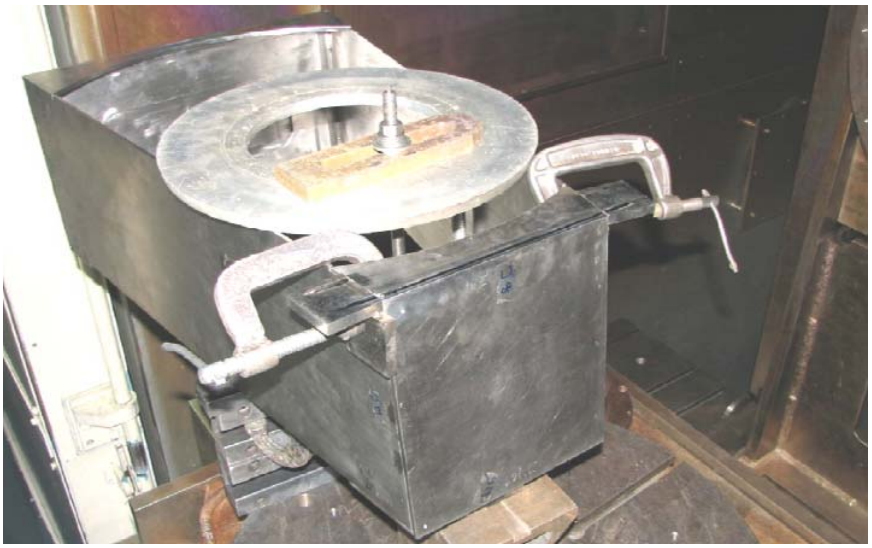
जब यह किया जाता है, आनमन की पतली भाग सबसे अधिक विकृति का प्रभाव अपने ऊपर ले लेती है जिससे महत्वपूर्ण प्रकाशीय तत्व अस्वीकार्य विरूपण से बच जाते हैं. आनमन को विभिन्न अंतरापृष्ठ में लगाया जाता है जैसे कि दर्पण और संरचना, संसूचक और उसके आरोप, धातु आच्छद और मुख्य संरचना, इत्यादि. इस पद्धति से इन उप-प्रणालियों पर प्रतिबल और विरूपण का प्रभाव कम हो जाता है.



आनमन सहित दर्पण स्थिरण युक्ति

३.२.३ निर्माणFABRICATION OF MECHANICAL SYST

एक विद्युत-प्रकाशीय प्रणाली में यांत्रिक अभिकल्प संरचनात्मक दक्षता में उच्च होते हैं. इस कारण यांत्रिक प्रणालियाँ जटिल आकार की होती हैं जिनकी दुर्नम्यता और संहति का अनुपात अधिक होता है. इसीलिए यांत्रिक प्रणालियों का निर्माण अधिकतर जटिल होता है और आनमन को जटिल आकार में काटा जाता है. अंतरापृष्ठ तलों में ज्यामितीय सहयता कसे होते हैं जिससे समुच्चय प्रतिबलों को कम किया जा सके. संपूर्ण मापन सरंचना को अखंड बनाने के लिये उसे धातु के एकल हिस्से से बनाना आम बात है. सूक्ष्म-यंत्र क्षमताओं का उपयोग करना जरुरी हो जाता है क्योंकि आकृतियाँ कभी कभी बहुत छोटी होती हैं. एक विद्युत-प्रकाशीय प्रणाली में यांत्रिक भागों को बनाने के लिये एक आधुनिक यंत्र कारखाने में उपलब्ध अपरंपरागत यंत्र सहित लगभग सभी प्रकार के यंत्रों का इस्तेमाल होता है.

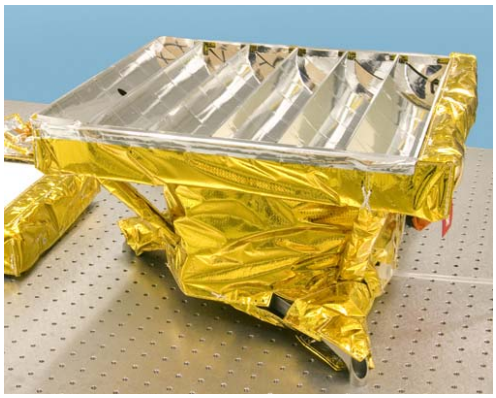


इलेक्ट्रोन किरणपुंज वेल्डिंग के अंतर्गत इनवार संरचना

३.२.४ तापीय प्रबंधन

धरती सभी प्राणियों के लिये एक आरामदायक निवास स्थान है. यह वायुमंडलीय ढाल की उपस्थिति के कारण संभव हो सका है जो हमें सूर्य के तेज़ से बचाता है. यह ढाल रात को गर्मी भी बनाये रखता है जिस कारण हम उष्ण रहते हैं और हमारी ठण्ड से मृत्यु नहीं होती है. लेकिन यह अंतरिक्ष में संभव नहीं है. जब हम वायुमंडल को छोड़ देते हैं, सूर्य की किरणें उपग्रह और नितभार के तापमान को स्वीकार्य सीमा से परे बड़ा सकती हैं. सूर्य से दूर, तापमान उप शुन्य संख्या भी पहुँच सकती है. तापमान के ये चरम मान एक विद्युत-प्रकाशीय प्रणाली को पूरी तरह से बेकार कर सकते हैं और इसकी महत्वपूर्ण प्रणालियों को अपरिवर्तनीय क्षति करने की भी क्षमता रखते हैं.

इसीलिए एक विद्युत-प्रकाशीय प्रणाली का तापीय प्रबंधन एक महत्वपूर्ण और जटिल कार्य है. यह और भी अधिक जटिल हो जाता है जब कुछ उपकरणों के प्रचालानी तापमान को 0.5°C के सीमा के भीतर रखना जरुरी होता है या उनको निम्नताप (क्रायोजेन) के नीचे ठंडा करना पड़ता है. सम्मिश्र रेडिएटर अभिकल्प, निम्नताप शीतलक पम्प द्वारा सक्रिय शीतलन, पट्टी तापक, बाधिका, बहु परत विकिरण ढाल, पतली परिक्षेत्र के कम चालकता पदार्थ द्वारा भौतिक पृथक्करण, वरित सतहों पर वांछित तापीय गुणधर्म प्रदान करने के लिये विशेष प्रलेप जैसी कुछ विशेषताएं एक विद्युत-प्रकाशीय संवेदक में तापीय प्रबंधन के लिये कार्यान्वित किये जाते हैं.



बहु परत रोधन

३.२.५ परीक्षण

एक विद्युत-प्रकाशीय प्रणाली के जडत्व और तापीय भार को सहने की क्षमता को सुनिश्चित करना बहुत जरुरी है. इससे यह सुनिश्चित होता है कि प्रणाली अभिकल्प भार को सहन कर सकते हैं और कारीगरी त्रुटियाँ प्रणाली में मौजूद नहीं है. प्रणाली का परीक्षण करने के दो मुख्य क्षेत्र हैं - जडत्व भार परीक्षण और तापीय निर्वात परीक्षण. प्रणाली को एक प्रकम्पित्र यंत्र में आरोपित कर ज्यावक्रिय गति से हिलाकर कंपन परीक्षण किया जाता है. प्रघात परीक्षण और एक परीक्षण है जिसमे प्रणाली पर छोटी अवधि के लिये अचानक त्वरण का निवेश किया जाता है. प्रणाली पर लगे इलेक्ट्रोनिक उपकरणों के लिये भी प्रघात और कंपन परीक्षण महत्वपूर्ण है. अगर परीक्षण विफल होता है तो उस विशिष्ट उपकरण के अभिकल्प में परिवर्तन किये जाते हैं. तापीय निर्वात परीक्षण के लिये प्रणाली को एक कक्ष में रखा जाता है जो निर्वात के अंतर्गत लाया जाता है और फिर कक्ष के अंदर के तापमान को विकिरण द्वारा परिवर्तित किया जाता है.

प्रकम्पित्र पर विद्युत-प्रकाशीय प्रणाली

३.३ संसूचक

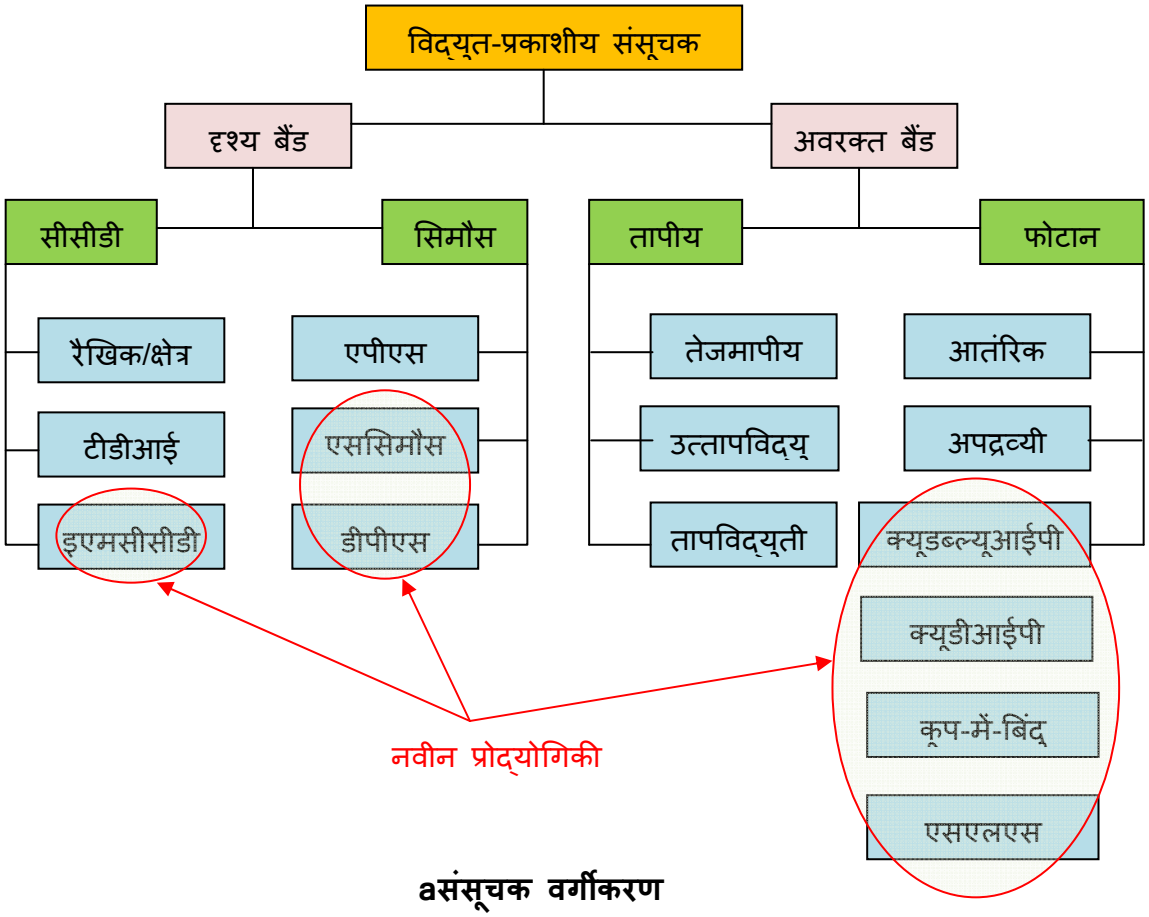
संसूचक प्रतिबिंबन प्रणाली का केंद्रीय बिंदु है. प्रतिबिंब आंकडों के प्रमुख गुणवत्ता मानकों को परिभाषित करने के लिये संसूचक का निष्पादन एक मुख्य कारक है. संसूचक एक ट्रांसड्यूसर है जो प्रवेशी विकिरण को एक माप्य विद्युत संकेत में परिवर्तित करता है.

३.३.१ संसूचक वर्गीकरण

विद्युत-प्रकाशीय संसूचकों को मौलिक स्तर पर वर्णक्रमीय क्षेत्र के आधार पर दो भागों में वर्गीकृत किया जाता है - दृश्य बैंड और अवरक्त बैंड संसूचक. ऑन-चीप सिग्नल संसाधन कार्यक्षमता पर आधारित दृश्य संसूचकों को 'आवेश युग्मित युक्ति' (सीसीडी) और 'पूरक धातु ऑक्साइड अर्धचालक' (सिमौस) में वर्गीकृत किया जाता है. सीसीडी रैखिक और क्षेत्र व्यूह फॉर्मेट में उपलब्ध हैं. सीसीडी में आवेश अंतरण के लिये 'काल विलम्ब और समाकलन' का प्रयोग किया जा सकता है. अति निम्न प्रकाश संसूचन अनुप्रयोग के लिये 'इलेक्ट्रोन गुणन सीसीडी' (इएमसीसीडी) उभर कर आई है.

सिमौस प्रोद्योगिकी में द्रुत उन्नति के कारण इसने सीसीडी प्रोद्योगिकी पर अधिक्रमण कर लिया है. प्रकाशजनित धारा की ऑन-चीप सिग्नल संसाधन और 'कालन तथा नियंत्रण तर्क' का समाकलन एक ही चीप में उपलब्ध होने के कारण 'सक्रिय चित्रांश संवेदक' (एपीएस) का जन्म हुआ जो एक चीप पर संपूर्ण प्रतिबिंबन प्रणाली के रूप में उपलब्ध हैं. दृश्य प्रतिबिंब संवेदक क्षेत्र में 'वैज्ञानिक सीमौस' (एससिमौस) और 'अंकीय चित्रांश संवेदक' (डीपीएस) द्रुत गति से लोकप्रियता हासिल कर रहें हैं.

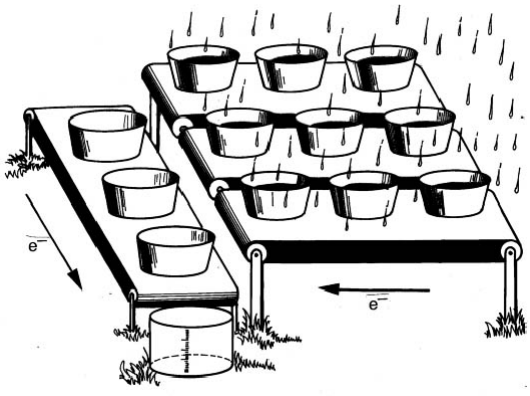
प्रवेशी विकरण और संसूचक पदार्थ के पारस्परिक क्रिया के आधार पर अवरक्त संसूचकों को तापीय और फोटॉन संसूचकों में वर्गीकृत किया जाता है. तापीय संसूचकों में तीन उपगमन के प्रयोग को अवरक्त प्रोद्योगिकी में काफी उपयोगी पाया गया. ये हैं तेजमापीय, उत्तापविद्युतीय और तापविद्युतीय प्रभाव. अर्धकालक पदार्थों से बने संसूचक फोटॉन संसूचकों के अंतर्गत आते हैं. सबसे महत्वपूर्ण फोटॉन अवरक्त संसूचक हैं - आतंरिक संसूचक, अपद्रव्यी संसूचक, क्वानटम कूप अवरक्त प्रकाशसंसुचक, क्वानटम बिंदु अवरक्त प्रकाशसंसुचक, कूप-में-बिंदु संसूचक और विकृत परत पराजालक संसूचक.



