

राजा रामन्ना प्रगत प्रौद्योगिकी केन्द्र, इन्दौर



वार्षिक प्रगति रिपोर्ट वर्ष : 2017-18

राजा रामन्ना प्रगत प्रौद्योगिकी केन्द्र, इन्दौर

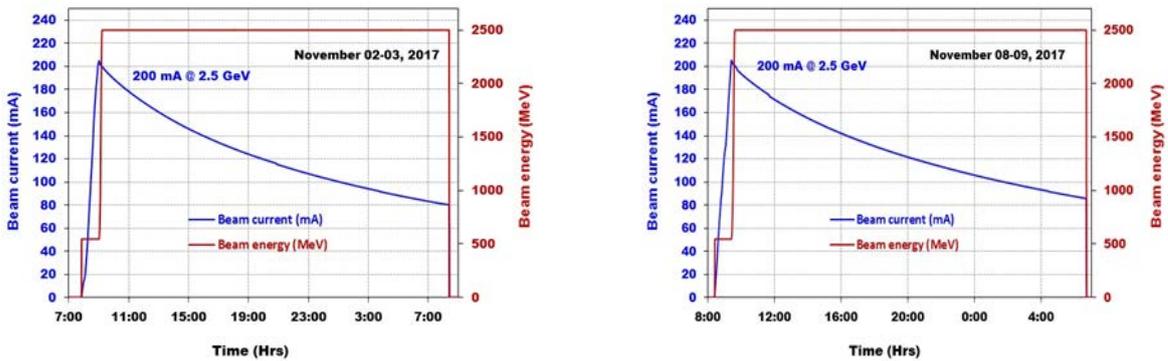
वार्षिक प्रगति रिपोर्ट वर्ष : 2017-18

क्र. सं.	विषय-सूची	पेज क्र.
I.	इण्डस सिंक्रोट्रॉन्स	2
II.	त्वरक प्रौद्योगिकी	11
III.	लेसर प्रौद्योगिकी	20
IV.	लेसर अनुप्रयोग	24
V.	पदार्थ विज्ञान	33
VI.	अन्तर्राष्ट्रीय सहयोग	40
VII.	आधारभूत सुविधाएं	40
VIII.	मानव संसाधन विकास	42
IX.	आउटरीच गतिविधियां	43
X.	आरटीआई विवरण	44

I. इण्डस सिंक्रोट्रॉन्स :

I.A. इण्डस त्वरकों का प्रचालन :

इण्डस-1 एवं इण्डस-2 सिंक्रोट्रॉन्स विकिरण स्रोत जो कि राष्ट्रीय सुविधाएं हैं, का प्रचालन रात-दिन किया जा रहा है। इण्डस-1 को 450 MeV ऊर्जा, 100 mA धारा एवं इण्डस-2 को 2.5 GeV ऊर्जा एवं 200 mA धारा तक प्रचालित किया जाता है। इण्डस सुविधा का वर्ष 2017 में बड़े पैमाने पर उन्नयन किया गया। इसमें देश में विकसित की गई पहली आरएफ गुहिका को इण्डस-2 में स्थापित करना एवं चालू करने का कार्य, उन्नत परिवर्तन के साथ माइक्रोट्रॉन को बदलना, माइक्रोट्रॉन से बूस्टर सिंक्रोट्रॉन तक परिवहन लाइन का उन्नयन कार्य शामिल है। वर्ष 2017 के दौरान इण्डस मशीन को 325 दिनों तक लगातार प्रचालित किया गया। इस वर्ष मशीनों पर प्रयोगों के लिए अधिक समय (22 दिन) प्रदान किया गया, इसके बावजूद उपयोगकर्ताओं हेतु बीम की उपलब्धता इण्डस-1 पर 6500 घंटों से अधिक एवं इण्डस-2 पर 5000 घंटों से अधिक की रही। यह भी ध्यान दिया जाना चाहिए कि इस वर्ष इण्डस-2 पर प्रतिदिन औसत बीम उपलब्धता में अल्प वृद्धि ही दर्शायी है। इसका कारण यह है कि वर्ष में कई बार मशीन का उन्नयन कार्य के लिए शटडाउन लेना पड़ा था। चित्र A.1 एवं A.2 में इण्डस-2 में 2.5 GeV ऊर्जा पर जटिल उपयोगकर्ता विधा प्रचालन को दर्शाया गया है।



चित्र. A.1 एवं 2 : 2.5 GeV ऊर्जा पर ~200 mA भंडारित बीम धारा का इण्डस-2 प्रचालन।

I.B. इण्डस-2 का उन्नयन :

I.B.1. देश में विकसित आरएफ गुहिका का अधिष्ठापन, शुरूआत एवं परिनियोजन :

देश में पहली 505.8 MHz बेल आकार ताम्र आरएफ गुहिका की डिज़ाइन एवं उसका निर्माण स्वदेशी तकनीकी से कर उसे इनपुट ऊर्जा कपलर, हाई ऑर्डर मोड आवृत्ति शिफ्टर (HOMFS) एवं ट्यूनिंग प्रणाली के साथ ऐसेम्बल किया गया। गुहिका को इण्डस-2 में अधिष्ठापित कर शुरू किया गया (चित्र. I.B.1)। निर्वात कक्ष में आवश्यक संशोधन इण्डस-2 के लम्बे सीधे हिस्से LS-7 में नई आरएफ गुहिका के साथ एकीकृत करने हेतु किए गए। आरएफ गुहिका (चित्र.I.B.2) को उच्च शक्ति ठोस अवस्था आरएफ केन्द्र के साथ एकीकृत 6-1/8 इंच ट्रांसमिशन लाइन प्रणाली द्वारा किया गया।

इण्डस-2 में इस स्वदेशी आरएफ गुहिका को विद्यमान चार अन्य आरएफ गुहिकाओं के साथ 2.5 GeV बीम ऊर्जा पर 200 mA से अधिक बीम धारा प्राप्त की गई। दो ऐसी गुहिकाओं का निर्माण एवं अधिष्ठापन निवेशन युक्तियों के साथ इण्डस-2 प्रचालन हेतु आवश्यक अतिरिक्त ऊर्जा प्रदान करने हेतु किया जाएगा।



चित्र. I.B.1: इण्डस-2 वलय सीधे कक्ष में अधिष्ठापित आरएफ गुहिका।



चित्र.I.B.2: ट्रांसमिशन लाइन द्वारा आरएफ विद्युत केन्द्र से जुड़ी अधिष्ठापित आरएफ गुहिका।

I.B.2. इण्डस त्वरकों की अंतःक्षेपण प्रणाली में सुधार :

इण्डस त्वरकों के पुराने 20 MeV/ 30 mA अंतःक्षेपण माइक्रोट्रॉन को नये उन्नत संस्करणों के साथ बदला गया है (चित्र I.B.2.1)। नये माइक्रोट्रॉन में बेहतर कार्यनिष्पादन के लिए नया उन्नत यांत्रिक डिज़ाइन एवं अतिरिक्त नैदानिक विशिष्टताएं शामिल हैं। परिवहन लाइन (TL-1), जो कि माइक्रोट्रॉन बीम को बूस्टर सिंक्रोट्रॉन तक ले जाती है, का भी उन्नयन नये निर्वात कक्ष B-A गेजेज उन्नत बीम पोजीशन, मॉनीटर एवं अतिरिक्त बीम स्लिट मॉनीटर के अधिष्ठापन द्वारा किया गया (चित्र I.B.2.2)। भविष्य में बूस्टर सिंक्रोट्रॉन प्रचालन को बेहतर बनाने हेतु एक इलेक्ट्रॉनिक स्वचालित मॉड्यूल को विकसित कर उसे द्विध्रुव चुंबक के शेष क्षेत्र को हटाने के लिए माइक्रोट्रॉन विद्युत आपूर्ति के साथ एकीकृत एवं माइक्रोट्रॉन की बीम पैरामीटर्स की पुनरावृत्ति में सुधार हेतु किया गया।



चित्र.I.B.2.1: इण्डस के लिए नया 20 MeV अंतःक्षेपक माइक्रोट्रॉन।



चित्र.I.B.2.2: संशोधित परिवहन लाइन-1।

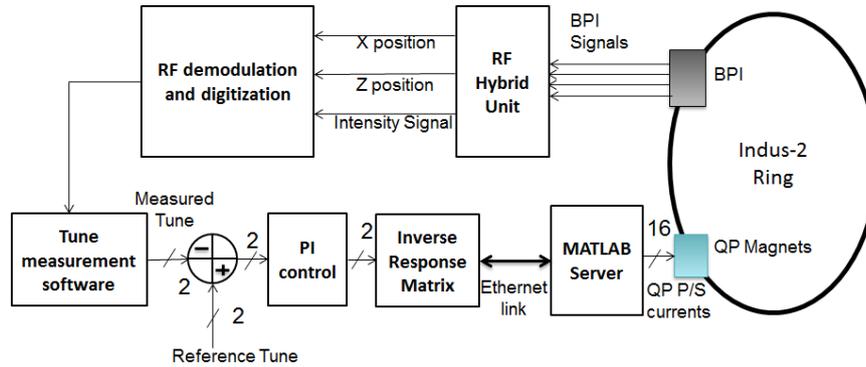
I.B.3. इण्डस त्वरकों के लिए विविध विद्युत आपूर्तियों का विकास एवं उन्नयन :

बेहतर कार्यनिष्पादन के साथ अनेकों प्रकार की विशिष्ट विद्युत परिवर्तकों एवं विद्युत आपूर्तियों को विकसित, अधिष्ठापित एवं उन्हें इण्डस-1 एवं इण्डस-2 की उपप्रणालियों में शुरू किया गया। विद्युत परिवर्तकों में शामिल TL-2 द्विध्रुव चुंबक के लिए दो 300 A विद्युत परिवर्तक 30 MeV लिनेक के लिए 20 कार्ड आधारित परिवर्तक 200 A की दो इकाईयां, हारमोनिक सेक्सटोपोल चुंबक की मुख्य कुंडली (coil) को शक्ति प्रदान करने हेतु 85

V विद्युत परिवर्तक एवं 200 A, 60 V विद्युत परिवर्तक NEG लेपन के लिए सोलेनॉइड कुंडली को ऊर्जा प्रदान करने के लिए विद्युत आपूर्ति में शामिल है। इण्डस-1 अंतःक्षेपण किकर के लिए श्रृंखला अनुनादी टोपॉलॉजी का उपयोग करते हुए संधारित्र (capacitor) आवेशित विद्युत आपूर्ति अन्य अनुप्रयोगों के लिए उच्च धारा एवं लघु स्पंद विद्युत आपूर्ति, जिसने उपप्रणालियों की विश्वसनीयता को बेहतर करने में सार्थक योगदान दिया, जिसके कारण बीम भरण घटनाओं में पर्याप्त कमी हुई है।

I.B.4. इण्डस-2 के लिए बीटाट्रॉन ट्यून फीडबैक प्रणाली के परिष्कृत संस्करण का विकास :

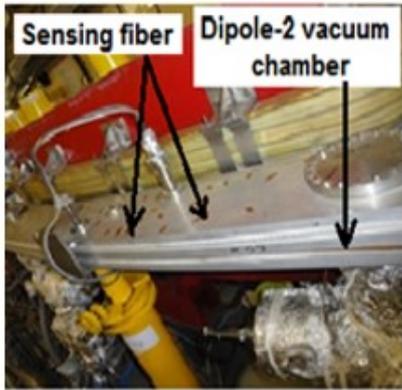
इण्डस-2 में इलेक्ट्रॉन बीम स्थायित्व को सुनिश्चित करने एवं बीटाट्रॉन ट्यून को मशीन प्रचालन के दौरान विनिर्दिष्ट बैंड में बनाए रखने हेतु बीटाट्रॉन ट्यून फीडबैक प्रणाली का उपयोग किया जाता है। बीटाट्रॉन ट्यून फीडबैक प्रणाली के परिष्कृत संस्करण को विकसित कर उसका सफलतापूर्वक इण्डस-2 में परीक्षण किया गया। चित्र.I.B.4. में इस प्रणाली के ब्लॉक आरेख को दर्शाया गया है। परिष्कृत संस्करण में इण्डस-2 बंच-बाई-बंच फीडबैक प्रणाली से प्राप्त बंच-बाई-बंच पोजीशन डेटा के तीव्र फूरियर ट्रांसफॉर्म (FFT) को बीटाट्रॉन ट्यून निर्धारण हेतु उपयोग किया गया। नई योजना में उर्ध्वाधर एवं क्षैतिज मैदान में बीटाट्रॉन ट्यून का एक साथ मापन किया गया, जबकि विद्यमान योजना में इसका अनुक्रमिक मापन किया गया। परिष्कृत संस्करण ने बीटाट्रॉन ट्यून (± 0.0005) में बहुत ही छोटे परिवर्तन को 10 गुना तीव्र गति से सुधार प्रदर्शित किया। यह परिवर्तन मशीन जो मशीन प्रकाशिकी में परिवर्तन के कारण हुआ। अब यह प्रणाली उपयोगकर्ताओं को नियमित तौर पर उपलब्ध कराई जाएगी।



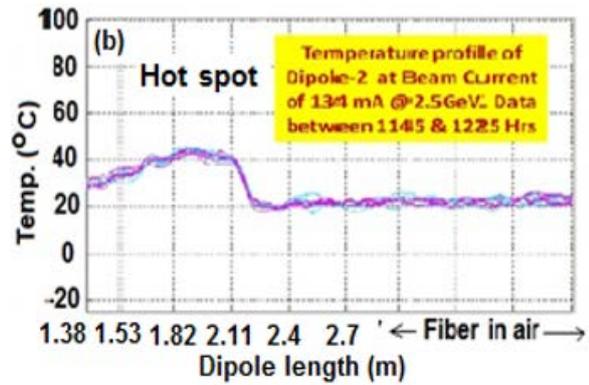
चित्र.I.B.4: विकसित बीटाट्रॉन ट्यून फीडबैक प्रणाली का ब्लॉक आरेख।

I.B.5. हॉट स्पॉट संसूचन के लिए तापमान संवेदक का निर्माण :

ऊर्जा स्तरों में परिवर्तन के कारण इण्डस-2 के प्रचालन के दौरान सिंक्रोट्रॉन विकिरण द्विध्रुव चुंबक निर्वात कक्ष को हानि पहुँचा सकता है, जिसके कारण अधिक ऊष्मा व निर्वात की कमी से इलेक्ट्रॉन बीम निम्नकृत हो सकता है। अतः हॉट स्पॉट की पहचान कर उसे उचित उपाय करके हटाना बहुत आवश्यक है। रमन प्रकाशिक फायबर वितरक ताप संवेदक (ROFDTS) का निर्माण कर उसे इण्डस-2 (DP-2) (चित्र.I.B.5.1) के द्विध्रुव चुंबक निर्वात कक्ष में हॉट स्पॉट के संसूचन हेतु परिनियोजित किया गया है। इलेक्ट्रॉन बीम के प्रविष्ट बिन्दु से हॉट स्पॉट का 1.8 मीटर से पता लगाया गया है एवं उस स्थान पर बीम कक्षा को सुधार कर उसे अवरूद्ध किया गया। DP-2 का मापित ताप प्रोफाइल को भी संदर्भित ताप विद्युत युग्म से सत्यापित किया गया (चित्र.I.B.5.2)।



चित्र.I.B.5.1: इण्डस-2 में द्विध्रुव मापित चुंबक-2 में हॉट स्पॉट का संसूचना।



चित्र.I.B.5.2: ROFDTS के उपयोग से तापमान प्रोफाइल।

I.B.6. इण्डस सुविधा के लिए नयी नियंत्रण प्रणाली का विकास :

इण्डस सिंक्रोट्रॉन विकिरण स्रोत सुविधा में कुछ अतिरिक्त नियंत्रण प्रणालियों को विकसित कर परिनियोजित किया गया है। इनमें शामिल हैं : 1) परिवहन लाइन-2 के चुंबकों की विद्युत आपूर्ति के सद्दूर निगरानी एवं नियंत्रण के लिए वितरीत/विपरीत वास्तु शिल्प के साथ एक नई नियंत्रण प्रणाली। 2) चुंबक विद्युत आपूर्ति की उत्पादित धारा की आवृत्ति की संशोधन के सत्यापन हेतु नियंत्रण प्रणाली।

I.B.7. वेब आधारित इण्डस मशीन प्रबंध सॉफ्टवेयर में विकास एवं वृद्धि :

विविध वेब आधारित सॉफ्टवेयर पैकेजों को विकसित कर उनका उन्नयन किया गया है। इनमें शामिल हैं : 1) इण्डस प्रचालन हेतु इलेक्ट्रॉनिक लॉगिंग हेतु ई-लॉगबुक व रिपोर्ट बनाना। 2) इण्डस-1 एवं इण्डस-2 के रात-दिन प्रचालन के दौरान विभिन्न उपप्रणालियों में होने वाली त्रुटियों का पता लगाने हेतु एफ-लॉगबुक 3) इण्डस-1 एवं इण्डस-2 के वर्तमान ऐतिहासिक, सांख्यिकी एवं नैदानिक आंकड़ों को सारणीबद्ध एवं आरेख प्रारूप में इण्डस-ऑनलाइन के तहत आरआरकेट, इन्फोनेट पर उपलब्ध कराना।

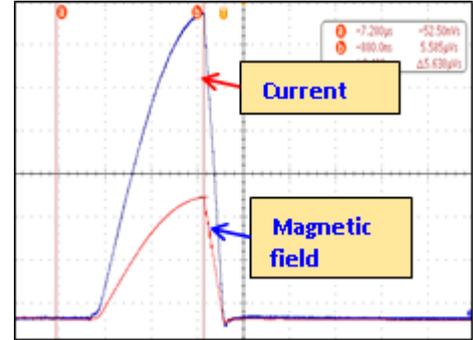
I.B.8. इण्डस सुविधा के लिए उन्नत उपप्रणालियों का विकास : वर्ष 2017 के दौरान इण्डस SRS सुविधा की अनेकों उपप्रणालियों के उन्नत वर्ज़न को विकसित कर उनका परीक्षण किया गया, जिन्हें निकट भविष्य में परिनियोजित किया जाएगा। इन उपप्रणालियों का विवरण इस प्रकार है :

I.B.8.1. इण्डस सिंक्रोट्रॉन विकिरण स्रोत के स्पंदित अंतःक्षेपण किकर चुंबक का उन्नयन :