aसंसूचक वर्गीकरण

३.३.१.१ आवेश युग्मित युक्ति ed(सीसीडी) Dev

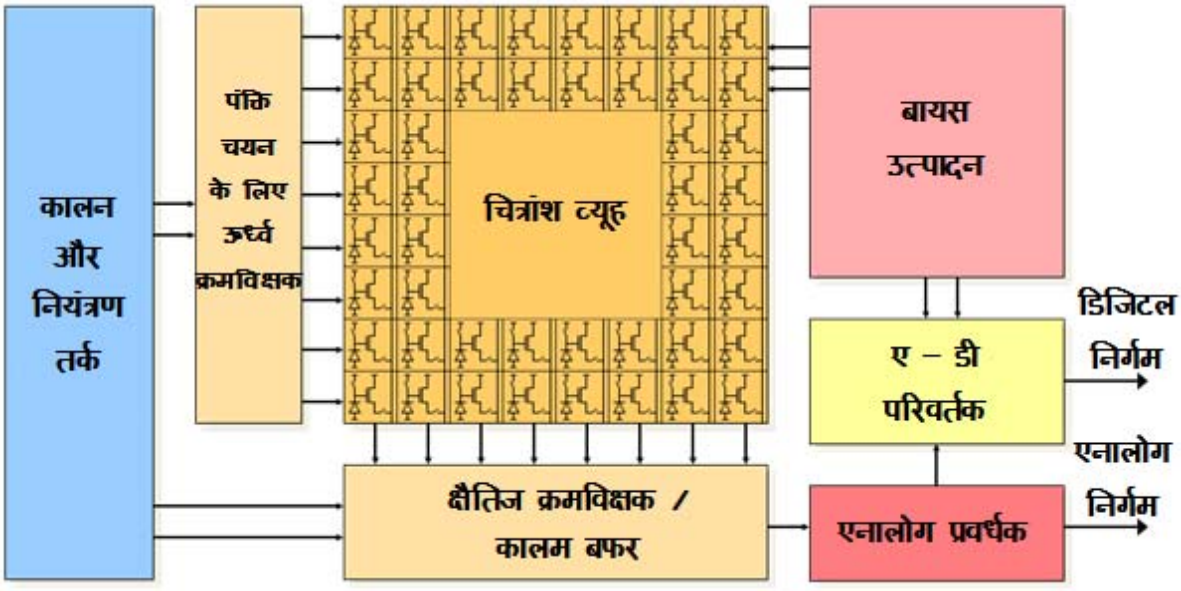
सीसीडी प्रोद्योगिकी का आविष्कार १९६० दशक में हुआ था. तब से यह तकनीक प्रतिबिंब अनुप्रयोग में प्रभावी रहा है. इसका अनुरूप अभिकल्प "बाल्टी ब्रिगेड वास्तुकला" पर आधारित है जिसमे सक्रिय क्षेत्र (आमतौर पर सिलिकॉन का एक अधिरोहण परत) से उत्पन्न प्रकाशजनित आवेश को सिग्नल समंजन के लिये विस्थापन कालद के प्रयोग से एक धारिता बिन से दूसरे बिन में स्थानांतरित किया जाता है. एक प्रतिबिंब को लेन्स के माध्यम से संधारित्र व्यूह (प्रकाशसक्रिय क्षेत्र) में प्रक्षेपित किया जाता है, जिससे हर एक संधारित्र उस जगह में प्रकाश तीव्रता के अनुपातिक विद्युत आवेश को संग्रह करता है. जब प्रतिबिंब से व्यूह उजागर हो जाता है, एक नियंत्रण परिपथ प्रत्येक संधारित्र के अंतर्वस्तु को उसके प्रतिवेश में स्थानांतरित करता है (विस्थापन रजिस्टर जैसे कार्यरत). व्यूह का अंतिम संधारित्र इस आवेश को आवेश प्रवर्धक में सन्निक्षेप करता है, जो आवेश को वोल्टता में परिवर्तित करता है. इस प्रक्रिया को दोहराने से, नियंत्रक परिपथ अर्धचालक में व्यूह के संपूर्ण अंतर्वस्तु को वोल्टता के अनुक्रम में परिवर्तित करता है.



सीसीडी बाल्टी ब्रिगेड वास्तुकला

३.३.१.२ पूरक धातु ऑक्साइड अर्धचालकComplementary (सिमौस)Metal Oxide Semiconducto

सिमौस संसूचक का विकास १९८० के दशक में हुआ था. इस तकनीक में कई प्रक्रियाओं, जैसे कि आवेश उत्पादन, आवेश एकीकरण और आवेश से वोल्टता का परिवर्तन, का समाकलन एक ही चीप में संभव होता है. संकर सिमौस के आगमन से (जिसमे संसूचक व्यूह का पठन आई सी के साथ एकीकरण होता है) इनकी क्षमता और भी बढ़ गयी है और इनमे अतिरिक्त विशेषता का प्रवेश हुआ है जैसे कि सिग्नल बहुसंकेतन, यादृच्छिक चित्रांश चयन, विंडोइंग, सहसंबंधित द्विक प्रतिचयन, प्रोग्राममनीय लब्धि, रव छनन, अनुरूप से अंकीय रूपांतरण, इत्यादि. इन सब विशेषताओं के कारण दीर्घ फॉर्मेट सिमौस व्यूह का उच्च पठन दर से प्रयोग संभव हो सका है. इसके अलावा, सिमौस उपकरण सीसीडी की तुलना में बहुत कम उर्जा की खपत करते हैं और विकिरण सहिष्णु हैं, जिस कारण ये अंतरिक्ष आधारित प्रतिबिंब अनुप्रयोग के लिये अत्यंत उपयुक्त हैं.



३.३.१.३ iiअवरक्त संसूचकINFRARED DE

आधुनिक अवरक्त संसूचक प्रोद्योगिकी द्वितीय विश्व युद्ध के दौरान आरंभ हुई थी. फोटान अवरक्त प्रोद्योगिकी और अर्धचालक पदार्थ विज्ञान का मिश्रण, एकीकृत परिपथ के विकास के लिये फोटो अश्ममुद्रण, और शीत युद्ध मे सैन्य तैयारी का प्रोत्साहन; इन सब ने पिछली सदी में कम समय अवधि के भीतर अवरक्त क्षमताओं में असाधारण प्रगति प्रेरित की है. अवरक्त संसूचकों को फोटान संसूचक और तापीय संसूचक में वर्गीकृत किया जाता है.

फोटान संसूचकHOTON DETECTO

फोटान संसूचक में विकिरण की परस्परक्रिया इलेक्ट्रोन से होती है जिस कारण अचालक पदार्थ विकिरण को अपने भीतर अवशोषित कर लेती है. ये इलेक्ट्रोन या तो जालक परमाणु, अथवा अशुद्ध परमाणु से जुड़े होते हैं या तो मुक्त इलेक्ट्रोन होते हैं. इस प्रक्रिया से इलेक्ट्रोनिक आवेश वितरण बदलता है जिस का परिणाम वैद्युत निर्गम सिग्नल की उत्पत्ति है. इस संसूचक का प्रति इकाई विकिरण शक्ति वरणी तरंगदैर्ध्य पर आश्रित है. ये बहुत बेहतर संकेत-रव अनुपात और अति द्रुत अनुक्रिया दर्शाते हैं. परंतु इसे प्राप्त करने के लिये फोटान संसूचकों को अतिनिम्नतापमान में ठंडा करने की आवश्यकता है. यह तापीय जनित आवेश वाहक को रोकने के लिये अनिवार्य है. अशीतित युक्ति में तापीय और प्रकाशीय संक्रमण के कारण, इनमे काफी रव होता है. शीतलन आवश्यकताओं के कारण अर्धचालक प्रकाशीय संसूचक पर आधारित अवरक्त प्रणाली बड़ी, भारी, महँगी और उपयोग करने के लिये असुविधाजनक होती हैं. यही कारण इनके व्यापक उपयोग में बाधा बन के खड़ी हुई है.

तापीय संसूचक

तापीय संसूचकों में आपतित विकिरण को अवशोषित कर लिया जाता है जो पदार्थ तापमान को परिवर्तित करता है. इसका परिणाम है किसी भौतिक गुणधर्म में परिवर्तन, जो वैद्युत निर्गम को उत्पन्न करता है. तापीय संसूचक बहुत हल्के, मजबूत, विश्वसनीय और कम कीमत वाले युक्ति होते हैं परंतु इनमे संवेदनशीलता कम होती है और इनकी अनुक्रिया धीमी होती है. जैसा कि पहले वर्णन किया गया है, तापीय संसूचकों में तीन उपगमन के प्रयोग को अवरक्त प्रोद्योगिकी में काफी उपयोगी पाया गया. ये हैं तेजमापीय, उत्तापविद्युतीय और तापविद्युतीय प्रभाव. उत्तापविद्युतीय संसूचकों में आतंरिक वैद्युत ध्रुवण के परिवर्तन को मापा जाता है, जबकि तेजमापीय और तापविद्युतीय संसूचकों में वैद्युत प्रतिरोध मापा जाता है.

३.३.२ संसूचक वास्तुकलाARCHITECTU

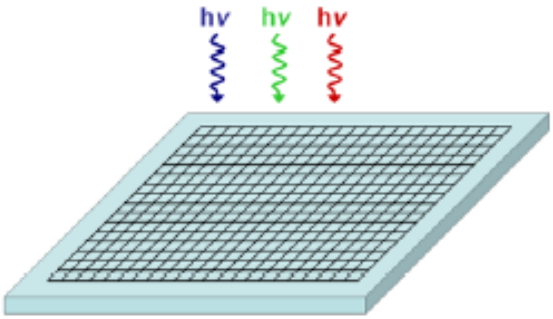
संसूचक वास्तुकला दो भागों में वर्गीकृत किये जाते हैं - अखंड और संकर.

अखंड व्यूहMONOLITHICARRA

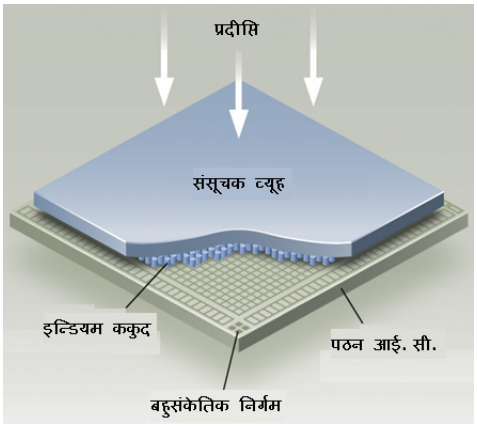
जब संसूचक पदार्थ सिलिकॉन अथवा सिलिकॉन वुय्त्पन्न से बना हो तो संसूचक और 'पठन समेकित परिपथ' (आरओआईसी) एकल वेफर पर बनाया जा सकता है. इस संरचना के कुछ स्पष्ट लाभ हैं जैसे कि इनकी सादगी और सीधे समेकित संरचना से संबंधित कम लागत. दृश्य और निकट अवरक्त क्षेत्र में इनके उदाहरण हैं कैमकोर्डर और डिजिटल कैमरा में लगे हुए संसूचक. सीसीडी और सीमौस व्यूह ज्यादातर अखंड व्यूह होते हैं क्यूंकि संवेदक पदार्थ और पठन परिपथ पदार्थ, दोनो ही सिलिकॉन के बने होते हैं. सीसीडी प्रोद्योगिकी ने उच्चतम चित्रांश गिनती हासिल कि है और उनकी संख्या 10^8 को छु रही हैं. सीमौस प्रतिबिम्बित्र भी बड़ी तेजी से दीर्घ फॉर्मेट के लिये आगे बढ़ रहे हैं और कुछ ही वर्षों में ये दीर्घ फॉर्मेट अनुप्रयोगों के लिये सीसीडी के साथ प्रतिस्पर्धा कर सकते हैं.

संकर व्यूहYBRIDARRAY

संकर व्यूह में संवेदक व्यूह और पठन आई. सी. विभिन्न अवस्तर पर बनाए जाते हैं. उनका मिलन या तो फ्लिप-फ्लॉप आबंधन से अथवा लूपहोल अंतर:सम्बन्ध से किया जाता है. इस मामले में, संवेदक व्यूह और पठन आई. सी. को स्वतन्त्र रूप से अनुकूलित किया जा सकता है. संकर व्यूह के अन्य लाभ है. - करीब १०० प्रतिशत भरण कारक और पठन आई. सी. चीप में संवृध सिग्नल प्रक्रमण क्षेत्र. पठन इलेक्ट्रोनिक्स के इन्डियम ककुद अबंधन द्वारा हजारों चित्रांश के सिग्नल का बहुसंकेतन कर कुछ निर्गम पंक्तियों में लाया जा सकता है, जो संवेदक और प्रणाली इलेक्ट्रोनिक्स के बीच अंतरापृष्ठ को सरल बनाता है.



अखंड व्यूह



संकर व्यूह

३.३.३ संसूचक पदार्थETECTOR MATERI

व्यापक विविधता के संसूचक पदार्थ अखंड और संकर फॉर्मेट के लिये अनुकूल हैं. AlGaN संसूचक पराबैंगनी क्षेत्र के लिये विकसित किये जा रहे हैं. दृश्य क्षेत्र में ज्यादातर सिलिकॉन p-i-n डायोड का प्रयोग किया जाता है. InSb पराबैंगनी से ५.५ μm क्षेत्र के अंतर्गत ८० K तापमान में कार्य कर सकता है. अशीतित तेजमापीय निर्माण के लिये प्रमुख पदार्थ हैं रवाहीन सिलिकॉन और वैनाडियम ओक्साईड. शीतित अवरक्त संवेदक प्रणाली के लिये InSb, PtSi, HgCdTe और Si:As प्रयोग में लिये जाते है. इनमे PtSi से बने व्यूह में अत्यधिक एकसमानता है और वे निर्माण योग्य हैं परंतु उनकी क्वान्टम क्षमता बहुत कम है और वे केवल मध्य तरंग अवरक्त क्षेत्र में काम कर सकते हैं. InSb व्यूह प्रोद्योगिकी बहुत उच्च संवेदनशीलता के साथ परिपक्व है, लेकिन यह भी केवल मध्य तरंग अवरक्त क्षेत्र में काम कर सकते हैं. PtSi और InSb, दोनो से किसी में भी तरंगदैर्ध्य समायोजनियता और बहुरंगी क्षमता नहीं है. Si:As एक वृस्तित बैंड (०.८ - ३० μm) वर्णक्रम में कार्य करता है, परंतु इसमे भी समायोजनियता और बहुरंगी क्षमता नहीं है और यह १२K की अति निम्न तापमान में ही संचालित किया जा सकता है. विभिन्न HgCdTe मिश्रधातु, फोटोवोल्टिक और फोटोकंडकटिव, दोनो विन्यास में, ०.७ μm से २० μm क्षेत्र तक कार्य करते हैं.

३.३.४ संसूचक अभिलक्षणनDETECTOR

संसूचकों का विस्तृत अभिलक्षणन न केवल उपलब्ध संसूचकों में सबसे उपयुक्त संसूचक का चयन करना है, बल्कि विकरणमितीय निष्पादन बिंदु से प्रतिबिंबन प्रणाली में उनके प्रयोजन का आकलन करना है. एक संसूचक अभिलक्षणन परीक्षण बेंच एक प्रणाली है जो विभिन्न प्रचालन परिस्थितियों में संसूचक का निष्पादन प्राचल मापता है. इस परीक्षण बेंच का विकास यह ध्यान में रख के किया जाता है कि विभिन्न प्रकार के संसूचक का आरोपण, प्रचालन और परीक्षण एक ही बेंच में हो सके. एक संसूचक के प्रचालानीकरण के मुख्य आवश्यकतायें हैं - परीक्षण सोकेट में संसूचक का आरोपण, निम्न रव समायोजनीय बायस, प्रोग्रामनीय कालद और नियंत्रण घड़ी, विडियो डेटा अंकीकरण और अंकीय डेटा अधिग्रहण तथा प्रक्रमण. संसूचकों को विभिन्न श्रेणी में रखने के लिये कई वैद्युत और वैद्युत-प्रकाशीय मापदंडों का प्रयोग किया जाता है जैसे कि शक्ति क्षय, तिमिर रेखांतराल, तिमिर रव, सक्रिय लम्बाई/चौड़ाई, क्षेत्र के बाहर प्रतिक्रिया, अरैखिकता, संकेत-रव अनुपात, अप्रासंगिक सिग्नल, अनुक्रियमता, वर्णक्रमीय प्रतिक्रिया इत्यादि.

३.४ इलेक्ट्रॉनिक्स

जैसे कि ऊपर चर्चा की गई है, एक विद्युत-प्रकाशीय उपकरण को कार्यरत करने के लिये निम्नलिखित प्रक्रियाओं की आवश्यकता होती है:

क) विकिरण इकट्ठा करने की क्षमता
ख) विकिरण को विद्युत संकेत में परिवर्तन करना
ग) प्रक्रिया, संचय और आवश्यक जानकारी को संचारित करना

पहली आवश्यकता को प्रकाशीय प्रणाली द्वारा पूर्ण किया जाता है जो विकिरण को अवशोषित कर लेता है. इस विकिरण को संसूचक, विकिरण के आनुपातिक विद्युत संकेत में परिवर्तित करता है. इसके पश्चात् इस विद्युत संकेत को उपयोगी रूप में परिवर्तित किया जाता है और भू-केन्द्र के लिए प्रेषित किया जाता है जो तीसरी आवश्यकता को पूरा करता है. यह एक संकेत प्रक्रमण इलेक्ट्रॉनिक्स से किया जाता है, जिसमे आम तौर पर संसूचक ड्राइव सर्किट, वीडियो प्रक्रमण, डेटा स्वरूपण और भंडारण, प्रतिबिंब प्रक्रमण आदि शामिल होते हैं.