आगामी 30 MeV लिनेक (वर्तमान 20 MeV माइक्रोट्रॉन के अतिरिक्त) से आने वाले इलेक्ट्रॉन बीम के अंतःक्षेपण को सुविधाजनक बनाने हेतु निम्न युग्मक प्रतिबाधा के साथ तीन नये स्पंदित किकर चुंबकों (चित्र.I.B.8.1.) को बूस्टर सिंक्रोट्रॉन हेतु विकसित किया गया है। इन चुंबकों का विकास भंवर धारा पट्टी के साथ उच्च आवृत्ति Ni-Zn-Co फेराइट ब्लॉक के उपयोग से किया गया है। संवाहक वाइडिंग के साथ किकर ने फेराइट समानांतर बीम मार्ग के चारों ओर किकर क्षेत्र स्पंद आकार एवं उसके वितरण को प्रभावित किए बगैर अनुदैर्घ्य युग्मक प्रतिबाधा में विशिष्ट कमी को दर्शाया है। उन्नत अंतःक्षेपक किकर चुंबक को समानीत अनुदैर्घ्य युग्मक प्रतिबाधा के साथ चित्र.I.B.8.2 में दर्शाया गया है। ये नये चुंबक विद्यमान स्थानीकृत किकर चुंबकों का स्थान लेंगे, जिससे 700 MeV बूस्टर सिंक्रोट्रॉन में अंतःक्षेपी दक्षता बेहतर होगी।



चित्र.I.B.8.1: उन्नत स्पंदित अंतःक्षेपी किकर चुंबक।



चित्र.I.B.8.2: समानीत अनुदैर्घ्य युग्मक के साथ उन्नत अंतःक्षेपी किकर चुंबक।

I.B.8.2. इण्डस-2 द्विध्रुव चुंबकों में संशोधन :

0° पोर्ट्स से सिंक्रोट्रॉन विकिरण निष्कर्षित करने के लिए इण्डस-2 के विद्यमान द्विध्रुव चुंबक निर्वात कक्ष (अनुमानित 3.6 मीटर लंबाई) को केन्द्र में निर्मित औज़ारों एवं फिक्सचर (चित्र I.B.8.2) के उपयोग एवं मशीनीकरण द्वारा स्लॉथ/स्लॉट की ऊँचाई एवं चौड़ाई में वृद्धि की गई। स्लॉट का मशीनीकरण एक बंद कक्ष में किया गया, जहाँ मशीनीकरण की जाने वाली सतह न पहुँच योग्य थी एवं न दिखाई दे रही थी, जिससे यह एक चुनौतीपूर्ण कार्य था। एक विशेष 1.5 मीटर छिद्र करने वाला कटर एवं टेलर मेड फिक्सचर का निर्माण, अनुदैर्घ्य बोरिंग मशीन पर स्लॉट के मशीनीकरण के लिए किया गया।



चित्र.I.B.8.2: संशोधन के उपरांत इण्डस-2 द्विध्रुव चुंबक निर्वात कक्ष।

I.B.8.3. इण्डस-2 के बीम नैदानिक प्रणाली का उन्नयन :

इण्डस-2 में बीम स्क्रैपर का उपयोग इलेक्ट्रॉन बीम के गतिकी द्वारक (डायनामिक अपचर) के मापन हेतु किया जाता है। उदाहरण के लिए, इसका उपयोग तरंगक हिस्से पर न्यूनतम भौतिक द्वारक का निर्णय करने हेतु किया गया। विद्यमान स्क्रैपरों ने लगभग 10 वर्ष की सेवाएं दी हैं एवं वह 60 mA बीम धारा तक सीमित थी।

उन्नत बीम स्क्रैपरों (चित्र.I.B.8.3.1 एवं चित्र.I.B.8.3.2) को अब 2.5 GeV बीम ऊर्जा पर उनकी उच्च बीम धारा 200 mA तक उपयोग हेतु निर्मित किया गया है। इसमें शामिल है: स्क्रैपिंग ब्लेड के विद्युत विलगन के साथ फ्लेज एवं शीतलक नलिकाओं के बीच निर्वात जोड़ का निर्माण, स्वीकार्य सीमा के अंदर तापीय प्रतिबल को बनाए रखना। स्क्रोपर की एसेम्बली ने $\sim 4 \times 10^{-10}$ mbar के पराउच्च के लिए अर्हता प्राप्त कर ली है।

बीम पोजीशन मॉनीटर एक नैदानिक युक्ति है, जिसका उपयोग आवेशित कण बीम की अवस्थिति मापन हेतु किया जाता है। UHV अनुकूल फ्लेज एकीकृत बीम पोजीशन मॉनीटरों (FIBPM) को स्वदेशी डिज़ाइन से निर्मित किया गया है। इसकी लघु मोटाई को ध्यान में रखते हुए, त्वरक में इसे बहुत ही सीमित स्थान में

अधिष्ठापित किया जा सकता है। FIBPMs के ऐसे दो वर्जन की डिज़ाइन तैयार कर निर्माण किया गया है। इनमें से एक वर्जन को (FIBPM-70OD) चार बटन इलेक्ट्रॉड्स 70 mm OD कॉन्फ्लेट फ्लेंज में एकीकृत किया गया है, जबकि दूसरे वर्जन में (FIBPM-152OD) इनको 152 mm OD डायमण्ड सील फ्लेंज के साथ एकीकृत किया गया है (चित्र.1)। FIBPM की बटन इलेक्ट्रॉड्स की वेल्डिंग एनडी:याग लेसर से की गई है (चित्र. I.B.8.3.3)।



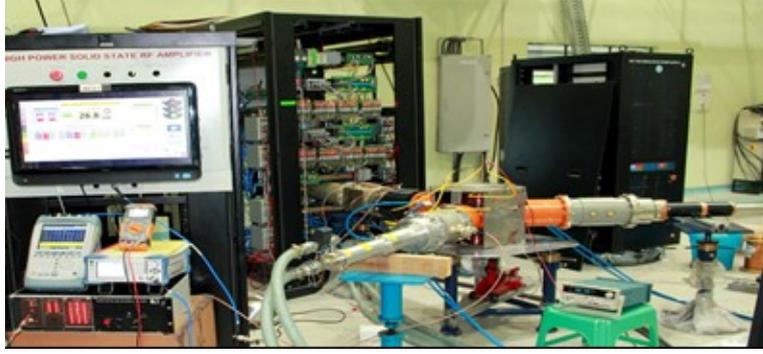
चित्र.I.B.8.3.3 : घरेलू संसाधनों से निर्मित परा-उच्च निर्वात संगत FIBPM-152OD (बाएं) एवं FIBPM-70OD (दाएं)।

I.B.8.4. इण्डस-2 के लिए अवाष्पीय गेटर कोटेड एल्यूमीनियम कक्ष का निर्माण :

इण्डस-2 के एक अवाष्पन गेटर (NEG) कोटेड एल्यूमीनियम कक्ष (17 mm x 81 mm एवं 300 mm) का निर्माण DC मेग्नेट्रॉन स्पटर डिपोजिशन प्रणाली के उपयोग से किया गया है। इसमें कक्ष के भीतर टारगेट कोएक्सयली को स्थापित करने की चुनौती शामिल है। कक्ष की कोटिंग 600 V निस्सरण वोल्टता, 100 mA निस्सरण धारा, 1.5×10^{-3} mbar ऑर्गन दाब, 400 G चुंबकीय क्षेत्र एवं 100°C अवस्तर तापमान पर की गई है। कोटिंग से पूर्व, प्रणाली में प्राप्त किया गया चरम निर्वात 1.2×10^{-9} mbar था। NEG कोटेड कक्ष को 180 °C पर 24 घंटे तक सक्रिय कर 3×10^{-11} mbar चरम निर्वात प्राप्त किया गया।

I.B.8.5. 505.8 MHz आरएफ परिसंचरण की डिज़ाइन एवं निर्माण :

आरएफ गुहिका से युग्मित करने के समय परावर्तित ऊर्जा से उच्च ऊर्जा आरएफ प्रवर्धकों को बचाने हेतु एक परिसंचरण का उपयोग किया गया। यह एक गतिकी स्वीच की तरह कार्य करता है, जिसे डमी लोड की तरफ परावर्तक शक्ति द्वारा भेजा जाता है। एक उच्च ऊर्जा तीन पोर्ट 505.8 MHz आरएफ परिसंचरण की डिज़ाइन, निर्माण एवं परीक्षण किया गया। परिसंचरण का परीक्षण उच्च ऊर्जा पर किया गया, जहां प्रतिगमन (return) क्षय 23 dB से श्रेष्ठ था एवं निवेशन क्षय 0.1 dB से श्रेष्ठ था। यह 25 dB विलगन के साथ 60 kW इनपुट ऊर्जा से प्राप्त हुआ (चित्र. I.B.8.5)।



चित्र. I.B.8.5: 505.8 MHz परिसंचरण का उच्च ऊर्जा आरएफ परीक्षण।

I.C. इण्डस बीमलाइनों का उपयोग एवं उन्नयन :

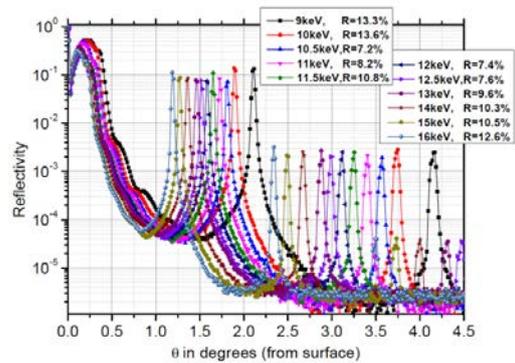
I.C.1. इण्डस बीमलाइनों का उपयोग :

इण्डस-1 में 10 बीमलाइनों एवं इण्डस-2, 6 बीमलाइनों के साथ उपयोगकर्ताओं के लिए राष्ट्रीय सुविधाएं हैं। वर्ष 2017 के दौरान 700 से अधिक उपयोगकर्ताओं ने इस पर प्रयोग निष्पादित किए। 120 शोध-पत्रों का प्रकाशन अन्तर्राष्ट्रीय जर्नलों में किया गया। इन बीमलाइनों का उपयोग करते हुए किए गए कुछ कार्यों का विवरण इस प्रकार है :

आरआरकेट ने भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन एवं भारतीय खगोल भौतिकी संस्थान के सहयोग से खगोलीय अनुप्रयोग हेतु उपयोग किए जाने वाले एकसरे टेलीस्कोप के परावर्तक दर्पण की टंगस्टन/बोरोन कार्बाइड (W/B₄C) की बहुपरतों का निर्माण किया गया (चित्र. I.C.1.1)। चित्र.I.C.1.2 में इन दर्पणों के कार्य निष्पादन का मूल्यांकन ऊर्जा परास 9 keV से 16 keV में इण्डस-2 के BL-16 बीमलाइनों के उपयोग से किया गया। अंतरिक्ष पेलोड के लिए उपयुक्त संहत टेलीस्कोप के विनिर्माण हेतु दर्पण परावर्तकता को उचित पाया गया।



Fig. I.C.1.1: W/B₄C बहुपरतीय एकसरे दर्पण का आरआरकेट में निर्माण।



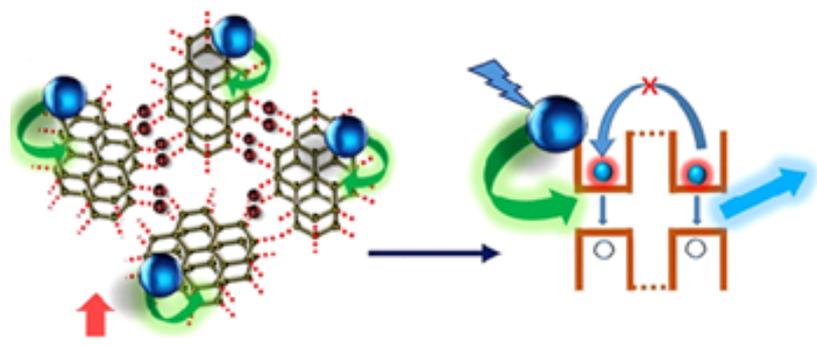
चित्र.I.C.1.2. इण्डस-2 में BL-16 के उपयोग द्वारा ऊर्जा परास 9 से 16 keV में W/B₄C ML ($d = 1.88 \text{ nm}$ एवं $N = 170$) के मापित वक्र।

अनेकों उपयोगकर्ताओं द्वारा संभावित प्रौद्योगिकीय रूचि में विविध पदार्थों के अध्ययन हेतु इण्डस बीम का उपयोग किया गया। कुछ उदाहरण इस प्रकार हैं :

- NiO व Zn के स्थान पर NiO के इलेक्ट्रॉनिक संरचना क्रिस्टल संरचना एवं निर्धारण में पारदर्शी इलेक्ट्रॉनिक्स व प्रतिलोह चुंबक स्पिनट्रॉनिक का अनुप्रयोग : GaN सबस्ट्रेट्स पर ऐपीटेक्सियल NiO परत वृद्धि के लिए स्पंद लेसर निक्षेप का उपयोग किया गया। ऐपीटेक्सियल NiO परत में दो डोमेन संरचना

अनुकूल दिशा के समानांतर [111] $\sim 60^\circ$ इस प्लेन घूर्णन के साथ एक दूसरे से संबंधित है। इण्डस-2 की BL-09 में Zn के स्थान पर NiO के एक अन्य अध्ययन में प्रतिशत प्रतिस्थापन के साथ Ni-O एवं Zn-O बॉण्ड लम्बाई के परिवर्तन को EXAFS मापन के उपयोग से निर्धारित किया गया। इन अध्ययनों द्वारा $\sim 30\%$ Zn प्रतिस्थापन, Zn के स्थान पर NiO में चरणबद्ध पृथक्करण क्रियाविधि के बारे में जानकारी मिली है।

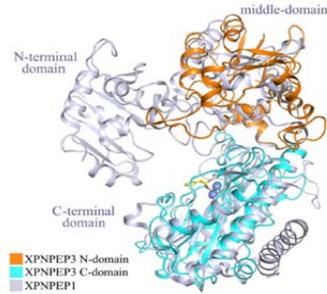
- मेमोरी डिवाइसेस के लिए कोबाल्ट आधारित फेराइट की इलेक्ट्रॉनिक संरचना एवं क्रिस्टल संरचना का निर्धारण BL-01 इण्डस-2 में ऑक्सीजन के K-एज व TM (Fe एवं Co) $L_{2,3}$ एज एक्सरे अवशोषण के उपयोग से $Co_{1.5}Fe_{1.5}O_4$ के इलेक्ट्रॉनिक गुणधर्मों का भी अध्ययन किया गया, जहां निम्न ताप चुंबक मापन ने दो स्पष्ट पृथक पीनन केन्द्र के साथ चुंबक-क्रिस्टलीय विषमदैशिकता (Anisotropy) दर्शायी है।
- सौर सेल अनुप्रयोग हेतु मेटल अंतर्संबद्ध ग्राफीन क्वांटम डॉट्स की उच्च चालकता एवं कुशल प्रकाश संदीप्ति की उत्पत्ति का अध्ययन (चित्र.I.C.1.3): ग्राफीन आधारित क्वांटम डॉट्स, जो धातु (Zn) व ऑक्सीजन आयन से जुड़े हैं, का नीले प्रकाश के उत्पादन के लिए प्रकाशिक संक्रमण की प्रकृति को समझने हेतु संश्लेषित किया गया, वृहत प्रकाशिक चालकता एवं अत्यधिक निम्न विद्युत प्रतिरोधकता का प्रेक्षण BL-09 (Zn एज पर अतिवेधी एक्सरे क्षेत्र में) एवं BL-01 (ऑक्सीजन एवं कार्बन एजेज के अल्पवेधी एक्सरे क्षेत्र में) पर एक्सरे अवशोषित मापन कार्य पूरा कर लिया गया, व धातु माध्यम से वृद्धि प्रक्रिया के लिए क्वांटम रसायन गणना ने स्पष्ट प्रमाण उपलब्ध कराए हैं। उत्पन्न ग्राफीन क्वांटम डॉट ठोस को अनुनाद ऊर्जा स्थानांतरण अंतःक्रिया से गुजरने से उसके द्वारा 440 nm पर नीले क्षेत्र में अत्यधिक बड़ी मात्रा में 36% प्रकाश संदीप्ति (PL) क्वांटम उत्पाद दर्शाया गया।



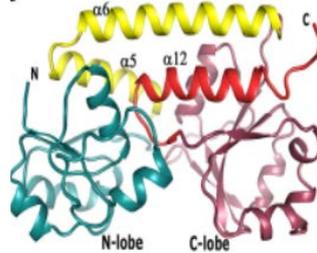
चित्र. I.C. 1.3: धात्विक परमाणु आधारित अंतर्संबद्ध ग्राफीन क्वांटम डॉट्स की संरचना व उच्च दक्षता प्रकाश संदीप्ति उत्पादन की व्यवस्थित प्रक्रिया।

- ताप विद्युत डिवाइसेज के लिए अर्धचालक अंतर धातुक एलॉय $FeGa_3$ की इलेक्ट्रॉनिक संरचना का निर्धारण एवं Ca_3FeAlO_5 के ऋणात्मक तापीय विस्तार का अध्ययन : संयुक्त उच्च दाब XRD व प्रथम सैद्धांतिक घनत्व कार्यात्मक सिद्धांत (DFT) आधारित इलेक्ट्रॉनिक संरचना की गणना $FeGa_3$ के लिए परिवेशी एवं उच्च दाब पर इसके इलेक्ट्रॉनिक एवं संरचनात्मक गुणधर्मों को समझने हेतु निष्पादित की गई। $FeGa_3$ के अवस्था समीकरण को BL-11 इण्डस-2 में किए गए उच्च दाब XRD मापन से प्राप्त किया गया, जिसने सैद्धांतिक गणना के साथ उपयुक्त होना दर्शाया है।

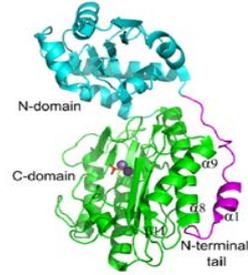
- प्रोटीन क्रिस्टलोग्राफी बीमलाइन का उपयोग अनेकों प्रोटीन की क्रिस्टल संरचना के निर्धारण हेतु किया जाता है। उनमें से प्रमुख हैं: मानव एमीनोपेप्टिडेज XPNPEP3 प्रोटीन जिसकी सिस्टिक किडनी रोगों में विशिष्ट भूमिका है, टाइप III पेरीप्लाज्मिक प्रोटीन ((VcFhuD, VcHutB)) जिसकी जानकारी से कुछ निश्चित दवा प्रतिरोधक रोगमूलक आधारित रोगों व Xaa-Pro व डायपेप्टिडेज (चित्र.I.C.1.6) के उपचार के विकास में मदद मिलेगी। जो कि सभी जीवित प्राणियों में पाया जाता है एवं ऐसा कहा जा सकता है कि प्रोलाइन उपापचय में यह महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।