३.४.१ मौलिक सिद्धांत

जब फोटॉन संसूचक (उदाहरण के लिए सीसीडी) के साथ टकराते हैं तब इलेक्ट्रॉनिक आवेश की उत्पत्ति होती है जिसका परिमाण टकराने वाले विकिरण की तीव्रता के आनुपातिक होता है. एकीकृत परिपथ का उपयोग कर प्रत्येक संसूचक सरणी का प्रतिचयन कर तीव्र गति से अनुक्रम में लाया जाता है. यह प्रतिक्रिया एक विद्युत संकेत उत्पन करती है. इस संकेत को एक प्रक्रमक के माध्यम से प्रक्रम और रिकॉर्ड कर अंत में छवि बनाने के लिए भू-केन्द्र पर संचारित किया जाता हे.

३.४.२ अभिकल्प

विद्युत-प्रकाशीय कैमरे के लिए इलेक्ट्रॉनिक्स श्रृंखला बनाने के लिये एक एकीकृत दृष्टिकोण की आवश्यकता होती है और यह प्रणाली संसूचकों की आवश्यकताओं के आधार पर तैयार की जाती है. विन्यास का चयन इस तरह किया जाता है कि इलेक्ट्रॉनिक्स तंत्र कैमरे की निष्पादन खराब ना करे. इलेक्ट्रॉनिक्स अभिकल्प के लिए निम्नलिखित प्रक्रम महत्वपूर्ण हैं.

- अनुकूलित संसूचक प्रदर्शन
- वास्तविक समय हाई - फाई वीडियो प्रक्रमण
- संसूचक रव सीमित प्रदर्शन

- कम बिजली खपत
- कम वजन, आकार और मात्रा
- उच्च विश्वसनीयता: कोई एकल बिंदु विफलता का कारण नहीं होना चाहिए
- माडुली डिजाइन: निर्माण, निरीक्षण और परीक्षण की आसानी

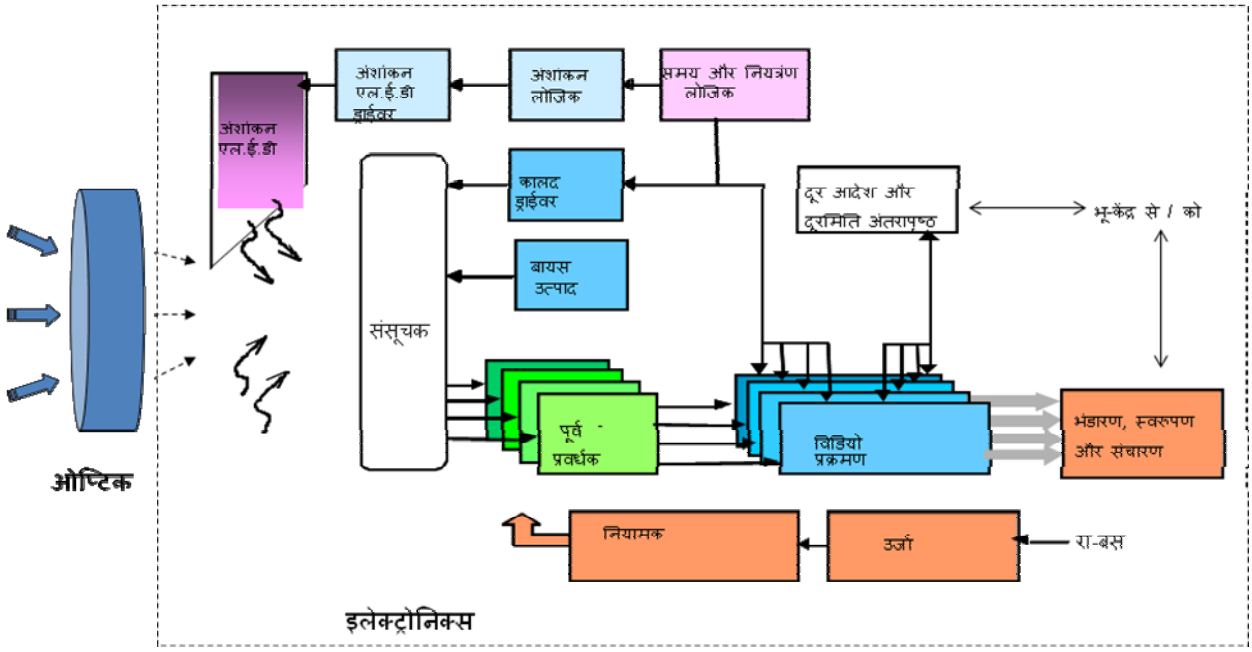
उपरोक्त पहलुओं को ध्यान में रखते हुए इलेक्ट्रोनिक्स का विन्यास, अभिकल्प, घटकों का चयन इत्यादि किया जाता है जो कि किसी भी अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए बहुत महत्वपूर्ण है.

३.४.३ प्रमुख तत्व

एक विद्युत-प्रकाशीय उपकरण के इलेक्ट्रॉनिक्स प्रणाली में आम तौर पर निम्न घटक शामिल होते हैं:

- संसूचक ड्राइव इलेक्ट्रॉनिक्स
- पूर्व प्रवर्धक
- वीडियो प्रक्रमण इलेक्ट्रोनिक्स
- समय और नियत्रंण इलेक्ट्रॉनिक्स
- तापमान नियंत्रक
- अंशांकन इलेक्ट्रॉनिक्स
- डेटा भंडारण, स्वरूपण और संचारण
- दूर-आदेश और दूरमिति अंतरापृष्ठ
- उर्जा प्रदाय

चित्र में एक सामान्य रूप से उपयोग होने वाली एकल बैंड की इलेक्ट्रॉनिक्स प्रदर्शित की गई हे.

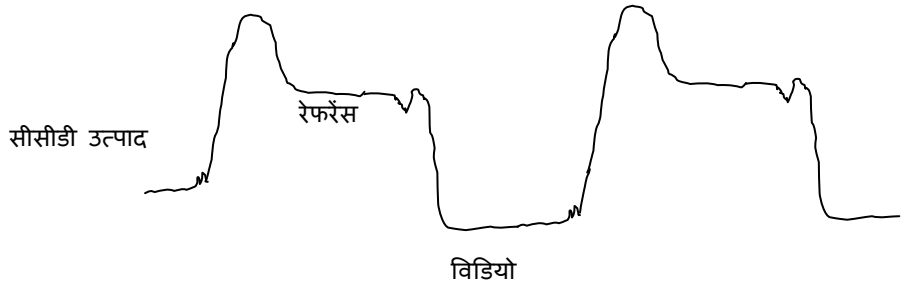


३.४.३.१ संसूचक ड्राइव इलेक्ट्रोनिक्स

एक प्रतिरूपी संसूचक को अपने प्रचालन के लिए पूर्वाग्रह विद्युत्संचालान्शक्ति और कालद की आवश्यकता होती है. संसूचक इलेक्ट्रॉनिक्स संसूचक को बायसिंग और कालबंधन प्रदान करता है. संसूचक अनुक्रिया निवेशी बिजली उद्दीपन के रव के प्रति संवेदनशील है. रैखिक नियामक और निर्गमन फ़िल्टरिंग द्वारा एक कम रव संसूचक बायसिंग का प्रयोग किया जाता है. संसूचक को अपने प्रचालन के लिए कालदों की आवश्यकता होती है. इन कालदों की आवश्यकतायें तीव्र वृद्धि/गिरावट समय, उच्च धारिता भार और बड़े वोल्टेज प्रदोल होती हैं.

३.४.३.२ पूर्व प्रवर्धक और वीडियो प्रक्रमण

वीडियो प्रक्रमण इलेक्ट्रॉनिक्स संसूचक से संकेत प्रक्रियाओं को प्रक्रम करता है. जैसा चित्र में दर्शाया गया है, सीसीडी पोर्ट के वीडियो उत्पादन तीन स्तर के होते हैं.



संसूचक निर्गमन में पर्याप्त ड्राइविंग क्षमता नहीं होती है. पूर्व प्रवर्धक को इस कार्य के लिए प्रयोग किया जाता है जो संकेत की तदरूपता बनाये रखता है. ये संसूचक के रव उद्ग्राही को कम करने और संसूचक के उच्च निर्गम प्रतिबाधा के कारण व्यवस्थित समय की गिरावट को

कम करने के लिए संसूचक के करीब रखे जाते हैं. संकेत संसाधक के बाकी भाग संसूचक से दूर रखे जाते हैं जिससे संसूचक पर तापीय हस्तक्षेप के प्रभाव को कम किया जा सके.

इसके पशचात विडियो संकेत का डिजिटल रूपांतरण किया जाता है. एक एनालॉग सिग्नल (संसूचक के वीडियो निर्गमन) को डिजिटल छवि में बदलने की प्रक्रिया को अंकीकरण कहा जाता है. डिजिटल छवि में एक चित्रांश को एक मूल्य प्रदान किया जाता है और इसे डिजिटल संख्या के रूप में दर्शाया जाता है. डिजीटल डेटा जमीन (अथवा कोई वांछित वस्तु) के प्रत्येक भाग को आमतौर पर चित्रांश (डिजिटल संख्या) के रूप में दर्शाते हैं. डिजीटल डेटा को संकुचित कर अन्य स्वास्थ्य और रवैया मापदंडों के साथ संलग्न कर भूमि पर प्रेषित कर दिया जाता है.

३.४.३.३ समय और नियत्रंण इलेक्ट्रॉनिक्स

इलेक्ट्रॉनिक्स की मूल गति उत्पन्न डेटा की दर से निर्धारित होती है. विभेदन में सुधार, प्रमार्ज विस्तार, ज्यादा बैंड और अंकीकरण की संख्या में वृद्धि के कारण डेटा दर बढ़ती जाती है. तदनुसार इलेक्ट्रॉनिक्स की जटिलता बढ़ जाती है. तर्क गति संसूचक की आवश्यकताओं पर भी निर्भर करते हैं. समय और नियत्रंण इलेक्ट्रॉनिक्स संसूचक प्रचालन के लिए तुल्यकाल कालद, वीडियो प्रक्रमण, अंकीकरण, डेटा उत्पन्न स्वरूपण और उड़ानमध्य अंशांकन प्रदान करता है.

३.४.३.४ तापमान नियंत्रक

अवरक्त संसूचक, कड़ी सहन सीमा के अंदर, नियंत्रित तापमान पर रखे जाते हैं. तापमान नियंत्रक विन्यास स्थापन, नियंत्रण और परास आवश्यकता, शीतलन/तापन यंत्रावली, रिसाव, परिचालन जीवन आदि पर निर्भर करता है.

३.४.३.५ अंशांकन इलेक्ट्रॉनिक्स

उड़ानमध्य अंशांकन, कैमरे के गुणवत्ता के अवकर्षण के अध्ययन की सुविधा प्रदान करता है. अंशांकन में बदलते तीव्रता के प्रकाश स्रोत द्वारा संसूचक को रोशन किया जाता है और उसकी अनुक्रिया की तुलना प्रयोगशाला में जनित संदर्भ के साथ की जाती है.

३.४.३.६ डेटा भंडारण, स्वरूपण और संचारण

कैमरा डेटा भू-केंद्र पर भेजने से पहेल भंडारण में रखा जाता है. इस के बाद डेटा का स्वरूपण किया जाता है. यह संचारण हानि को कम करने, डेटा को प्रक्रमण करने, डेटा के साथ कैमरा / उपग्रह संबंधित जानकारी सलंगन करने के उद्देश्य से किया जाता है.

३.४.३.७ दूर-आदेश और दूरमिति अंतरापृष्ठ

कैमरे के लब्धि चयन और विन्यास के लिए दूर-आदेश अंतरापृष्ठ आवश्यक है. दूर-आदेश अंतरापृष्ठ, लब्धि, तापमान और कैमरा की बाकि प्रणालियों, विभिन्न स्वास्थ्य मानकों को भू-केंद्रों को रिले करता है जिससे यह पता चलता है कि कैमरा/अंतरिक्ष यान सही काम कर रहा है कि नहीं.

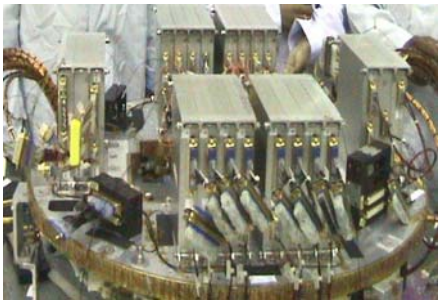
३.४.३.८ उर्जा प्रदाय

उर्जा प्रदाय पूरी इलेक्ट्रोनिक्स को उर्जा प्रदान करती है. उपग्रह पर सौर सेल की मदद से उर्जा उत्पन्न होती है. इस उर्जा को अलग अलग साधको को प्रदान किया जाता है. उर्जा प्रदाय कम रव और अधिक दक्षता का होना चाहिए.

३.४.४ संविरचन

अभिकल्प के पश्चात् सभी परिपथों का विस्तृत रूप से अनुकरण और विश्लेषण किया जाता है. सभी बारीकियों को ध्यान में रखकर अभिविन्यास बनाया जाता है और मुद्रित परिपथ बोर्ड संविरचित किया जाता है.

सभी उपरोक्त इलेक्ट्रोनिक उपतंत्र व्यवस्थित तरीके से संविरचित किये जाते हैं. संविरचित प्रक्रिया में अंत्यत सावधानी बरती जाती है और यह एक स्वच्छ कक्ष में नियन्त्रित वातावरण में किया जाता है. इसमे 'स्थैतिक विद्युत विसर्जन' सम्बन्धी उपकरण उपयोग में लाए जाते हैं.



कैमरा इलेक्ट्रोनिक्स

३.४.५ परीक्षण

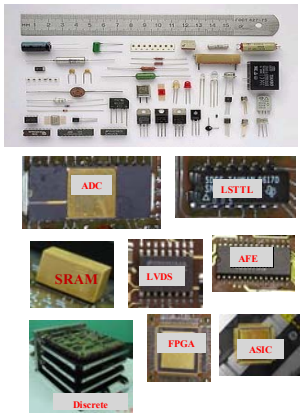
संविरचना के पश्चात् उपतंत्र का पूर्ण परीक्षण किया जाता है. परीक्षण एक बहु-अनुशासनात्मक कार्य है. तत्वों की बहुआयामी निरूपक प्रासंगिक मापदंडों को परखना एक जटिल प्रणाली है. इसके लिए परीक्षण ढांचा एवं लोड अनुकारक विकसित किये जाते हैं. परीक्षण यह सुनिश्चित करता है कि प्रत्येक प्रणाली उपतंत्र सभी स्तरों पर कार्यक्षमता की गारंटी दे और साधन के प्रदर्शन की आवश्यकताओं को पूरा करे. परीक्षण से यह सत्यापित किया जा सकता है कि उपतंत्र अभिकल्प अंतरिक्ष यान वातावरण में ठीक कार्य करेगा या नहीं. इसमे परीक्षण योग्यता, कंपन, तापीय निर्वात, विकिरण विश्लेषण और विद्युत-चुम्बकीय संगतता परीक्षण शामिल किये जाते हैं. इलेक्ट्रोनिक उपतंत्र में मुख्य रूप से रव, रैखिकता, उर्जा आदि प्राचल मापे जाते हैं.

३.४.६ भविष्य रुझान

हाल के दिनों में, विद्युत-प्रकाशीय संवेदक का विकास कई गुना बढ़ गया है. विभेदन में किमी परास से उप मीटर परास तक सुधार हुआ है. क्षेत्र सरणी संसूचको के साथ बहु-वर्णक्रमीय बिम्बित्र संसूचक से अति-वर्णक्रमीय और अल्ट्रा-वर्णक्रमीय संसूचक वर्ग में सुधार हुआ है. संसूचक इलेक्ट्रॉनिक्स में छोटे, तेज और सटीक उपकरणों की उपलब्धता के साथ सुधार आ रहा है. निम्नलिखित समय के साथ इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों और पैकेजिंग में विकास की एक झलक देता है.