चित्र.I.C.1.4: XPNPEP3 व XPNPEP1 मोनोमर्स की संरचनात्मक अध्यारोपण।



चित्र.I.C.1.5: apo-VcFhuD की संरचना।



चित्र.I.C.1.6: XPDxc टर्मिनल अंतर्क्रिया व डोमेन संगठन।

I.C.2. इण्डस बीमलाइनों का उन्नयन :

कुछ इण्डस बीमलाइनों का उन्नयन उपयोगकर्ताओं के लिए अधिक चुनौतीपूर्ण एवं अभिनव प्रयोगों को निष्पादित करने के लिए किया गया है। इनमें से कुछ प्रमुख सुधार इस प्रकार हैं :

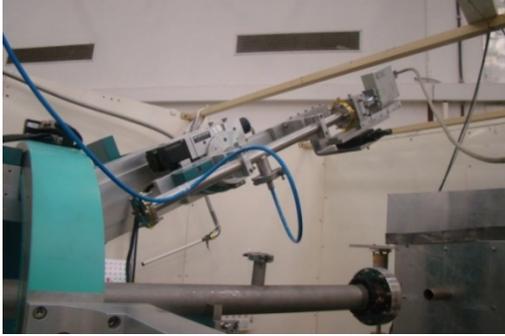
- इण्डस-1 में p-ध्रुवण मापन प्रणाली लागू कर अल्पवेधी एक्सरे परावर्तकता बीमलाइन का उन्नयन किया गया है। यह ज्यामिति बहुत सी शोध संबंधी कठिनाईयों के लिए उपयोगी है जैसे जटिल, कार्बनिक तनु फिल्म के आणविक अभिविन्यास, अल्पवेधी एक्सरे/VUV क्षेत्र में प्लाज्मोनिक उत्तेजन अध्ययन के अनुप्रयोग एवं ध्रुवण संवेदी एक्सरे बहुपरत प्रकाशिकी विकास हेतु घरेलू संसाधनों के उपयोग बहुपरतीय अनुसंधान कार्यक्रम। (चित्र.I.C.2.1.)।



चित्र.I.C.2.1: BL-04 (इण्डस-1)बीमलाइन में p-ध्रुवणका दृश्य।

- एंगल प्ररिक्षेपी XRD बीमलाइन का उन्नयन संसूचन की तरफ निकासी फ्लाइट नलिका को लगाकर किया गया। इससे निम्न आपतित ऊर्जा विवर्तन नमूनों के मापन को सक्षम बनाने, जिससे प्रौद्योगिकीय महत्व की 3D धातु जैसे लोहा, कोबाल्ट, निकल इत्यादि के अध्ययन में मदद मिलेगी। चित्र. I.C.2.2. में हटायी

गयी फ्लाइट नलिकाओं में स्थापना को दर्शाया है। 7 keV पर Fe तनु फिल्म (~30 nm मोटाई) के लिए निष्पादित ग्रेजिंग घटना XRD द्वारा इस प्रणाली का परीक्षण किया गया। इसमें अवशोषण (वायु में) एवं प्रकीर्णन के कारण बगैर फ्लाइट नलिका के कोई प्रतिरूप नहीं पाया। फ्लाइट नलिका को एकीकृत करने (चित्र. I.C.2.3) के पश्चात् ही संकेत में सार्थक वृद्धि देखी गई।



चित्र.I.C.2.2. निष्क्रमण व्यवस्था के साथ संसूचन आर्म पर संरेखित फ्लाइट नलिका का छायाचित्र।

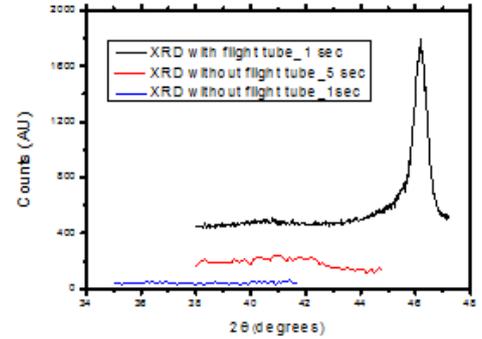


Fig.I.C.2.3. Fe तनु फिल्म (~30 nm मोटाई) पर फ्लाइट नलिका के और उसके बगैर GIXRD प्रतिरूप।

- पिछले एक दशक से इण्डस-1 परावर्तकता बीमलाइन में उपयुक्त टोरोइडल दर्पण कार्बन जमाव के कारण गंभीर रूप से अत्यधिक संदूषण हो गया था जिससे परावर्तकता बहुत कम हो गयी थी। लगातार उपयोग से परावर्तकता बीमलाइन एवं परावर्तकता विकृति हो गयी थी। घरेलू संसाधनों से निर्मित आरएफ स्पटरिंग सुविधा के उपयोग से दर्पण को साफ किया गया। इसके कारण टोरोइडल दर्पण की प्रचालन अवधि में दो गुना से भी अधिक की बढ़ोतरी हुई। इस वजह से नये आयात किए जाने वाले दर्पण खर्च में (~ ₹ 20 लाख तक) की राशि की बचत हुई।
- इण्डस-2 में दो फ्रंटएंड जिसमें एक BL-05 के लिए एवं दूसरा BL-10 बीमलाइनों के लिए डिज़ाइन, निर्माण एवं उसे चालू कर 150 mA बीमधारा तक प्रचालित किया गया। इन फ्रंटएंड में विशेषतौर पर डिज़ाइन किए गए वॉटर कूल्ड शटर्स, सेफ्टी शटर्स, वॉटर कूल्ड मास्क, वॉटर कूल्ड बीम-व्यूअर जो अत्यधिक उच्च तापीय फ्लक्स घनत्व के साथ ताप भार 2.5 kW के हस्तन में समर्थ है, का समावेश है। दोनों फ्रंटएंड के सभी प्रमुख घटकों का निर्माण स्वदेशी साधनों से आरआरकेट में ही किया गया है। BL-10 बीमलाइनों की सद्ूर नियंत्रण प्रणाली को भी सफलतापूर्वक विकसित किया गया है।

II. त्वरक प्रौद्योगिकी :

II.1. 650 MHz ($\beta=0.92$) पांच-सेल नायोबियम अतिचालक रेडियो आवृत्ति गुहिका का निर्माण :

650 MHz ($\beta=0.92$) पांच-सेल अतिचालक रेडियो आवृत्ति गुहिका के प्रोटोटाइप का विनिर्माण किया गया है (चित्र.II.1)। यह देश में निर्मित की गई पहली 5-सेल, उच्च बीटा, 650 MHz गुहिका है। इसके निर्माण में उच्च श्रेणी परिशुद्धता नायोबियम शीट से दो अर्द्धसेलों का निर्माण, निर्मित घटकों का मशानीकरण, एंडग्रुप हिस्सों का मशीनीकरण, इलेक्ट्रॉन बीम वेल्डिंग के उपयोग से अर्द्धसेलों एवं एंडग्रुप घटकों को जोड़ने का कार्य शामिल है।

बहुत ही उच्च Q के कारण अतिचालक रेडियो आवृत्ति गुहिकाएं ज्यामितिक परिवर्तन के प्रति अत्यधिक संवेदी होती हैं। इसके लिए संविरचन के प्रत्येक चरण पर इसके नियंत्रण हेतु पूर्व सावधानी रखना बहुत ही आवश्यक है। अतिचालक रेडियो आवृत्ति गुहिकाओं के पूर्ण होने से पूर्व इन्हें विभिन्न परीक्षणों एवं योग्यता जांचों से गुजरना होता है। टेबल 1 में परिणाम इस प्रकार हैं।

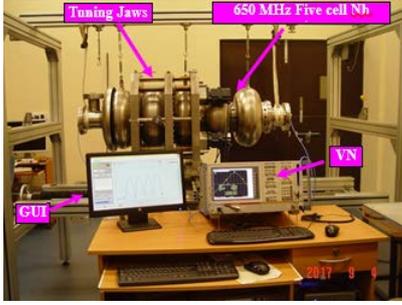


चित्र. II. 1: आरआरकेट में निर्मित पहली 650 MHz ($\beta=0.92$) पांच-सेल अतिचालक रेडियो आवृत्ति गुहिका।

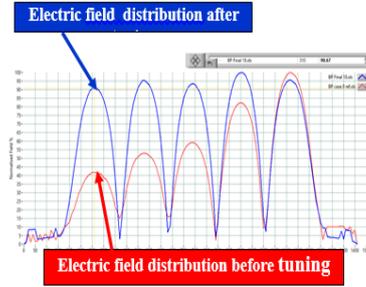
पैरामीटर	लक्ष्य	उपलब्धि
गुहिका लंबाई (mm)	1400.25 \pm 3	1403.942
π 300 K पर मोड आवृत्ति (MHz)	649.592 \pm 0.5	649.5922
निर्वात परीक्षण रिसाव दर (mbar.lit./sec)	$< 1 \times 10^{-11}$	$< 1 \times 10^{-11}$
<i>टेबल. 1: यांत्रिक, RF एवं रिसाव परिणाम।</i>		

II.2. पांच-सेल 650 MHz अतिचालक रेडियो आवृत्ति गुहिकाओं की ट्यूनिंग के लिए देश में निर्मित अर्द्धस्वचालित गुहिका ट्यूनिंग मशीन :

1.3 GHz अतिचालक रेडियो आवृत्ति गुहिका (चित्र. II.2.1) के लिए निर्मित ट्यूनिंग मशीन के पूर्व अनुभव का लाभ उठाते हुए एक अर्द्धस्वचालित गुहिका ट्यूनिंग मशीन की डिज़ाइन एवं निर्माण पांच-सेल 650 MHz अतिचालक रेडियो आवृत्ति गुहिकाओं की ट्यूनिंग हेतु किया गया। नायोबियम निर्मित पांच-सेल 650 MHz अतिचालक रेडियो आवृत्ति गुहिका को मशीन द्वारा ट्यून किया गया। इसका निर्माण 1.3 GHz अतिचालक रेडियो आवृत्ति गुहिका के लिए पूर्व में निर्मित ट्यूनिंग मशीन के अनुभव पर आधारित था। आवेशित कणों हेतु सफल त्वरण के लिए यह आवश्यक है कि मल्टी-सेल अतिचालक रेडियो आवृत्ति गुहिका के प्रत्येक सेल में समान विद्युत क्षेत्र हो। गुहिका अनुनाद आवृत्ति भी आरएफ आपूर्ति आवृत्ति के साथ मिलाने हेतु आवश्यक है। इस मशीन का डिज़ाइन एवं निर्माण स्वदेशी संसाधनों से कक्ष तापमान पर आवश्यक अनुनादित आवृत्ति एवं फील्ड प्लेटनेस ($\geq 90\%$) प्राप्त करने हेतु किया गया है। एक सॉफ्टवेयर को भी विकसित किया है, जो गुहिका के प्रत्येक सेल के लिए आवश्यक आवृत्ति सुधार की गणना करेगा। इस गुहिका की अनुनादित आवृत्ति 649.615 MHz से 649.264 MHz परिवर्तन करने से फील्ड प्लेटनेस 42% से 90.6% बेहतर हो गई (चित्र. II.2.2)।



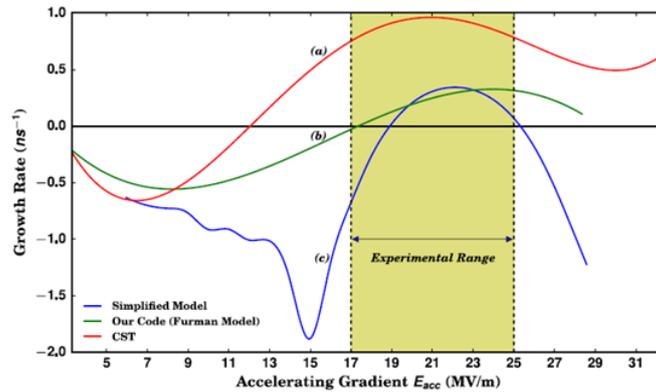
चित्र. II.2.1: 650 MHz SCRF गुहिका।



चित्र. II.2.2: सामान्य विद्युत क्षेत्र वितरण (ट्यूनिंग के पूर्व एवं बाद में)।

II.3. अतिचालक दीर्घवृत्तीय गुहिकाओं में मल्टीपेकिंग अध्ययन हेतु कम्प्यूटर कोड का विकास :

मल्टी-पेकिंग एक बहुत ही महत्वपूर्ण कार्यनिष्पादन प्रतिबंधक घटना है, जिसका सामना उच्चतर त्वरण प्रवणता पर अतिचालक रेडियो आवृत्ति (SRF) प्रचालन में होता है। इस घटना को रोकने हेतु कम्प्यूटर अनुकरण अनिवार्य है, ऐसे में गुहिका आकार का उचित तरीके से परिष्करण कर टाला जा सकता है। SCRF दीर्घवृत्तीय गुहिकाओं में मल्टी-पेकिंग के कार्यनिष्पादन सीमा परिघटना अनुकरण के लिए बेंचमार्क एवं कम्प्यूटर कोड को विकसित किया गया है (चित्र. II.3)। यह कोड कम्प्यूटर गणना में बहुत ही कम समय लेगा एवं कम्प्यूटर कोड्स में उपयोग की जा रही वर्तमान कम्प्यूटर मेमोरी की तुलना में कम मेमोरी की आवश्यकता होगी। इसके अतिरिक्त मल्टी-पेकिंग वृद्धि दर की तीव्र गणना के लिए सरल मॉडल भी बनाया गया है। मल्टी-पेकिंग की वृद्धि दर का आलेखन (चित्र. II.3) TESLA 1.3 GHz दीर्घवृत्तीय गुहिका हेतु (a) व्यावसायिक रूप से उपलब्ध कोड (CST), (b) हमारे कोड एवं (c) सरल मॉडल के उपयोग से त्वरण प्रवणता प्रकार्य के रूप में किया गया। विकसित सॉफ्टवेयर आयात किए जाने वाले खर्चीले व्यावसायिक सॉफ्टवेयर का अच्छा विकल्प है।



चित्र. II.3: अतिचालक दीर्घवृत्तीय गुहिकाओं में मल्टी-पेकिंग अध्ययन हेतु कम्प्यूटर कोड का स्वदेशी विकास।

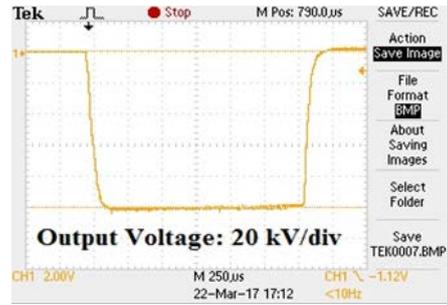
II.4. उच्च औसत ऊर्जा अनुप्रयोगों के लिए मॉड्यूलों का निर्माण :

100 kV, 20 A, क्षमता का संहत पूर्ण ठोस अवस्था दीर्घ स्पंद परिवर्तन मॉड्यूलक व मार्क्स मॉड्यूलक (चित्र. II.4.1) का निर्माण एवं परीक्षण भारतीय स्पेलेशन न्यूट्रॉन स्रोत (ISNS) के लीनेकों के प्रचालन हेतु निम्न स्पंद पुनरावृत्ति दर डमी प्रतिरोधक भार पर किया गया (चित्र. II.4.3)। एक दीर्घ स्पंद मॉड्यूलक में उच्च आवृत्ति स्वीच परिवर्तक ($f_s=20$ kHz) उच्च वोल्टता, उच्च आवृत्ति ट्रांसफॉर्मर, तीव्र छः स्पंद परिशोधक व फिल्टर का समावेश है। परिवर्तक PLR टोपोलाजी (topology) पर आधारित है, जो स्वाभाविक रूप से उच्च वोल्टता प्राप्ति प्रदान करता है, जो गुणवत्ता तथ्यों (Q) पर निर्भर है। प्राथमिक परिवर्तक इकाई के लिए 'फेज शिफ्ट

नियंत्रित अपनाई गयी है। इस योजना का अद्वितीय लाभ यह है कि इसकी 120 kHz की उच्च उत्पादन उर्मिका (रिपल) आवृत्ति है, जो की मूल स्वीचिंग आवृत्ति (20 kHz) की छः गुना अधिक है। 100 kV पर परिवर्तक मॉड्यूलक के लिए, $\pm 1\%$ ड्रॉप प्राप्त की गई है (चित्र. II.4.2)। मार्क्स मॉड्यूलक में दो इकाईयों का संयोजन है, जिनमें मुख्य मार्क्स इकाई एवं संशोधक मार्क्स इकाई है। मुख्य मार्क्स इकाई 100 kV मूल स्पंद उत्पादित करती है, जबकि संशोधन मार्क्स इकाई मॉड्यूलक को विचलित ट्रिगर द्वारा झुकाव (droop) की क्षतिपूर्ति कर देती है। मार्क्स परिवर्तन के लिए आउटपुट ड्रॉप 100 kV पर $\pm 0.5\%$ थी।



चित्र II.4.1: मॉड्यूलक प्रणाली का छायाचित्र।



चित्र. II.4.2: 100 kV पर मॉड्यूलक उत्पादित वोल्टता तरंग का रूप।



चित्र. II.4.3: मार्क्स मॉड्यूलक का छायाचित्र।

II.5. 50 लीटर/घंटा स्वदेशी हीलियम द्रावित्र के लिए ब्रेज्ड एल्यूमीनियम प्लेट फिन ताप विनिमायक का निर्माण :

एक संहत ब्रेज्ड एल्यूमीनियम प्लेट फिन ताप विनिमायक (चित्र. II.5) का निर्माण स्थानीय विक्रेता की मदद से 50 लीटर/घंटा स्वदेशी हीलियम द्रावित्र के प्रचालन हेतु किया गया। इस क्रम में छः ताप विनिमायकों को हीलियम द्रावित्र में एकीकृत किया गया एवं परीक्षण कार्य प्रगति पर है। इस निर्माण से मध्यम आकार के हीलियम द्रावित्रों के आयात प्रतिस्थापन में मदद मिलेगी।