इलेक्ट्रॉनिक्स का विकास

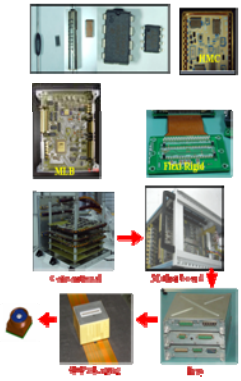
- एनालॉग और मिश्रित
  - ट्रांजिस्टर
  - मोस्फेट
  - संकारक प्रवर्धक
  - एडीसी
  - एफइ (AFE)
  - एसिक (ASIC)



- डिजिटल
  - एमएसआई (टीटीएल, सिमौस)
  - एलएसआई (एफटीटीएल, ईसीएल, एसिमौस, एलवीडीएस)
  - वीएलएसआई (पीएलडी,मेमोरी)

- एफपीजीए
- एसिक (ASIC)

पैकेजिंग का विकास



- अवयव
  - लेडेड घटक
  - पृष्ठ माउंट प्रौद्योगिकी
  - संकर माइक्रो सर्किट
- मुद्रित परिपथ बोर्ड (पीसीबी)
  - डबल पक्षीय बोर्ड
  - मल्टी परत बोर्ड
  - फ्लेक्स पीसीबी
- हार्डवेयर पैकेजिंग
  - परम्परागत टरेट आधारित
  - मदर-डॉटर बोर्ड
  - ट्रे पैकेजिंग
  - 3 डी पैकेजिंग
  - कैमरा ओन चिप

निकट भविष्य में, पहले कैमरा इलेक्ट्रॉनिक्स असिक के साथ प्रतिस्थापित की जायेगी और तत्पश्चात कैमरे ओन चिप पर एकीकृत की जायेगी.

३.५ समुच्चय, एकीकरण और परीक्षण

प्रकाशीय सुदूर संवेदक कैमरे का विकास निम्न घटक यंत्रों के समुच्चय एवं एकीकरण से होता है.

- प्रकाशीय प्रणाली
- संसूचक यंत्र
- इलेक्ट्रॉनिक यंत्र
- यांत्रिकी समुच्चय

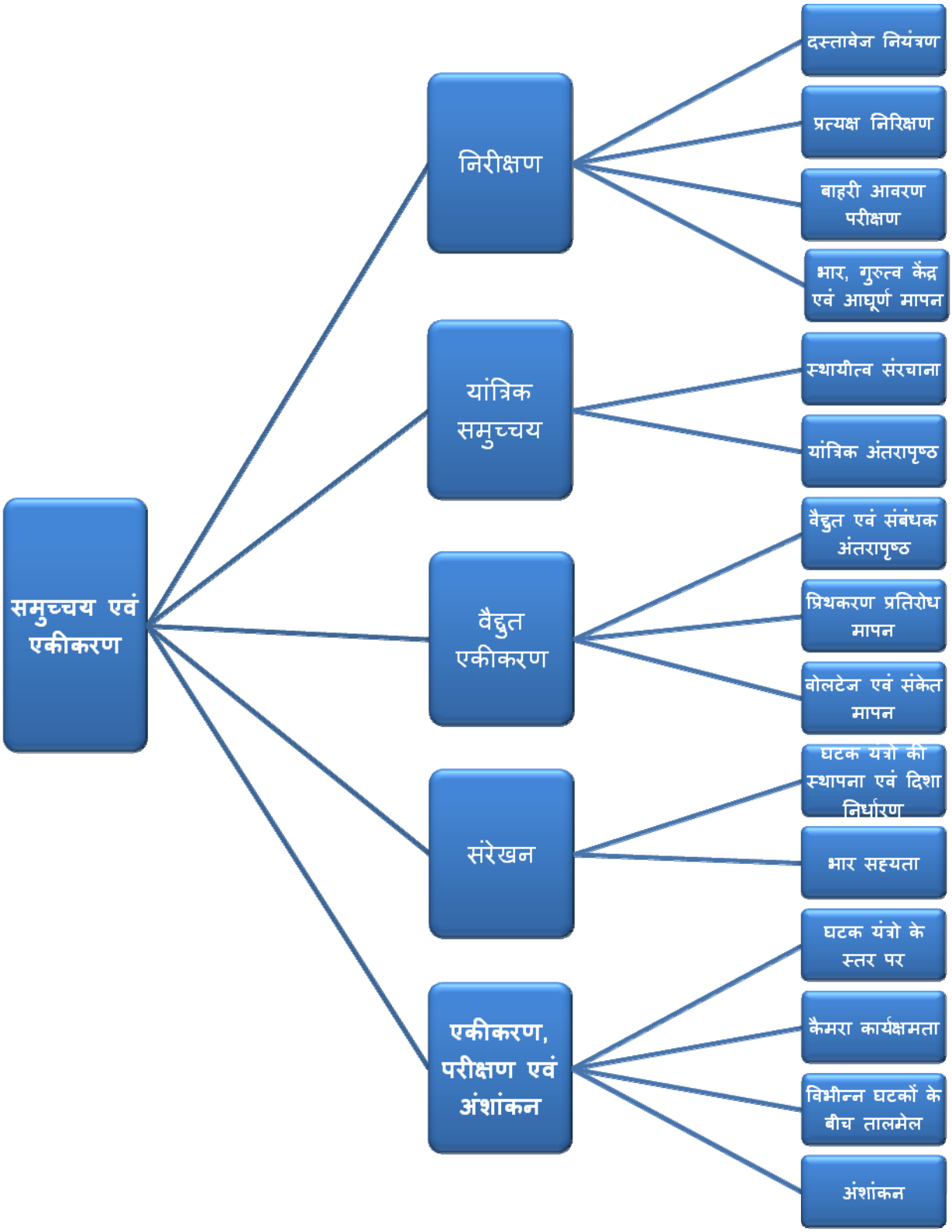
इनके अलावा कैमरे के ताप नियंत्रण हेतु उपयोग में आने वाले कई घटकों जैसे सक्रिय एवं परक्रिय ताप नियंत्रण प्रणाली आदि का भी समुच्चय एवं एकीकरण किया जाता है. यह सभी घटक यन्त्र एक दूसरे के साथ तथा उपग्रह के अन्य घटक यंत्रो जैसे की दूर-आदेश, दूरमिति, ऊर्जा तंत्र, डेटा प्रबंध आदि के साथ अंतरापृष्ठ करते हैं.

ऊपर उल्लिखित घटक यंत्रों को क्रमबद्ध तरीके से अंतःस्थापित कर एकीकृत कैमरे के निर्माण को समुच्चय एवं एकीकरण कहा जाता है. इस एकीकृत कैमरे के निष्पादन क्षमता का मूल्यांकन विभिन्न वातावर्णीय परिस्थितियों में विभिन्न मानक स्तरों पर किये जाने को कैमरा परीक्षण कहा जाता है.

पुस्तक के इस भाग में समुच्चय, एकीकरण और परीक्षण के महत्वपूर्ण पहलुओं पर चर्चा की गई है.

३.५.१ समुच्चय एवं एकीकरण

कैमरे के विकास को सुगम बनाने के लिए, विभिन्न घटक यंत्रो की अभिकल्पना एवं विकास अलग अलग की जाती है, ताकि सभी साथ साथ विकसित हो सके. तत्पश्चात सभी विकसित घटक यंत्रो की समुच्चय एवं एकीकरण एक सुनिश्चित क्रम में किया जाता है. समुच्चय एवं एकीकरण का एक प्रतिरूपी अनुक्रम नीचे चित्र में दिया गया है.


समुच्चय एवं एकीकरण
निरीक्षण
दस्तावेज नियंत्रण
प्रत्यक्ष निरिक्षण
बाहरी आवरण परीक्षण
भार, गुरुत्व केंद्र एवं आघूर्ण मापन
यांत्रिक समुच्चय
स्थायीत्व संरचाना
यांत्रिक अंतरापृष्ठ
वैद्युत एकीकरण
वैद्युत एवं संबंधक अंतरापृष्ठ
प्रिथकरण प्रतिरोध मापन
वोलटेज एवं संकेत मापन
संरेखन
घटक यत्रो की स्थापना एवं दिशा निर्धारण
भार सह्यता
एकीकरण, परीक्षण एवं अंशांकन
घटक यंत्रो के स्तर पर
कैमरा कार्यक्षमता
विभीन्न घटकों के बीच तालमेल
अंशांकन

३.५.२ अंतरापृष्ठ

कैमरे के विभिन्न घटक यंत्रो का सुनियोजित अंतरापृष्ठ, अभिकल्पना के आधार पर एक दूसरे के साथ जुडते हैं. सभी घटक यंत्रो के बीच सामंजस्य बिठाना समुच्चय एवं एकीकरण का मुख्य कार्य है. इसके लिए सभी मुख्य इंटरफेसों की सही अभिकल्पना एवं उनका दस्तावेजों में स्पष्ट उल्लेख अति आवश्यक है.

कैमरा घटक यंत्रो के मुख्य इंटरफेसों को निम्न भागो में बाटा जा सकता है:

- वैद्युत अंतरापृष्ठ
- यांत्रिक अंतरापृष्ठ
- तापीय अंतरापृष्ठ
- प्रकाशीय अंतरापृष्ठ

एकीकृत कैमरे का अंतरापृष्ठ उपग्रह के अन्य घटक यंत्रो से भी किया जाता है. जिनमे मुख्य यन्त्र हैं:

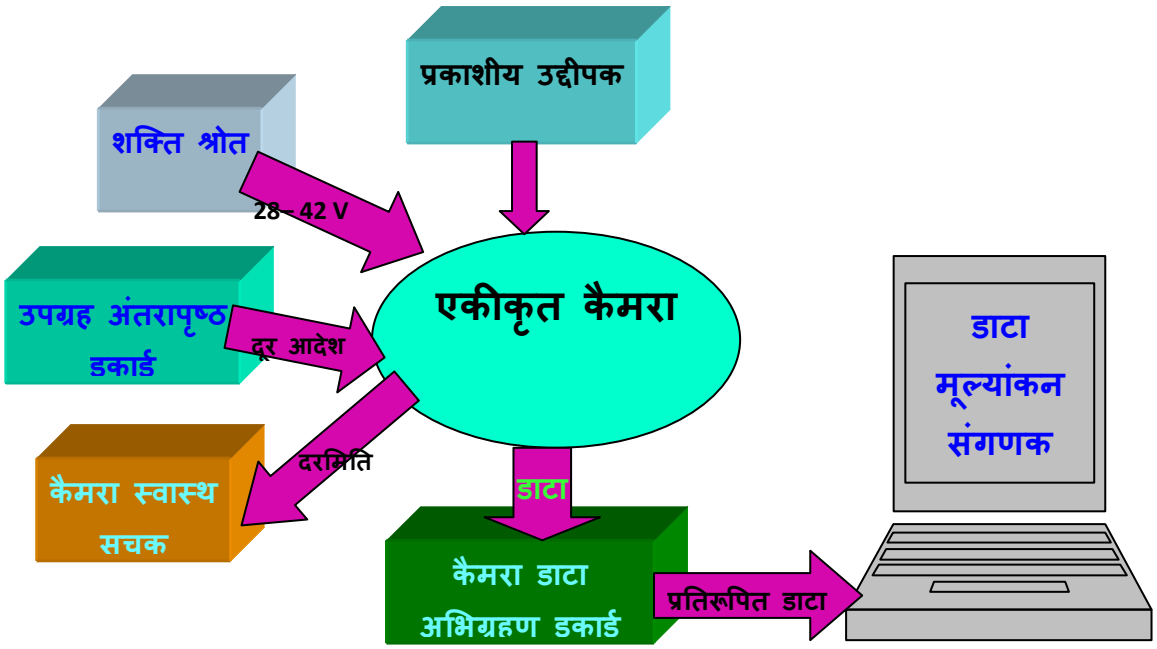
- ऊर्जा श्रोत
- दूर-आदेश
- दूरमिति
- डेटा प्रबंध

सभी तरह के अंतरापृष्ठों को अंतरापृष्ठ नियंत्रण दस्तावेज में समाहित किया जाता है.

३.५.३ भू-जाँच प्रणाली

कैमरे का विभिन्न स्तरों पर परीक्षण एवं निष्पादन क्षमता के मूल्यांकन हेतु भू-जाँच प्रणाली का विकास किया जाता है. यह जाँच प्रणाली उपग्रह की अनुपस्थिति में उसके विभिन्न कार्यों का अनुरूपण करती है. कैमरे के लिए आवश्यक कालद संकेत, दूर-आदेश, दूरमिति आदि का जनन करना, डेटा का मूल्यांकन आदि सभी इस प्रणाली के मुख्य कार्य हैं. भू-जाँच प्रणाली के विकास में मुख्य रूप से इस बात का भी ध्यान रखा जाता है कि उसकी वजह से कैमरे को कोई क्षति न पंहुचे. इसके लिए कई सुरक्षा प्रणालियों को भी इसमें समाहित किया जाता है.

भू-जाँच प्रणाली का एक चित्र नीचे उदाहरणार्थ दिया गया है:



३.५.४ इस्टतमिकरण

कैमरे के एकीकरण के पश्चात् निष्पादन क्षमता का इस्टतमिकरण किया जाता है. कैमरा विकास के दौरान किये जाने वाले कुछ महत्वपूर्ण इस्टतमिकरणों का उल्लेख नीचे किया गया है.

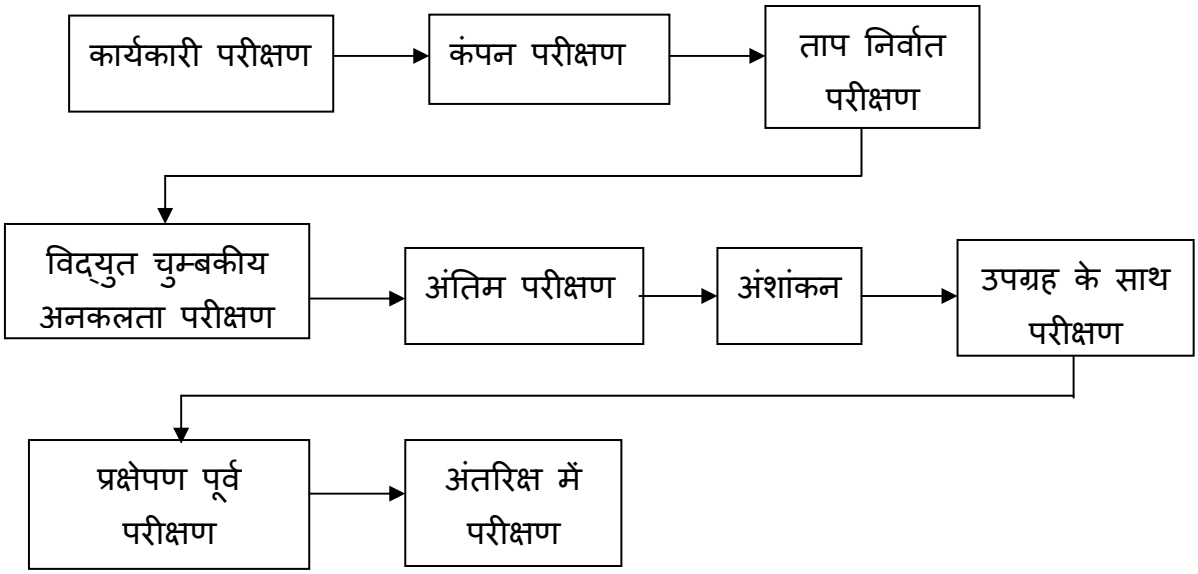
- संकेत-रव-अनुपात का इस्टतमिकरण
- संसूचकों को सही फोकस पर लगाना
- सभी संसूचकों का फार्मेट आकार बराबर करना
- सभी बैंडों का परस्पर रेजिसट्रेशन करना
- कैमरे के दृष्टि अक्ष का निर्धारण करना
- लब्धि ट्युनिंग करना

- संतृप्ति विकिरण एवं वर्णक्रमीय अनुक्रिया का इस्टतमिकरण

इन सभी इस्टतमिकरण प्रयासों से कैमरे से वांछित निष्पादन क्षमता प्राप्त की जाती है.

३.५.५ परीक्षण

कैमरा परीक्षण का मुख्य प्रयोजन कैमरा एवं उसके घटक यंत्रो की कार्य क्षमता का निर्धारण करना होता है. परीक्षण से कैमरे की निष्पादन क्षमता का भी आकलन किया जा सकता है तथा यह भी स्थापित होता है कि कैमरे के सभी घटक यन्त्र परस्पर सामंजस्य से कार्य कर रहे हैं. इसके अलावा और कोई त्रुटि कैमरा निर्माण के दौरान रह गई हो तो वो भी बाहर आ जाये, ताकि उसका प्रक्षेपणपूर्व समाधान किया जा सके. परीक्षण कई वातावरणीय स्तरों पर किया जाता है, ताकि कैमरे की कार्यकारी क्षमता सुनिश्चित की जा सके. एक अनुरूपी परीक्षण का अनुक्रम नीचे दिया गया है.



परीक्षण के पूर्व, अनुमोदित परीक्षण योजना बनाई जाती है, जिसमे की परीक्षण आवश्यकताओं, परीक्षण सुविधाओं, परीक्षण क्रम एवं विधि, सुरक्षा आदि का ध्यान रखा जाता है.

३.५.६ उपग्रह के साथ समुच्चय, एकीकरण एवं प्रक्षेपण

एकीकृत कैमरे को उपग्रह के साथ एकीकरण कर उपग्रह स्तर पर भी परीक्षण किया जाता है. उपग्रह परीक्षण भी विभिन्न स्तरों पर होती है. प्रक्षेपण पूर्व भी कैमरे का परीक्षण किया जाता है, और उसकी तुलना पिछली परीक्षण परिणामों से कर कैमरे की निष्पादन क्षमता की स्थिरता स्थापित की जाती है. सकुशल प्रक्षेपण के बाद, कैमरे की निष्पादन क्षमता का मूल्यांकन अंतरिक्ष के वातावरणीय परिस्थितियों में किया जाता है और यह सुनिश्चित किया जाता है कि

कैमरा वांछित स्तर पर कार्य निष्पादन कर रहा है अथवा नहीं. शुरूआती कक्षाओं में यह निर्धारित करने के बाद, उपग्रह को प्रचलित घोषित किया जाता है.

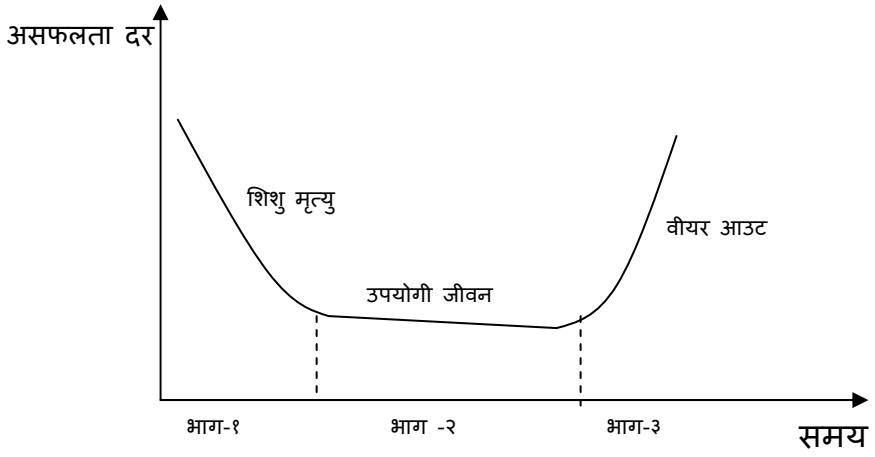
३.६ विश्वसनीयता

एक अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए सबसे बड़ी आवश्यकता बहुत उच्च विश्वसनीयता की होती है. एक प्रणाली यदि प्रयोगशाला में या घरेलू उपकरण में विफल रहती है तो उसे ठीक किया जा सकता है या सबसे खराब स्थिति में, ज्यादा नुकसान उठाए बिना प्रतिस्थापित किया जा सकता है. परन्तु यह अंतरिक्ष कार्यक्रमों में लगभग असंभव है. यहां किसी एक प्रणाली में एक छोटी सी गड़बड़ पूरे अंतरिक्ष कार्यक्रम को धक्का पहुंचा सकती है, यह दुर्घटनाओं को जन्म दे सकती है, लाखों रुपए की लागत को मिट्टी में मिला सकती है. इसलिए यह जरूरी है कि सभी प्रणालियाँ बहुत उच्च विश्वसनीयता के साथ काम करें, भले ही यह अतिरिक्त लागत से बने. इसके अलावा, प्रणाली कठोर परिस्थितियों जैसे अत्याधिक तापमान, दबाव, विकिरण, यांत्रिक झटके और कंपन (प्रक्षेपण के दौरान) आदि सहने की क्षमता रखने के लिए तैयार हो. यह आवश्यक है कि प्रणाली चरम स्थितियों में वांछित परिणाम दे.

जैसा कि ऊपर उल्लेख किया है, विश्वसनीयता अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए अभिकल्प के महत्वपूर्ण पहलुओं में से एक है. नीचे विश्वसनीयता सिद्धांत में कुछ महत्वपूर्ण शब्दों को परिभाषित किया गया है.

- विश्वसनीयता - 'विश्वसनीयता संभावना' की परिभाषा है "एक वस्तु का शर्तों के तहत एक समय की अवधि के लिए एक आवश्यक कार्य प्रदर्शन करना".
- विफलता - विफलता को एक वस्तु की क्षमता के अनुरूप आवश्यक कार्य प्रदर्शन की समाप्ति के रूप में परिभाषित किया गया है.
- MTBF (विफलता के बीच औसत समय) - यह दो असफलताओं के बीच का अंतराल है. एक निरंतर विफलता दर ,λ, के लिये $MTBF = 1 / \lambda$.

एक विशिष्ट उपकरण की विफलता की दर एक चित्रमय प्रतिनिधित्व के रूप में नीचे आकृति में दिखाई गयी है. यह मॉडल 'बाथटब वक्र' के रूप में जाना जाता है. इसके सरलतम रूप में, यह तीन क्षेत्रों में बांटा जा सकता है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है.



एक प्रणाली की विश्वसनीयता में सुधार के कुछ सामान्य तरीके नीचे दिए गए हैं.

- डीरेटिंग: विद्युत और तापीय तनाव में कमी से विश्वसनीयता बढ़ाई जा सकती है.
- पर्यावरण परीक्षण: सभी भागों और प्रणालियों का पर्यावरण परीक्षण किया जाता है यह उन पहलुओं को देखता है जो कि प्रणालियां अपने जीवन में देखने वाली है. यह परीक्षण अभिकल्प, निर्माण और यांत्रिक दोष का पता लगाने में मदद करते है. पर्यावरण परीक्षण के दौरान, उपकरण को तापमान, दबाव, विकिरण या कंपन के चरम स्तर के अधीन कर दिया जाता है और उपकरण की निष्पादन को देखा जाता है.

३.७ डेटा प्रक्रमण

कैमरा डेटा भू-केंद्र में प्राप्त किया जाता है, जहां प्रक्रमण के विभिन्न स्तरों के माध्यम से इसे विभाजित किया जाता है और यह प्रयोग करने योग्य डेटा उत्पाद के रूप में जारी कर दिया जाता है. हर आईआरएस उपग्रह के प्रक्षेपण के बाद, एक डेटा उपयोगकर्ता पुस्तिका प्रकाशित होती है. आईआरएस संवेदकों के विभिन्न संवेदकों से डेटा उत्पाद दो प्रकार के होते है:

१. मानक २. विशेष उत्पाद

मानक उत्पाद विकरणमितीय और ज्यामितीय सुधार लागू करने के बाद उत्पन्न किया जाता है. मानक उत्पादों का मोज़ेक/विलय/निष्कर्षण जैसे प्रक्रमण के पश्चात् विशेष उत्पादों की उत्पत्ति होती है. भू-केंद्र में दर्ज डेटा प्रक्रमक प्रणाली (डीपीएस) में प्रक्रमण के विभिन्न स्तर निम्न प्रकार के होते है.

० स्तर: कच्चा डेटा

१ स्तर: भू-भौतिक प्राचल

२ स्तर: विकरणमितीय और ज्यामितीय संशोधित

३ स्तर: विशेष प्रक्रमण जैसे कि विलय, संवर्धन, आदि का उपयोग.

४. भारतीय परिदृश्य - भूत, वर्तमान और भविष्य

४.१ परिचय

इसरो विद्युत-प्रकाशीय कैमरा के विकास के लिये सक्रिय रूप से कार्यरत है. भारत का सर्वप्रथम भू-प्रेक्षण उपग्रह भास्करा-१ था जिसका प्रक्षेपण १९७९ में हुआ था. यह एक प्रयोगात्मक उपग्रह था. आईआरएस-१ए भारत का पहला प्रचालनी सुदूर संवेदक उपग्रह था जिसका प्रक्षेपण १९८८ में हुआ था. अब तक इसरो ने कई कैमरा विकसित किये हैं जिनकी सूची नीचे दिए गये सारणी में दी गई है. इनमे से कुछ चुनिंदे कैमरों का वर्णन इस भाग में किया गया है.

क्रम संख्या	उपग्रह	प्रक्षेपण वर्ष	विद्युत-प्रकाशीय कैमरा	अभियान जीवन काल (वर्ष)
1.	भास्करा-१ & २	1979 & 1981	टीवी कैमरा	-
2.	आई आर एस-१ए	1988	लिस-१ (LISS -1),लिस-२ (LISS-2)	8
3.	आई आर एस-१बी	1991	लिस-१ (LISS -1),लिस-२ (LISS-2)	12
4.	इनसेट-२ए	1992	विएचआरआर (VHRR)	-
5.	इनसेट-२बी	1993	विएचआरआर (VHRR)	-
6.	आई आर एस-१सी	1995	पैन (PAN), लिस-३ (LISS III), विफ्स (WiFs)	11
7.	आई आर एस-पी२	1994	लिस-२ (LISS II)	3
8.	आई आर एस-पी३	1996	विफ्स (WiFS), मौस (MOS), भारतीय क्ष-किरण खगोलिकिय प्रयोग अभियान (IXAE)	9

9.	आई आर एस-१डी	1997	पैन (PAN), लिस-३ (LISS III), विफ्स (WiFs)	12
10.	आई आर एस-पी४ ओसन सैट-१	1999	ओसीन कलर मोनिटर (OCM)	11
11.	इनसेट-२इ	1999	विएचआरआर (VHRR), सीसीडी कैमरा (CCD)	कार्यरत
12.	टेकनालाजी प्रयोगिक उपग्रह (TES)	2001	उच्च विभेदी पैन कैमरा	कार्यरत
13.	कल्पना-१	2002	विएचआरआर (VHRR)	कार्यरत
14.	आई आर एस-पी६ रिसोर्ससैट-१	2003	लिस-३*(LISS III*), लिस-४ (LISS IV) और एविफ्स (AWiFs)	कार्यरत
15.	इनसेट-३ए	2003	विएचआरआर (VHRR), सीसीडी कैमरा (CCD)	कार्यरत
16.	कारटोसैट-१	2005	अग्र एवं पश्च कैमरा (उच्च विभेदी त्रिविमीय कैमरा)	कार्यरत
17.	कारटोसैट-२	2007	उच्च विभेदी पैन कैमरा	कार्यरत
18.	कारटोसैट-२ए	2008	उच्च विभेदी पैन कैमरा	कार्यरत
19.	आई एम एस -१	2008	बहु स्पेक्ट्रमी कैमरा हाईपर स्पेक्ट्रमी कैमरा	कार्यरत
20.	चंद्रयान -१	2008	पैन त्रिविमीय कैमरा हाईपर स्पेक्ट्रमी कैमरा	अभियान संपूर्ण
21.	ओशियनसैट-२	2009	ओशियन कलर मोनिटर (Ocean Colour Monitor [OCM])	कार्यरत
22.	कारटोसैट-२बी	2010	उच्च विभेदी पैन कैमरा	कार्यरत
23.	रिसोर्ससैट -२	2011	लिस-३*(LISS III*), लिस-४ (LISS IV) और एविफ्स (AWiFs)	कार्यरत

24.	यूथ सैट	2011	लिवहाईसी (LivHysi)	कार्यरत

४.२ भूत

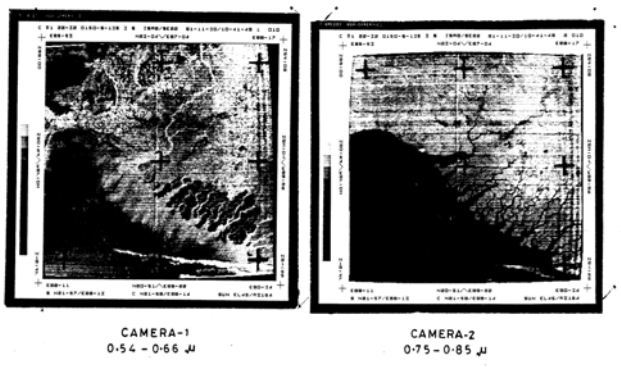
इस अंश में इसरो के दो भूतपूर्व उपग्रहों का वर्णन किया गया है जिसमे विद्युत-प्रकाशीय कैमरे लगे हुए थे. पहला उपग्रह है भास्करा-१ जिसमे एक टीवी कैमरा लगा हुआ था और दूसरा है आईआरएस-१ए जिसमे सुदूर संवेदन के लिये दो कैमरे लगे हुए थे.

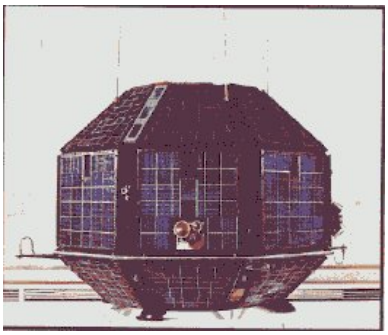
४.२.१ भास्करा-१

भास्करा-१ भारत में निर्मित प्रथम प्रयोगात्मक उपग्रह था, जिसने उपग्रह निर्माण एवं प्रचालन की दिशा में नई क्रांति का सूत्रपात किया था. इस उपग्रह के विकास के निम्न मुख्य उद्देश्य थे:

- धरती की सतह का चित्रण दृश्य, नजदीक अवरक्त एवं सूक्ष्मतरंग विकिरणों में किया जाये ताकि भू सम्पदा एवं मौसम विज्ञान के क्षेत्र में अनुप्रयोग किये जा सके.
- उपग्रह से प्राप्त डेटा के संसोधन एवं उपयोग की विधि स्थापित की जा सके.
- उपग्रह आधारित अनुप्रयोगों से मानव विकास हेतु कार्य किया जा सके.

इस उपग्रह के लिए एक टीवी कैमरे का विकास किया गया, जो कि जल विज्ञान एवं वानिकी के क्षेत्र में काफी उपयोगी सिद्ध हुआ. भास्करा का टीवी कैमरा ०.५४ μm से ०.६६ μm के तरंगधैर्य बैंडो में कार्य करता था. यह कैमरा धरती के ३४० किमी X ३४० किमी में १ किमी की विभेदन क्षमता प्रदान करता था. इस कैमरे का संसूचक विडीकोन टयूब पर आधारित था. इस कैमरा का एक संशोधित रूप भास्करा-२ में भी भेजा गया.





४.२.२ आइआरएस-१ए

आइआरएस-१ ए भारत का प्रथम प्रचालनी दूर संवेदक उपग्रह था. इस उपग्रह में दो कैमरे थे, जिसमें एक कम विभेदन क्षमता का बहुवर्णीय कैमरा लिस-१ तथा दूसरा मध्यम विभेदन क्षमता का लिस-२ कैमरा था. दोनों कैमरे बहु अवयव लेंस आधारित प्रकाशीय दूरदर्शी थे, तथा पहली बार सीसीडी का उपयोग संसूचक के रूप में किया गया था. इस उपग्रह में कई नीतभार तकनीकों का उपयोग किया गया जो भविष्य में कैमरा विकास की नींव साबित हुई. आइआरएस-१ए के बाद आइआरएस-१बी का भी निर्माण किया गया. इस उपग्रह का मुख्य उपयोग धरती के सतह के चित्रण से कई मानव उपयोगी अनुप्रयोगी का विकास है.

लिस-१ **लिस-२**

४.३ वर्तमान

आइआरएस-१ ए एवं बी की सफलता ने सुदूर संवेदन हेतु विद्युत-प्रकाशीय कैमरों के विकास को तीव्रगति से आगे बढाया. इस भाग में पांच विभिन्न उपग्रहों का वर्णन किया जायेगा. वे हैं रिसोर्ससेट, कार्टोसैट-१, कार्टोसैट-२, चंद्रयान-१ और इनसेट-३डी.