चित्र. II.5 : ब्रेज्ड एल्यूमीनियम प्लेट फिन ताप विनिमायक।

II.6. क्रायो-मॉड्यूल प्रौद्योगिकी के उपयोग से फलों एवं सब्जियों के भंडारण एवं परिवहन के लिए स्वदेशी अवधारणा :

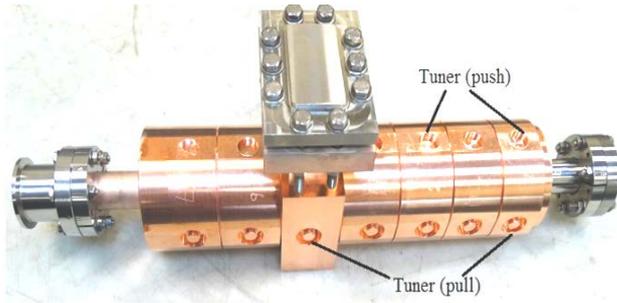
द्रव नाइट्रोजन के उपयोग से फलों एवं सब्जियों के भंडारण एवं परिवहन संबंधी विधि की अवधारणा पर विचार किया गया (Fig. II.6)। इस प्रणाली का परीक्षण $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ से $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ तापमान के बीच किया गया। इस प्रणाली के बारे में आशा की जाती है कि इसका लाभ सरल निर्माण प्रक्रिया एवं कम प्रचालन लागत में होगा।



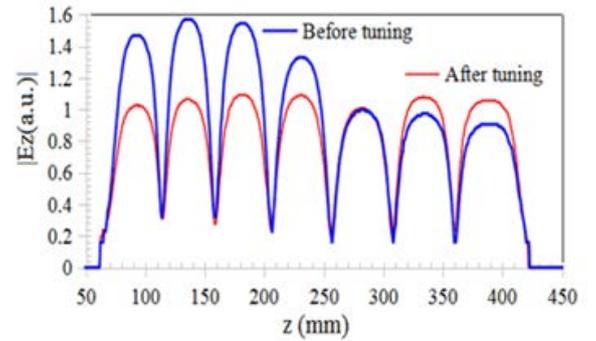
चित्र. II.6: रीफर अनुप्रयोगों हेतु नाइट्रोजन चालित शीत कैप्सूल का टेबल टॉप वर्जन।

II.7. अवरक्त मुक्त इलेक्ट्रॉन लेसर (IR-FEL) निर्माण :

S-बैंड सात-सेल (चित्र. II.7.1) उर्ध्वतरंग त्वरक बंचर की डिज़ाइन, निर्माण एवं वांछित आरएफ पेरामीटर्स के साथ फील्ड फ्लेटनेस $< 3\%$ पर ट्यून किया गया एवं यह निम्न एवं उच्च ताप परीक्षण में भी सफल हुआ। इस बंचर की डिज़ाइन 90 keV इलेक्ट्रॉन बीम से $\sim 20\text{ ps}$ तक बंच करने एवं 1.5 MeV तक त्वरित करने हेतु की गई। बंचर डिज़ाइन एवं ट्यूनिंग के लिए न्यूनतम कम्प्यूटर संसाधनों के उपयोग से एवं विश्रांत संविरचन के सह्यता के साथ एक एल्गोरिद्म का निर्माण किया गया। इस एल्गोरिद्म के उपयोग से $< 3\%$ की फील्ड फ्लेटनेस के साथ 2856 MHz की अनुनादी आवृत्ति से बंचर को सफलतापूर्वक ट्यून किया गया। बंचर का फील्ड प्रोफाइल ट्यूनिंग के पूर्व एवं ट्यूनिंग के बाद (चित्र. II.7.2) में दर्शाया गया है।

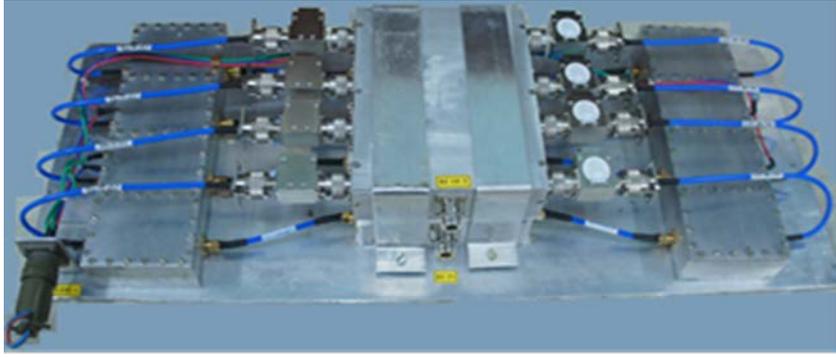


चित्र. II.7.1: सात-सेल त्वरित बंचर का चित्र।



चित्र. II.7.2: बंचर में पहले (नीला) एवं बाद (लाल) में फील्ड प्रोफाइल।

एक ठोस अवस्था ऊर्जा प्रवर्धक का निर्माण अवरक्त मुक्त इलेक्ट्रॉन लेसर (चित्र II.7.3) के अंतःक्षेपण लिनेक के एस-बैंड प्री-बंचर के लिए किया गया। यह प्रवर्धक $2856\text{ MHz} \pm 5\text{ MHz}$ पर स्पंद चौड़ाई $15\text{ }\mu\text{s}$ के साथ व 50 Hz तक की पुनरावृत्ति दर पर 2 kW तक शीर्ष ऊर्जा प्रदान करता है। प्रवर्धक की संतृप्त सीमा 9 dB है।



चित्र. II.7.3: IRFEL अंतःक्षेपण लिनेक प्री-बंचर के लिए 2 kW ठोस अवस्था प्रवर्धक।

II.8. लिनेक के लिए मल्टी-कस्प H⁻ आयन स्रोत एवं उच्च शक्ति परिवहन लाइन की डिज़ाइन एवं निर्माण :

फिलामेंट आर्क निस्सरण आधारित मल्टी-कस्प H⁻ आयन स्रोत की स्वदेशी डिज़ाइन एवं निर्माण SNS अनुप्रयोगों के लिए H-लिनेक के फ्रंटएंड के अंतःक्षेपण के रूप में प्रयोग कर त्वरण वोल्टता -50 kV DC पर स्पंद मोड में 100 एम्पीयर धारा आर्क निस्सरण धारा के साथ 12 mA शीर्ष H⁻ आयन बीम धारा को प्राप्त करने हेतु किया गया (चित्र. II.8)। एक उच्च वोल्टता प्रज्वालक इलेक्ट्रॉड का निर्माण मल्टी-कस्प प्लाज्मा के भीतर पार्श्व दीप्ति निस्सरण हाइड्रोजन प्लाज्मा उत्पन्न करने हेतु किया गया। H⁻ आयन बीम को भूतल इलेक्ट्रॉड के संबंध में -50 kV DC विभव पर प्लाज्मा कक्ष को फ्लोटिंग द्वारा त्वरित किया गया। आयन स्रोत का प्रचालन स्पंद आर्क मोड में 2 Hz पुनरावृत्ति दर व 0.5 ms स्पंद अवधि एवं निष्कर्षित 3-इलेक्ट्रॉड निष्कर्षण प्रणाली के उपयोग से किया गया। सद्ूर प्रचालन नियंत्रण प्रणाली का विकास एवं परिनियोजित किया गया।



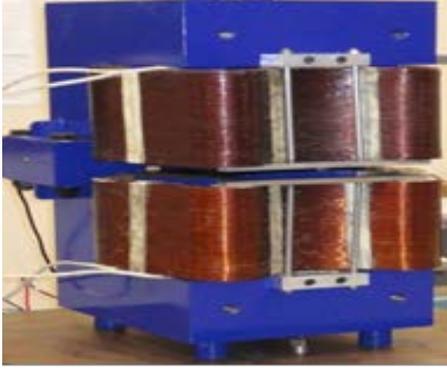
चित्र. II.8: प्रोटीन लिनेक स्वदेशी निर्मित फिलामेंट आर्क निस्सरण मल्टी-कस्प H⁻ आयन स्रोत का अग्र-दृश्य।

1 GeV, 1 MW H⁻ बीम को अंतःक्षेपण लिनेक के निकास से संचयन वलय के अंतःक्षेपण बिन्दु तक जोड़ने हेतु एक उच्च शक्ति बीम परिवहन लाइन (HEBT) डिज़ाइन की गई है। इस डिज़ाइन से यह सुनिश्चित किया गया कि अनियंत्रित बीम क्षय 1 nA/m के भीतर ही हो, जिससे त्वरक का प्रत्यक्ष अनुरक्षण संभव हो सकेगा।

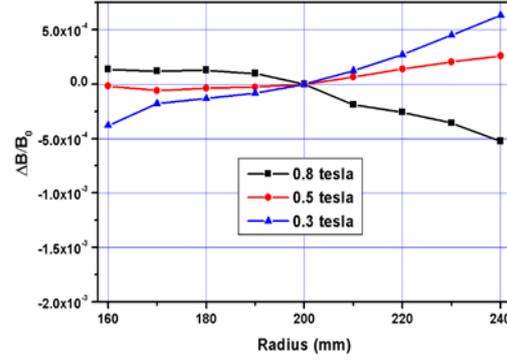
II.9. द्रव्यमान स्पेक्ट्रममापी के लिए चुंबकों का निर्माण :