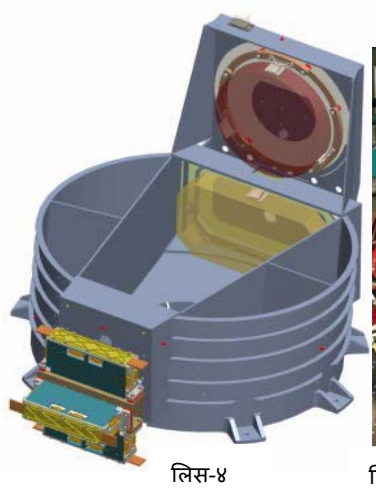
४.३.१ रिसोर्ससेट

रिसोर्ससेट-१ पीएसएलवी-सी५ के द्वारा अक्टूबर २००३ में प्रक्षेपित किया गया था. यह ८२० किमी उच्च ध्रुवीय सूर्य समकालिक कक्षा में रखा गया है. रिसोर्ससेट-१ में तीन कैमरे लगे हुए हैं, वे हैं:

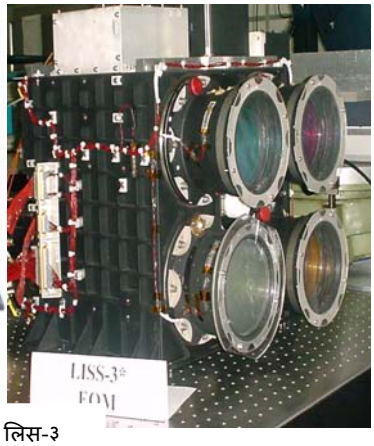
- दृश्य और निकट अवरक्त क्षेत्र में एक उच्च विभेदन रैखिक प्रतिबिंबन स्व क्रमविक्षक (लिस-४). इसमे ५.८ मीटर स्थानिक विभेदन के साथ तीन वर्णक्रमीय बैंड में छवियों को प्राप्त करने की क्षमता है.
- मध्यम विभेदन रैखिक प्रतिबिंबन स्व क्रमविक्षक (लीस-३). इसमे दृश्य और निकट अवरक्त क्षेत्र में तीन वर्णक्रमीय बैंड और १ बेंड लघु तरंग निकट अवरक्त क्षेत्र में, १४२ किमी प्रमार्ज के साथ २३.५ मीटर स्थानिक विभेदन की क्षमता है.
- एक उन्नत विस्तृत क्षेत्र संसूचक (एविफ्स). इसमे दृश्य और निकट अवरक्त क्षेत्र में तीन वर्णक्रमीय बैंड और १ बेंड लघु तरंग निकट अवरक्त क्षेत्र में, ५६ मीटर स्थानिक विभेदन और ७३० किमी प्रमार्ज की क्षमता है.

रिसोर्ससेट-१ शहरी नियोजन में सुधार, मानचित्रण, राष्ट्रीय सुरक्षा, फसल विवितकरण, फसल की उपज, वानिकी, आपदा प्रबंधन आदि में सहायता प्रदान करता है

रिसोर्ससेट-२ इसरो का १८वा सुदूर संवेदी अभियान है. ये रिसोर्ससेट-१ का पुनरावर्तक है और रिसोर्ससेट-१ के द्वारा प्रदान उपयोगकर्ताओं को सेवायें जारी रखेगा. इसके अतिरिक्त इसमें काफी सुधार भी किये गए हैं. जैसे संवृदी लिस-४ के बहुवर्णक्रमीय प्रमार्ज में (२३ किमी से ७० किमी), लिस-४ और लिस-३ की विकिरणमितिय परिशुद्धता में (७ बिट से १० बिट), एविफ्स की विकिरणमितिय परिशुद्धता में (१० बिट से १२ बिट).



लिस-४

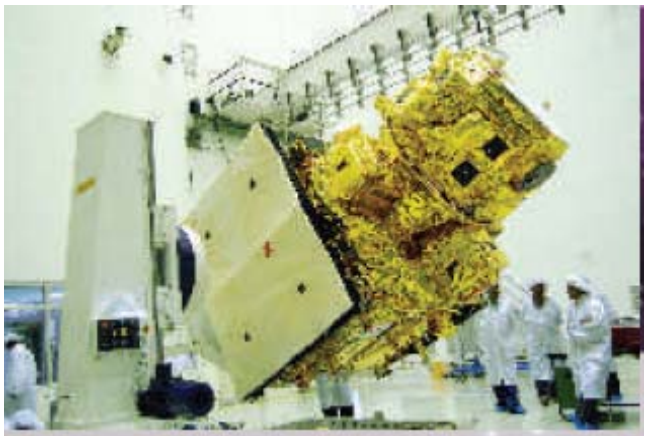


लिस-३

एविफ्स

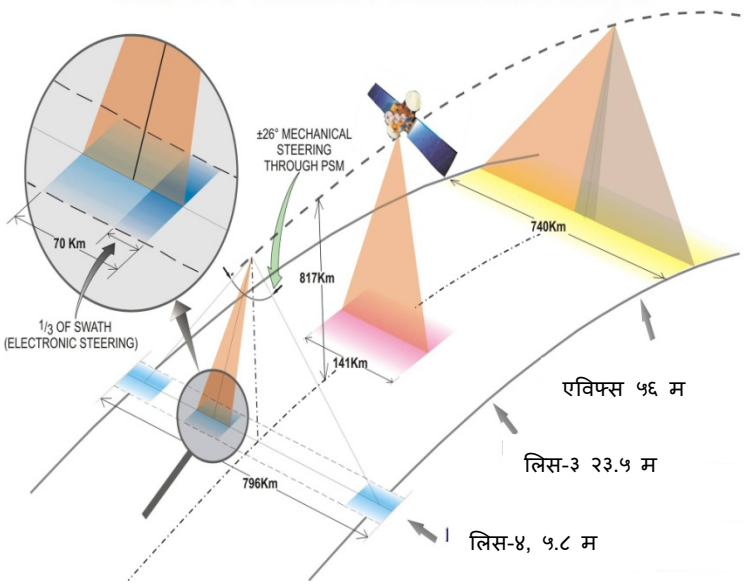
रिसोर्ससेट नितभार

रिसोर्ससेट उपग्रह



रिसोर्ससेट उपग्रह परीक्षण

रिसोर्ससेट बहुस्तरीय प्रतिबिंबन

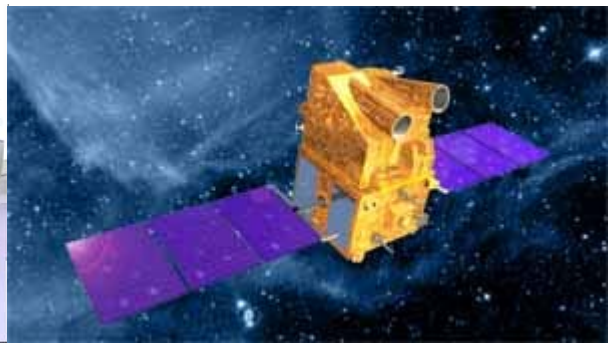


४.३.२ कार्टोसैट-१ :

कार्टोसैट-१ एक अत्याधुनिक सुदूर संवेदन उपग्रह है जो इसरो द्वारा निर्मित मानचित्रण अनुप्रयोगों के लिए मुख्य रूप से उपयोग किया जाता है. १५६० किलो वजनी, कार्टोसैट-१ पीएसएलवी - सी६ से ६१८ किमी उच्च ध्रुवीय सूर्य समकालिक कक्षा (एसएसओ) में स्थापित किया गया है.

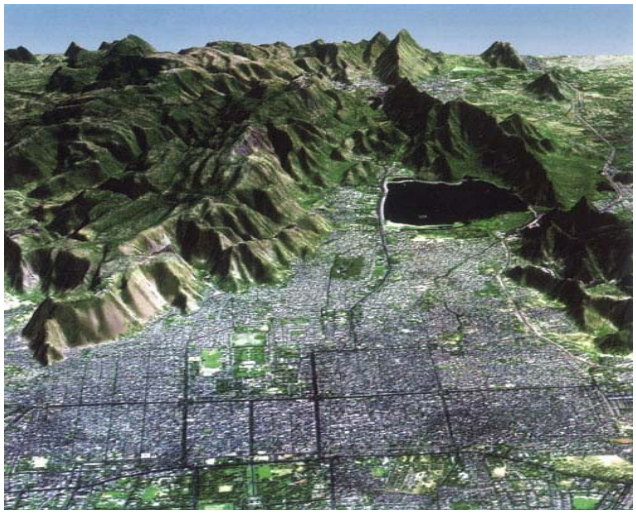
कार्टोसैट-१ दो सार्ववर्णी (पैन) कैमरों से युक्त है जो पृथ्वी के दर्शीय भाग से त्रिविमीय काले और सफेद चित्र लेता है. इन उच्च विभेदन कैमरों से ३० किमी प्रमार्ज और स्थानिक विभेदन २.५ मीटर आवृत किया जाता है. कैमरे उपग्रह पर इस तरह हैं कि किसी एक क्षेत्र को दो अलग अलग कोणों से प्रतिबिंबित किया जा सके. यह तीन आयामी नक्शे को बनाने की सुविधा प्रदान करता है.

कार्टोसैट-१ नितभार



कार्टोसैट-१ उपग्रह

कार्टोसैट-१ द्वारा लिया गया



कार्टोसैट-१ से त्रिविमीय प्रतिबिंब

४.३.३ कार्टोसैट-२

कार्टोसेट-२ एक उन्नत सार्ववर्णी सुदूरसंवेदी उपग्रह है जो मानचित्रण अनुप्रयोगों के लिए दृश्य - विशिष्ट स्थान का छायाचित्रण प्रदान करने के लिए सक्षम है. यह कैमरा एक मीटर स्थानिक विभेदन और १० किमी प्रमार्ज से बेहतर तस्वीरों को उपलब्ध कराने के लिए बनाया गया है. उपग्रह उच्च चपलता की क्षमता के साथ घूम कर चित्र ले सकता है

कार्टोसेट-२ ध्रुवीय कक्षा में ६३० किलोमीटर की ऊंचाई पर रखा गया है. यह चार दिनों की अवधि में फिर से उसी स्थान पर आता है. ये अवधि उपयुक्त उक्ति संसाधन के साथ सुधारी जा सकती है.

कार्टोसैट-२ नितभार

४.३.४ चंद्रयान-१

चंद्रयान-१ भारत का पहला ग्रहीय अभियान है जिसका निर्माण चंद्रमा की उत्पत्ति और विकास का पता लगाने के लिये किया गया था. अंतरिक्ष यान में ११ वैज्ञानिक उपकरण थे और उसकी उत्थापन सहंति १३८० कि. ग्रा. थी. इन ११ उपकरणों में पाँच इसरो से थे और छह नितभार विभिन्न देशों के अंतराष्ट्रीय सहयोग के माध्यम से चुने गये थे. इसका प्रक्षेपण पीएसएलवीPSLV-C11 द्वारा २२ अक्तूबर, २००८ कोSDSC, श्रीहरिकोटा से सफलतापूर्वक किया गया था. चंद्र कक्षा प्रयुक्ति के सफल समापन के पशचात चंद्रयान-१ अंतरिक्ष यान को १२ नवंबर, २००८ को चंद्रमा की ध्रुवीय कक्षा में चंद्रमा की सतह से १०० कि.मी. ऊपर रखा गया.

<u>उद्देश्य</u>

चंद्रयान-१ अभियान का लक्ष्य चंद्रमा का विभिन्न प्रकाशीय और एक्स किरण क्षेत्र में उच्च विभेदी सुदूर संवेदन करना है. इस अभियान के विशिष्ट उद्देश्य हैं.

- चंद्रमा के निकट और दूर पक्ष, दोनों के त्रिविमीय मानचित्र का तैयार करना (५-१० मी. के उच्च स्थानिक और तुंगता विभेदन के साथ)
- चंद्रमा की संपूर्ण सतह में उच्च स्थानिक विभेदन सहित खनिज और रासायनिक तत्वों का वितरण जानने के लिये रासायनिक और खनिजीय मानचित्रण करना. (जैसे कि मैग्नेशियम, एलुमिनियम, सिलिकॉन, कैल्सियम, आयरन, और टाइटेनियम के साथ साथ उच्च परमाणु संख्या के तत्व जैसे कि रेडोन, यूरेनियम और थोरियम)

<u>नितभार</u>

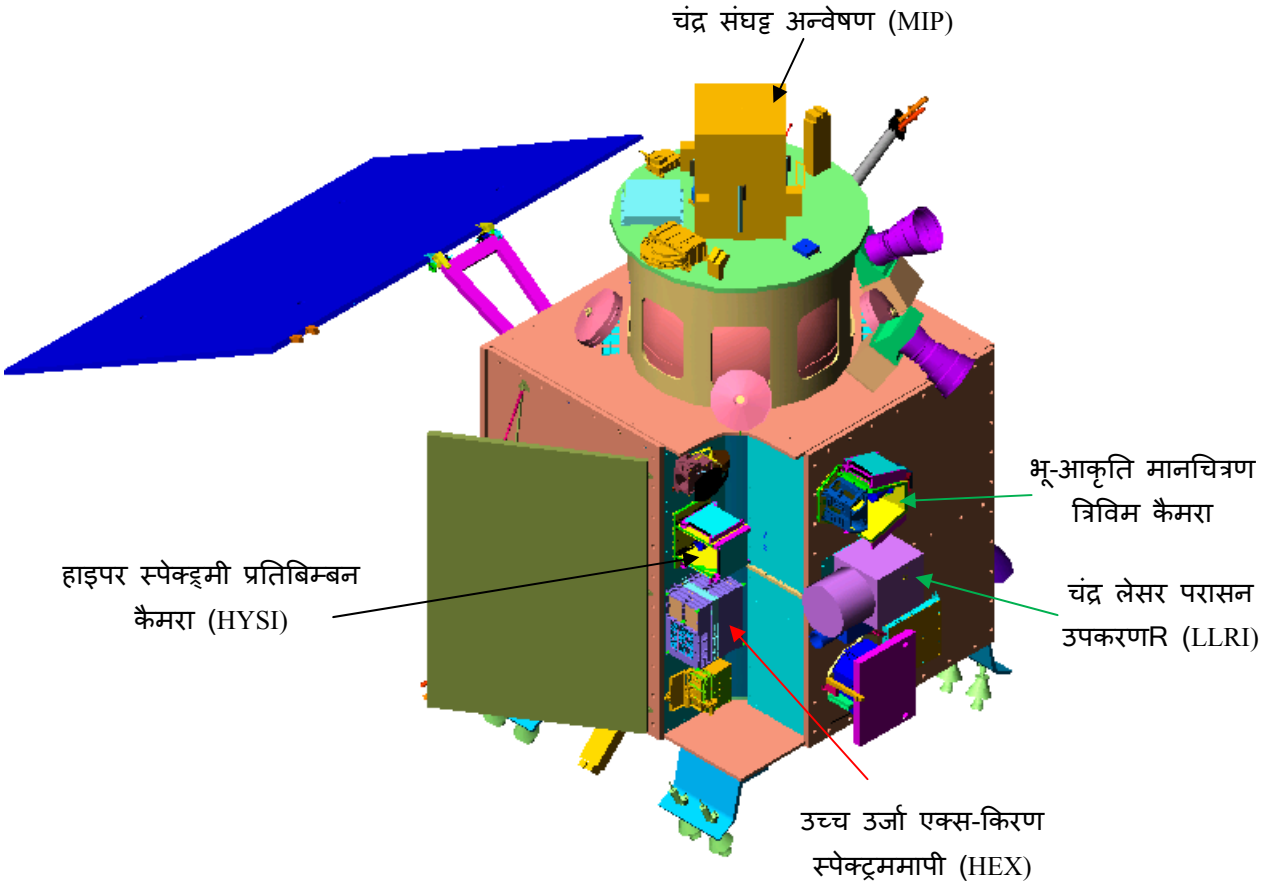
चंद्रयान-१ ने चार स्वदेशी मुख्य नितभार विकसित किये हैं - TMC TMC, HYSI, LLRI और HEXHEX. साथ ही एक चंद्र संघट्ट अन्वेषण (MIPMIP) का विकास किया गया जिसे चंद्रमा की सतह पर एक पूर्व निर्धारित स्थान पर गिराया गया. इन पांचों नितभारों का संक्षिप्त विनिर्देश निम्नलिखित है.

- भू-आकृति मानचित्रण त्रिविम कैमरा (TMC): यह सार्ववर्णी बैंड में ५ मी. स्थानिक विभेदन और २० कि. मी. प्रमार्ज के साथ कार्य करता है.
- हाइपर स्पेक्ट्रमी प्रतिबिम्बन कैमरा (HYSI): यह १५ नैनोमीटर स्पेक्ट्रमी विभेदन, ८० मी. स्थानिक विभेदन और २० कि. मी. प्रमार्ज के साथ ०.४ - ०.९५ μm बैंड में कार्य करता है.
- चंद्र लेसर परासन उपकरणR (LLRI)I: इस उपकरण का तुंगता विभेदन ५ मी से कम है.

- उच्च उर्जा एक्स-किरण स्पेक्ट्रममापी (HEX)EX: यह ३०-२७० keV उर्जा क्षेत्र में ३३ कि. मी. स्थानिक विभेदन प्रदान करता है और इसमें कैडमियम-जिंक-टेल्यूराइड संसूचक का प्रयोग किया गया है.
- चंद्र संघट्ट अन्वेषणMIP (MIP) : यह चंद्रयान-१ का परारोही नितभार है, जिसे चंद्रमा कि सतह पर गिराया गया था.

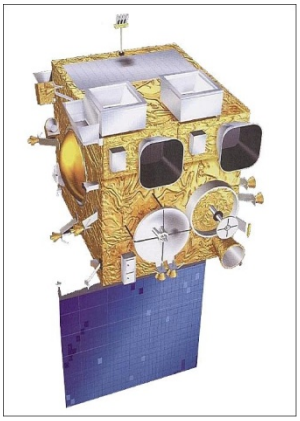
उपर्युक्त स्वदेशी नितभार के अलावा अंतराष्ट्रीय समुदाय से छह नितभार का चयन चंद्रयान-१ अभियान में शामिल करने के लिये किया गया था.

चंद्र अभियान ने अपने उद्देश्य के ९५ प्रतिशत कार्य पुरे कर लिये थे, इसीलिए इस अभियान को सफल करार दिया गया. चंद्र मृदा में पानी/ हाइड्रॉक्सिल अणु का आविष्कार होना इस अभियान की एक बड़ी उपलब्धि है. इन अणुओं को खोजने में नासा के चंद्र खनिजीय मापन उपकरण (MM3) और MIPMIP में बसे सहंति स्पेक्ट्रममापी का योगदान था. यह आविष्कार एक मुख्य उपलब्धि है जिसने चंद्र अन्वेषण का चेहरा बदल दिया.



४.३.५ इनसेट-३डी

इनसेट-३डी इसरो का भूस्थिर कक्षा आधारित अगली पीढी का उपग्रह है जो निकट भविष्य में भारतीय उपमहाद्वीप की मौसम सम्बंधित जानकारी प्रदान करेगा. इस उपग्रह में दो नीतभार हैं: एक ६ चैनल प्रतिबिम्बित्र और दूसरा १९ चैनल परिज्ञापी. प्रतिबिम्बित्र भूसतह और उसके आस-पास के वातावरण के उच्च विभेदी प्रतिबिम्ब प्रदान करेगा जबकि परिज्ञापी वायुमंडल के मौसमीय प्राचलों की उर्ध्वाधर परिछेदिका की जानकारी प्रदान करेगा. यह उपग्रह अपने पूर्ववर्ती उपग्रहों जैसे कल्पना-१ और इनसेट-३ए से बेहतर स्थानिक और वर्णक्रमीय विभेदन प्रदान करेगा.



इनसेट-३डी उपग्रह

प्रतिबिम्बित्र: इनसेट-३डी प्रतिबिम्बित्र एक प्रकाशिक यांत्रिकीय क्रमविक्षक है जो एक दृश्य चैनल तथा पांच अवरक्त चैनलों में उच्च विभेदी प्रतिबिम्ब प्रदान करेगा. प्रतिबिम्बित्र चैनलों की मूल परिभाषा तथा उनके उपयोग नीचे सारणी में दिए गए हैं. क्रमविक्षक पूरी भू-सतह (१८°°X१८°°) का क्रमवीक्षण लगभग आधे घंटे में करता है.

इनसेट-३डी प्रतिबिम्बित्र चैनल परिभाषा

क्रम संख्या	चैनल	वर्णक्रमी बैंड (µm)	तात्क्षणिक दृष्टि क्षेत्र (IGFOV) (Km)	उपयोग
1	दृश्य	०.५५ - ०.७५	१	मेघ व्याप्ति
2	लघु तरंग अवरक्त	१.५५ - १.७०	१	हिम और मेघ शीर्ष ताप में विभेदन
3	मध्य	३.८ - ४.०	४	जंगली आग और ज्वालामुखी

	अवरक्त			की पहचान
4	जल वाष्प	६.५ - ७.०	८	नमी आकलन
5	ऊष्मीय अवरक्त - १	१०.२ - ११.२	४	रात में भू सतह तथा समुद्री सतह के ताप का आकलन
6	ऊष्मीय अवरक्त - २	११.५ - १२.५	४	रात में भू सतह तथा समुद्री सतह के ताप का आकलन

परिज्ञापी: इनसेट-३डी परिज्ञापी मौसम के पूर्वानुमान और आपदा की चेतावनी के लिए धरती के वातावरण की ताप और आर्द्रता के रूप में उर्ध्वाधर परिछेदिका प्रदान करेगा. इसमें एक ०.६७ - ०.७२ μm वर्णक्रमी परास का दृश्य चैनल होगा तथा तीन विस्तृत अवरक्त चैनल होंगे जिनका आगे १८ संकीर्ण अवरक्त बैंडों में विभाजन हुआ है. दृश्य चैनल मेघ और भू सतह का साररूप दृश्य प्रदान करेगा जो वातावरण के ताप और आर्द्रता के त्रिविमीय नक़्शे बनाने में सहायक होगा.

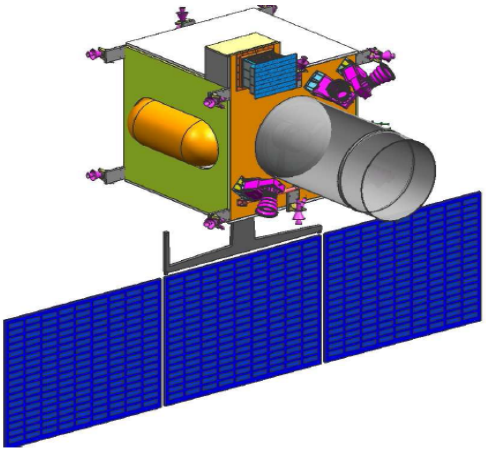
४.४ भविष्य

पिछले कुछ दशकों से सुदूर संवेदन प्रोद्योगिकी ने तेजी से कदम आगे बढायें हैं. वर्तमान युग में मानव कल्याण के लिये कई क्षेत्रों में यह एक महत्वपूर्ण कड़ी बन गयी है. सुदूर संवेदन हेतु विद्युत-प्रकाशीय कैमरा के भारी सफलता के कारण इनकी आवश्यकता और बढ़ गयी है. इस कारण इसरो नवप्रवर्तन और नई तकनीक के जटिल कैमरों के विकास के लिये जुटा हुआ है जो भविष्य में मानव कल्याण और प्राकृतिक संसाधनों के प्रबंधन के लिये और काम आ सके. साथ ही इसरो का ध्यान ग्रहीय अभियान पर भी है जिससे अंतरिक्ष और विभिन्न ग्रहों के विकास और उत्पत्ति के बारे में भी जानकारी प्राप्त हो सके. भविष्य में उपयोग आने वाले दो परियोजनाओं का वर्णन इस भाग में किया गया है.

४.४.१ भुस्थिर प्रतिबिम्बन उपग्रह

भुस्थिर प्रतिबिम्बन उपग्रह इसरो का भूस्थिर कक्षा आधारित उन्नत भू-प्रेक्षण उपग्रह है जो भविष्य में अंतरिक्ष उपयोगों जैसे मौसम विज्ञान, मौसम पूर्वानुमान, कृषिविज्ञान, वननिर्माण,

समुद्रविज्ञान, खनिजविज्ञान, आपदा की चेतावनी आदि के लिए विस्तृत वर्णक्रमी परास में उच्च विभेदी प्रतिबिम्ब प्रदान करेगा.



भुस्थिर प्रतिबिम्बन उपग्रह

यह उपग्रह सतत रूप से दृश्य और अवरक्त वर्णक्रमी परास में बहु-वर्णक्रमिय तथा हाइपर-वर्णक्रमिय प्रतिबिम्बन करेगा. इस उपग्रह की प्रतिबिम्बन क्षमता नीचे सारणी में दी गयी है.

भुस्थिर प्रतिबिम्बन उपग्रह चैनल परिभाषा

क्रम संख्या	**बैंड**	**चैनल संख्या**	**वर्णक्रमी बैंड (µm)**	**तात्क्षणिक दृष्टि क्षेत्र (IGFOV) (m)**
1	बहु-वर्णक्रमिय दृश्य-निकट अवरक्त	६	०.४५ - ०.८७५	<५०
2	हाइपर-वर्णक्रमिय दृश्य-निकट अवरक्त	>६०	०.३७५ - १.०	<५००
3	हाइपर-वर्णक्रमिय लघु तरंग अवरक्त	>१५०	०.९ - २.५	<५००
4	बहु-वर्णक्रमिय दीर्घ तरंग अवरक्त	६	७.२ - १२.८	१५००

४.४.२ भारत का मंगल अभियान

इसरो नवंबर २०१३ में भारत का पहला मंगल अभियान प्रमोचन करने की योजना बना रहा है. इस समय लाल ग्रह (मंगल ग्रह का और एक रूपांतर) पृथ्वी के करीब होगा जब अंतरिक्ष यान को ५०० xx ८०००० की. मी. के दीर्घवृत्तिय कक्षा में अंत:क्षेपण किया जायेगा. रोम देश के युद्ध देवता के नाम पर आधारित मंगल (Mars) ग्रह, हमारे सौरमंडल के स्थलीय ग्रहों में से एक है. इस ग्रह और पृथ्वी ग्रह में काफी समानताएं हैं, जैसे कि ऋत्विय चक्र और तापीय पर्यावरण, जो जीवन रूप के मूलकलन और विकास के अनुकूल माना जाता है. इसीलिए प्राचीन काल से यह सामान्य और वैज्ञानिक जिज्ञासा का विषय है. हालाँकि पिछले कुछ वर्षों में मंगल ग्रह के बारे में जानकारी इकठ्ठा करने का समन्वित प्रयास किया जा रहा है, अभी भी बहुत कुछ जानना बाकी है. मंगल अभियान भारत को उन पाँच देशों (अमेरिका, रूस, यूरोप, चीन और जापान) के क्लब में शामिल कर देगा जो स्वदेशी तकनीक का प्रयोग कर प्रमोचन की तारीख से ३०० दिन तक की अंतरिक्ष यात्रा कर सकता है.

भारतीय मंगल अभियान एक अंतरिक्ष यान को पृथ्वी से २२५ मिलियनmillion की. मी. दूरी तक भेजने में भारत की क्षमता को प्रदर्शित करेगा. इस अभियान में मंगल ग्रह की सतह और वातावरण का वैज्ञानिक अध्ययन किया जायेगा. इस महत्वाकांक्षी अभियान की संपूर्ण तैयारी बहुत ही कम समय में पूरी करनी है जो बेहद चुनौतीपूर्ण है. यह बहुत आवश्यक भी है क्योंकि यदि हम इस वर्ष मंगल ग्रह नहीं जा पाये तो हमें इस अभियान के लिये और २७ महीने की प्रतीक्षा करनी पड़ेगी जब पृथ्वी और मंगल ग्रह फिर से करीब आयेंगे.

मंगल अभियान के लिये रॉकेट

इसरो १.४ टन के मंगल ओरबाईटर का श्रीहरिकोटा प्रमोचन स्थल से प्रमोचन करने के लिये एक उच्च-स्तरीय रॉकेट (पीएसएलवी - एक्सएल) का प्रयोग करेगा. चंद्रयान-१ की तरह, अंतरिक्ष यान को पहले पृथ्वी की कक्षा में प्रणोदन प्रणाली द्वारा कई चरणों में २२००० की. मी. से २००००० की. मी. तक पहुँचाया जायेगा. ३०० दिन पशचात, जब यान पृथ्वी से मंगल की २२५ मिलियन की. मी. की दूरी तय कर लेगी, तब इस यान को मंगल की कक्षा में रॉकेट की द्रव अपभू मोटर द्वारा धकेला जायेगा. इतनी लंबी दूरी के कारण, पृथ्वी और अंतरिक्ष यान के बीच संचार का औसतन पूर्ण चक्र समय २८ मिनट की है, जो अभियान नियंत्रण के लिये एक बड़ी चुनौती है. इस अभियान को ६ महीने तक कार्यरत रखने की योजना है, परंतु विभिन्न कारकों पर निर्भर कर इसके जीवन सीमा को बढ़ाया जा सकता है.

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के उपकरण

मंगल अभियान की कई उच्च-स्तरीय बैठकों और समीक्षाओं के बाद, पांच नितभार का इस अभियान के लिये चयन किया गया है, जिसमे से अंतरिक्ष उपयोग केंद्र ने तीन विद्युत-प्रकाशीय वैज्ञानिक उपकरणों का निर्माण किया है. वे उपकरण हैं -

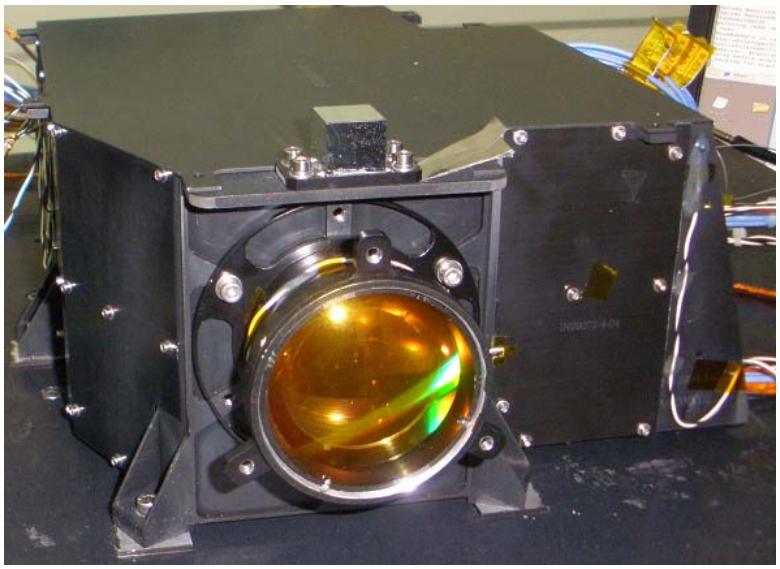
- मंगल ग्रह के लिये मीथेन संवेदक (Methane Sensor for Mars, MSM)
- मंगल रंगीन कैमरा (Mars Colour Camera, MCC)
- तापीय अवरक्त प्रतिबिंबन स्पेक्ट्रममापी (Thermal Infra-Red Imaging Spectrometer, TIS)

सभी उपकरण बहुत छोटे, हलके वजन के और कम उर्जा खपत के हैं, जो कि एक ग्रहीय अभियान की आवश्यकता है. नवप्रवर्तन अभिकल्प और अत्याधुनिक घटकों और भागों के प्रयोग से उच्च स्तर की लघुता हासिल की गई है.

मंगल ग्रह के लिये मीथेन संवेदकhane Sens

यह उपकरण मंगल के वायुमंडल में उपस्थित मीथेन का बहुत ही उच्च सटीकता से मापन करेगा और उसके स्त्रोतों का चित्रण करेगा. मीथेन की खोज मंगल में हुए भूवैज्ञानिक अथवा जैविक गतिविधियों का संकेत देती है और मंगल ग्रह में जीवन की उपस्थिति संबंधित कई सवालों का जवाब दे सकती है.

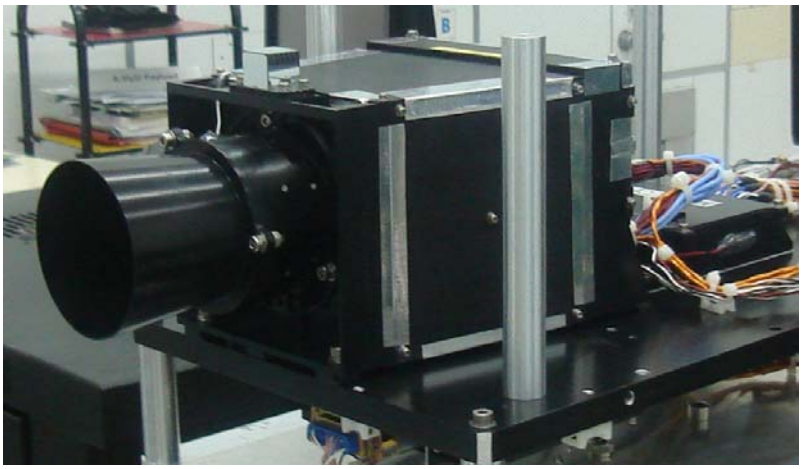
उच्च संसूचन संवेदनशीलता और सटीकता प्राप्त करने के लिये MSMइसमें फैब्री-पेरो एटालन का प्रयोग किया गया है जो बहु व्यतिकरणमिति पर आधारित अत्याधुनिक परक्रिय प्रकाशीय फ़िल्टर है. यह बनने के बाद किसी भी ग्रहीय अभियान में प्रवाहित यह पहला फैब्री-पेरो एटालन संवेदक होगा.



एमएसएम का उड़ान मॉडल

मंगल रंगीन कैमराrs Co

मंगल रंगीन कैमरा एक बहुमुखी और बहुउद्देशीय कैमरा है. यह मंगल सतह की स्थलाकृति का उच्च ज्यामितीय तदरूपता के साथ प्रतिबिंबन करेगा और मंगल और उसके पर्यावरण का उच्च गुण द्रश्य छवि वापस भेजेगा. यह मंगल में हुए कुछ घटनाओं जैसे कि धूल तूफान इत्यादि के बारे में निरीक्षण करेगा और उसके बारे में हमारे समझ को आगे बढाने में मदद करेगा. MCC मंगल के दो चाँद, फोबोस और डीमोस, की छवि लेने का भी प्रयास करेगा.

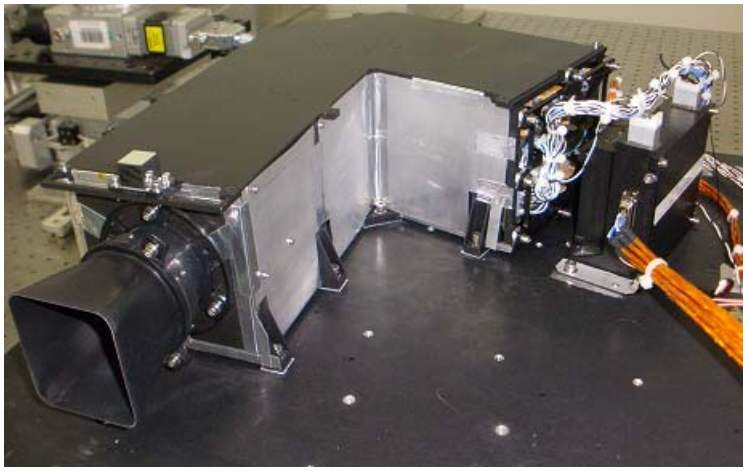


मंगल रंगीन कैमरा का उड़ान मॉडल

तापीय अवरक्त प्रतिबिंबन स्पेक्ट्रममापीrmal I

यह उपकरण ग्रेटिंग पर आधारित स्पेक्ट्रममापी है, जो मंगल की सतह की तापीय उत्सर्जन का मापन करेगा. TIS टीआईएस से अर्जित आंकडों का निम्नलिखित कार्यों के लिये संसाधन और विश्लेषण किया जायेगा:

- मानचित्र की सतह की संरचना और मंगल ग्रह की खनिजिकी
- तप्त स्थल का पता लगाना जो भूमिगत पनबिजली तापीय प्रणाली की तरफ सूचित करता है.



टीआईएस का उड़ान मॉडल

तीनों उपकरणों की अभिकल्पना और योजना इस तरह से की गई है कि वे मंगल ग्रह के सतह और वायुमंडल का वैज्ञानिक अध्ययन करने में एक दूसरे के पूरक हों.

संदर्भ

1. जार्ज जोसेफ, फंडामेंटल्स ऑफ रिमोट सेंसिंग, यूनिवर्सिटीस प्रेस, २००५
2. राबर्ट फ़िशर एवं बीजाना तादिक-गालेब, ऑप्टिकल सिस्टम डिजाईन, मैकग्रा-हिल, २०००
3. पौल योडर, ओप्टो-मेकानिकल सिस्टम्स डिजाईन, टेलर एंड फ्रांसिस, २००६
4. www.isro.gov.in
5. www.sac.gov.in

शब्दावली

अंकीकरण	Digitization
अंकीय	Digital
अंकीय चित्रांश संवेदक	Digital Pixel Sensor
अंतर:संबंध	Interconnection
अंतरापृष्ठ	Interface
अंतरिक्ष	Space
अंतर्निष्ठ	Inherent
अंतर्वस्तु	Content
अंशांकन	Calibration
अखंड	Monolith
अखंड व्यूह	Monolithic Array
अगोलीय	Aspheric
अचालक पदार्थ	Semiconductor Material
अति उच्च विभेदन क्षमता विकिरणमापी	Very High Resolution Radiometer
अतिनिम्नतापमान	Cryogenic Temperature
अतिवर्णक्रमीय कैमरा	Hyper-Spectral Camera
अधिग्रहण	Acquisition
अधिरोहण	Epitaxial
अनुकारक	Simulator
अनुकूलित	Optimized
अनुक्रम	Sequence
अनुक्रियमता	Responsivity
अनुक्रिया	Response
अनुप्रयोग विशिष्ट एकीकृत परिपथ	Application Specific Integrated Circuit
अनुरूप से अंकीय रूपांतरण	Analog to Digital Conversion
अन्वेषण	Exploration
अपघर्षण	Grinding
अपद्रव्य परमाणु	Impurity Atoms
अपद्रव्यी संसूचक	Extrinsic Detector
अपरंपरागत	Unconventional
अपवर्तक	Refractive
अप्रतिबिम्बित	Non-imaging

अप्रासंगिक	Crosstalk
अभिकल्प	Design
अभिकल्पक	Designer
अभिलक्षण	Characteristics
अभिलम्ब	Perpendicular
अभिविन्यास	Layout
अरैखिकता	Non-linearity
अर्धचालक	Semiconductor
अवयव	Element
अवरक्त	Infra-Red
अवशोषित	Absorbed
अवस्तर	Substrate
अशीतित युक्ति	Non-cooled Device
अश्ममुद्रण	Photolithography
आंकड़े	Data
आकृति	Feature
आच्छद	Cover
आतंरिक संसूचक	Intrinsic Detector
आद्रता	Moisture
आनमन	Flexure
आबंधन	Mate
आयन किरणपुंज चकासन	Ion Beam Polishing
आरोप	Mount
आवर्धन	Magnification
आवृति	Frequency
आवेश युग्मित युक्ति	Charge Coupled Device
इलेक्ट्रोन गुणन सी सी डी	Electron Multiplying CCD
ईस्टतमिकरण	Optimization
उच्च उर्जा एक्स-किरण स्पेक्ट्रममापी	High Energy X-ray Spectrometer
उत्तापविद्युतीय	Pyroelectric
उत्थापन	Lift-off
उत्सर्जन	Emission
उध्वार्धर परिछेदिका	Vertical Profile
उन्नत विस्तृत क्षेत्र संवेदक	Advanced Wide Field Sensor
उप शुन्य	Sub Zero
उपगमन	Approach
उपग्रह	Satellite

उर्जा	Energy
एकल	Single
एकलपंक्ति	One Line
एकसमानता	Uniform
एकीकृत परिपथ	Integrated Circuit
एयरी चकती	Airy Disk
कंपन	Shock
कंप्यूटर संख्यानुसार नियंत्रित	Computer Numerically Controlled
कक्षा	Orbit
कक्षीय ऊंचाई	Orbital Height
कालद और नियंत्रण घड़ी	Timing and Control Clock
कालविलंब और समाकलन	Time Delay and Integration
कालिक विभेदन	Temporal Resolution
कीलक	Fastener
कूप-में-बिंदु संसूचक	Dot-in-a-Well Detector
कोण	Angle
क्रमवीक्षण	Scanning
क्वान्टम कूप अवरक्त प्रकाश संसूचक	Quantum Well Infrared Photodetector
क्वान्टम बिंदु अवरक्त प्रकाश संसूचक	Quantum Dot Infrared Photodetector
क्षेत्र व्यूह	Area Array
गतिक	Dynamic
गुणधर्म	Property
गुणवत्ता	Quality
गुरूत्वाकर्षण	Gravity
गोलाकार	Spherical
घटक	Components
घेर उर्जा	Encircled Energy
चंद्र खनिजीय मापन उपकरण	Moon Mineralogy Measuring Instrument
चंद्र लेसर परासन उपकरण	Lunar Laser Ranging Instrument
चंद्र संघट्ट अन्वेषण	Moon Impact Probe
चकासन	Polishing
चपलता	Agility
चालकता पदार्थ	Conductive Material
चित्र कैमरा	Photographic Camera
चुंबकीय	Magnetic
जडत्व	Inertial
जडत्व भार परीक्षण	Inertial Load Test

जालक परमाणु	Lattice Atoms
जैविक	Biological
ज्यामितीय	Geometrical
ज्यामितीय	Geometrical
डेटा अभिलेख	Data recording
डेटा स्वरूपण और भंडारण	Data Formatting and Storage
तत्व	Element
तदरूपता	Fidelity
तरंग	Wave
तरंगदैर्ध्य	Wavelength
तात्क्षणिक दृष्टि क्षेत्र	Instantaneous Field of View
तापविद्युतीय	Thermoelectric
तापीय	Thermal
तापीय अवरक्त प्रतिबिंबन स्पेक्ट्रममापी	Thermal Infra-Red Spectrometer
तापीय निर्वात परीक्षण	Thermal Vacuum Test
तिमिर खिसक	Dark Offset
तिमिर रव	Dark Noise
तुंगता	Altitude
तेजमापीय	Bolometric
त्रिविमीय प्रतिबिंबन	Stereo Imaging
त्वरण	Acceleration
दर्पण	Mirror
दुर्नम्यता	Stiffness
दूर आदेश	Tele Command
दूरदर्शन	Television
दूरदर्शी	Telescope
दूरमिति	Telemetry
दृश्य बैंड	Visible Band
दृष्टि क्षेत्र	Field of View
द्रव अपभू मोटर	Liquid Apogee Motor
द्विमीय सरणी	Two-Dimensional Array
धातु	Metal
धारिता	Capacitive
ध्रुवन	Polarization
ध्रुवीय सूर्य समकालिक कक्षा	Polar Sun Synchronous Orbit
नवप्रवर्तन	Innovation
नाभीय समतल	Focal Plane

नितभार	Payload
निम्न भूकक्षा	Low Earth Orbit
निम्न रव	Low Noise
निम्नताप	Cryo Temperature
नियंत्रण परिपथ	Control Circuit
निर्गम	Output
निर्वात नलिका	Vacuum Tube
परक्रिय संवेदक	Passive Sensor
निष्पादन	Performance
पठन समेकित परिपथ	Readout Integrated Circuit
पनबिजली तापीय प्रणाली	Hydro Thermal System
पराबैंगनी क्षेत्र	Ultra-Violet Region
परावर्तक	Reflective
परावर्तन	Reflection
परास	Range
परिज्ञापी	Sounder
परिछेदिका	Profile
परिपक्व	Mature
परिपथ	Circuit
परिमित तत्व विश्लेषण	Finite element Analysis
परिष्करण	Finishing
परीक्षण	Testing
पर्शवदर्शी हवाई राडार	Side Looking Airborne Radar
पारस्परिकक्रिया	Interaction
पूरक	Complement
पूरक धातु आक्साइड अर्धचालक	Complementary Metal Oxide Semiconductor
पृथक्करण	Isolation
पृष्ठभूमि	Background
प्रकाश संसूचन एवं परासन	Light Detection and Ranging
प्रकाशजनित	Photogenerated
प्रकाशीय	Optical
प्रकाशीय चालकता	Photoconductivity
प्रकाशीय यांत्रिकीय	Opto-Mechanical
प्रकीर्णमापी	Scatterometer
प्रक्रमण	Processing
प्रक्षेपण	Launch
प्रघात परीक्षण	Vibration Test

प्रचालन	Operating
प्रणाली	System
प्रणोदन	Propulsion
प्रतिक्षेत्र	Cross-Section
प्रतिबल	Stress
प्रतिबिंब	Image
प्रतिबिंब तल	Image Plane
प्रतिबिम्बित्र	Imager
प्रतिरोध	Resistance
प्रतिवेश	Neighbour
प्रबंधन	Management
प्रमार्ज	Swath
प्रयुक्ति	Maneuver
प्रलेप	Paint
प्रवर्धक	Amplifier
प्रसर्प	Sweep
प्राचल	Parameter
प्रेक्षण	Observe
प्रोग्राममनिय लब्धि	Programmable Gain
प्रोद्योगिकी	Technology
फोकस दूरी	Focal Length
बहु परत	Multi Layer
बहुरंगी	Multicolour
बहु-वर्णक्रमीय कैमरा	Multi-Spectral Camera
बहुसंकेतन	Signal Multiplexing
बाधिका	Baffle
बिंदु व्यास	Spot Diameter
भरण कारक	Fill Factor
भू-आकृति मानचित्रण त्रिविम कैमरा	Terrain Mapping Stereo Camera
भूचित्र विभेदन	Ground Resolution
भूमानचित्रक कैमरा	Terrain Mapping Camera
भूवैज्ञानिक	Geological
भूस्थिर कक्षा	Geostationary Orbit
मंगल अभियान	Mars Mission
मंगल ग्रह के लिये मीथेन संवेदक	Methane Sensor for Mars
मंगल रंगीन कैमरा	Mars Colour Camera
मंच	Platform

माडुलन अंतरण फलन	Modulation Transfer Function
मानक	Parameter
मापन	Metering
मिश्रधातु	Alloy
मुद्रित परिपथ बोर्ड	Printed Circuit Board
यांत्रिक	Mechanical
यादृच्छिक चित्रांश चयन	Random Pixel Selection
रव	Noise Filtering
रव छनन	Noise Filtering
रवाहीन	Amorphous
रैखिक प्रतिबिंबन स्व क्रमविक्षक	Linear Imaging Self Scanner
रैखिक व्यूह	Linear Array
रैखिकता	Linearity
लघु प्रक्रमक	Microprocessor
लम्बवत	Along-Track
वरित सतह	Select Surface
वर्णक्रम	Spectrum
वर्णक्रमीय	Spectral
वर्णक्रमीय विभेदन	Spectral Resolution
वानिकी	Forestry
वायुमंडल	Atmosphere
वास समय	Dwell Time
वास्तुकला	Architecture
विकिरण	Radiation
विकिरणमापी	Radiometer
विकिरणमापीय विभेदन	Radiometric Resolution
विकृत परत पराजालक संसूचक	Strained Layer Superlattice Detector
विद्युत-चुंबकीय	Electro-Magnetic
विद्युतप्रकाश प्रभाव	Photoelectric Effect
विद्युत-प्रकाशीय	Electro-Optical
विद्युत-यांत्रिकीय	Electro-Mechanical
विधि	Mode
विनिर्देश	Specification
विन्यास	Configuration
विपथन	Aberrations
विपर्यास	Contrast
विभेदन	Resolution

विरूपण	Deformation
विवर्तन	Diffraction
विवितकरण	Discrimination
विश्लेषण	analysis
विश्वसनीयता	Reliability
विश्वसनीयता	Reliability
विस्थापन कालद	Shift Clock
वैज्ञानिक सीमौस	Scientific CMOS
वोल्टता	Voltage
व्यतिकरणमिति	Interferometry
व्यवरोध	Constraint
व्यास	Diameter
व्युत्पन्न	Derivative
शक्ति क्षय	Power Dissipation
शीतलन	Cooling
शीतित	Cooled
शीशा	Glass
संकर	Hybrid
संकर व्यूह	Hybrid Array
संकीर्ण-अंतराल अर्धचालक	Narrow-Gap Semiconductor
संकेत-रव अनुपात	Signal to Noise Ratio
संक्रमण	Generation
संचारित	Transmitted
संधारित्र	Capacitor
संरचना	Structure
संरेखन	Alignment
संविरचन	Fabrication
संवेदक	Sensor
संवेदनशीलता	Sensitivity
संशलेशी द्वारक राडार	Synthetic Aperture Radar
संसाधन	Processing
संसूचक	Detector
संसोधन	Correction
संहति	Mass
सक्रिय चित्रांश संवेदक	Active Pixel Sensor
सक्रिय संवेदक	Active Sensor
सन्निक्षेप	Dump

समंजन	Manipulation
सममितीय	Symmetric
समरूप	Identical
समाकलन	Integration
समायोजनियता	Tunability
समुच्चय	Assembly
सम्मिश्र	Complex
सहयता	Tolerance
सहसंबंधित द्विक प्रतिचयन	Correlated Double Sampling
सार्ववर्णी कैमरा	Panchromatic Camera
सुदूर संवेदन	Remote Sensing
सूक्ष्मतरंग	Microwave
सूक्ष्मदर्शी	Microscope
सूक्ष्म-यंत्र	Micromachine
सोपान और ताक	Step and Stare
स्थलाकृति	Topography
स्थानांतरित	Transfer
स्थानिक विभेदन	Spatial Resolution
स्थिरांक	Constant
स्थैतिक वैद्युत विसर्जन	Electro Static Discharge
स्पेक्ट्रममापी	Spectrometer
स्वच्छ कक्ष	Clean Room
हाईपर स्पेक्ट्रमी प्रतिबिंबन कैमरा	Hyper Spectral Imaging Camera
हीरा वर्तन यंत्र	Diamond Turning Machine