आरआरकेट द्वारा विभिन्न बेंडिंग त्रिज्या व फील्ड वेल्यू के साथ लगभग दस द्विध्रुव चुंबकों की डिज़ाइन तैयार कर उसका निर्माण किया है और चुंबकों की आपूर्ति द्रव्यमान स्पेक्ट्रममापी निर्माण हेतु तकनीकी भौतिकी प्रभाग, BARC को की गई है। हाल ही में 200 mm बेंडिंग त्रिज्या वाले (चित्र. II.9.1) 0.8 टेस्ला द्विध्रुव चुंबक की आपूर्ति BARC को की गई है। जो कि 3×10^{-4} त्रिज्य चुंबकीय फील्ड एकरूपता वाले त्रिज्य चुंबकीय क्षेत्र

प्रदान करने में सक्षम है। 0.3 T, 0.5 T व 0.8 T क्षेत्र को हॉल प्रोब ($\Delta B/B_0$) के उपयोग से मापित चुंबकीय क्षेत्र एकरूपता को चित्र . II. 9.2 में दर्शाया गया है।



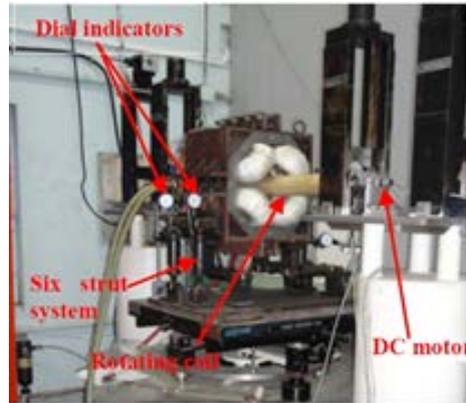
चित्र. II.9.1: 200-आर मास विश्लेषक द्विध्रुव चुंबक।



चित्र. II.9.2: द्विध्रुव चुंबक में मापित क्षेत्र एकरूपता।

II.10. घूर्णी/कुंडली (coil) आधारित चुंबकीय मापन प्रणाली का स्वदेशी संसाधनों से निर्माण :

चतुर्ध्रुवी एवं सेक्सट्रपोल चुंबकों के अभिलक्षणन हेतु एक घूर्णी/कुंडली आधारित मापन प्रणाली (चित्र. II.10) का विकास किया गया। इस मापन प्रणाली में सात त्रिज्य कुंडली की घूर्णी/कुंडली अभिवाह मापन के लिए कुंडली एसेम्बली को घमाने हेतु डीसी मोटर, जो बढ़ते हुए इनकोडर के व अन्य एंड व डिजिटल इन्टीग्रेटर से जुड़े हैं, का समावेश है। इस प्रणाली में चुंबकीय मापन के परिणामों को आयातित प्रणाली के परिणामों के अनुरूप पाया गया है। मापित डेटा की पुनरुत्पादकता को 1×10^{-4} के अंदर ही पाया गया। द्रुत संशोधक चुंबक (40 सं.) संयुक्त प्रकार्य चतुर्ध्रुवी व नई सेक्सट्रपोल चुंबकों का अभिलक्षणन इस बेंच के साथ किया गया एवं इसे इलेक्ट्रॉन के द्रुत कक्षीय संशोधन हेतु इण्डस-2 वलय में अधिष्ठापित किया गया है।



चित्र. II.10: स्वदेशी संसाधनों से निर्मित घूर्णी/कुंडली आधारित चुंबक मापन प्रणाली।

II.11. सूक्ष्म नियंत्रक आधारित प्रतिलोमित मेग्नेट्रॉन गेज नियंत्रक का निर्माण :

स्विचमोड विद्युत आपूर्ति (SMPS) के साथ एक सूक्ष्म नियंत्रक आधारित प्रतिलोमित मेग्नेट्रॉन गेज नियंत्रक की डिज़ाइन एवं निर्माण स्वदेशी संसाधनों से किया गया। यह SMPS 3.3 kV, 100 μ A को गेज हेड को ऊर्जा प्रदान करने की क्षमता रखता है। नियंत्रक का परीक्षण 10^{-5} से 5×10^{-11} mbar परास में दाब मापन हेतु किया गया। यह एक महत्वपूर्ण विकल्प है एवं इसे गेज के अंशांकन हेतु स्थापित किया जाएगा।

II.12. कृषि विकिरण संसाधन सुविधा (ARPF) हेतु उपप्रणालियों का विकास :

एक 10 MeV लिनेक को कृषि उत्पादों के किरणन हेतु पहले ही देवी अहिल्या बाई होल्कर, फल एवं सब्जी मण्डी, इन्दौर के पास ARPF स्थान पर स्थापित किया जा चुका है। दूसरे लिनेक को अंतिम परीक्षण हेतु ले जाया जाना है। तीसरे 10 MeV इलेक्ट्रॉन लिनेक की त्वरण संरचना का संविरचन किया जा चुका है। इस लिनेक के सभी मुख्य घटकों को परिशुद्धता से मशीनीकृत एवं निर्वात ब्रेज्ड (चित्र.II.12.1) किया गया है। त्वरण संरचना का $< 10^{-10}$ mbar lit/s रिसाव दर पर रिसाव परीक्षण किया गया है। इस लिनेक की माइक्रोवेव प्रणाली एवं इलेक्ट्रॉन गन का भी निर्माण किया गया है। इसी तरह की एक और प्रणाली भी ARPF स्थल पर स्थापित कर दी गई है (चित्र. II.12.2)।

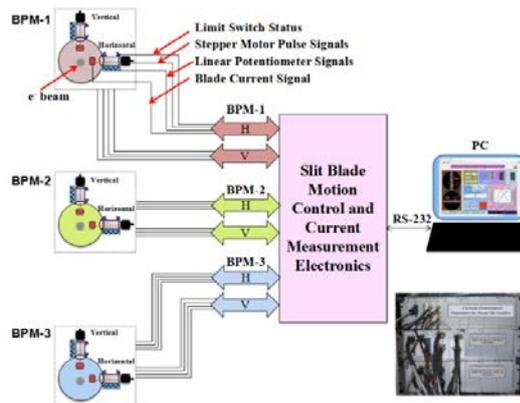


चित्र. II.12.1: सम्पूर्ण 10 MeV संरचना की निर्वात ब्रेजिंग।



चित्र. II.12.2: ARPF स्थान पर स्थापित की गई 6.0 MW सूक्ष्मतरंग (microwave) प्रणाली एवं इलेक्ट्रॉन गन का छायाचित्र।

एक बीम प्रोफाइल मापन प्रणाली को आरआरकेट में विकसित कर औद्योगिक लिनेक के इलेक्ट्रॉन बीम के अभिलक्षणन हेतु स्थापित किया गया है। इस प्रणाली में दो चल रेखाछिद्र (slit) ब्लेड एक क्षैतिज दिशा में दूसरी उर्ध्वाधर दिशा में जो कि बीम को अनुप्रस्थीय स्केन करती है। यह रेखाछिद्र ब्लेड बीम एवं विद्युत संकेत अनुपात पर उस गिरने वाले बीम के हिस्से बनाम मापित ब्लेड पोजीशन के आरपार घूमती है। रेखाछिद्र ब्लेड की अवस्था की परिशुद्धता 100 μ m से श्रेष्ठ है। इस प्रणाली के लिए विकसित की गई नियंत्रण इलेक्ट्रॉनिक्स एवं सॉफ्टवेयर ने बीम आकार, बीम प्रोफाइल एवं बीम की स्थिति जैसे पैरामीटर्स की गणना कर उसे प्रदर्शित किया। बीम पोजीशन मॉनीटर के लिए विकसित नियंत्रण एवं प्रक्रमण इलेक्ट्रॉनिक्स के ब्लॉक आरेख को चित्र.II.12.3. में दर्शाया गया है।



चित्र.II.12.3: बीम प्रोफाइल मापन इलेक्ट्रॉनिक्स का ब्लॉक आरेख।

II.13. कृषि एवं पदार्थों अनुसंधान के लिए विभिन्न प्रतिदर्शों का इलेक्ट्रॉन बीम किरणन :

इस वर्ष अनेकों उपयोगकर्ताओं द्वारा इलेक्ट्रॉन बीम सुविधा के साथ कृषि उत्पादों पर किरणन प्रयोगों को पूरा किया गया है। इसमें चावल, मूंगफली, गांठदार कंदों की अनेकों किस्में शामिल हैं (चित्र. II.13.1,2,3)। इन्हें 10 MeV इलेक्ट्रॉन लिनेक के उपयोग से व्यापक डोज परास 20 Gy से 500 kGy में किरणित किया गया। इसके अलावा जैव-खाद प्रतिदर्शों, चिकित्सा प्रतिदर्शों, औषधीय प्रतिदर्शों, जूट फेब्रिक व अर्धचालक पदार्थों को भी विभिन्न प्रयोगों एवं प्रायोगिक अनुप्रयोगों हेतु इलेक्ट्रॉन बीम से किरणित किया गया।

a. कृषि उत्पाद प्रतिदर्श :

- चावल, गेहूँ, दालों एवं फलियों की विभिन्न किस्मों का इलेक्ट्रॉन बीम आधारित उत्परिवर्तन प्रयोगों को 150-300 Grey मात्रा परास में नाभिकीय, कृषि एवं जैव-प्रौद्योगिकी, प्रभाग, BARC, मुंबई; इंदिरा गांधी कृषि विश्वविद्यालय (IGKV), रायपुर एवं छत्तीसगढ़ इंजीनियरिंग महाविद्यालय, दुर्ग (छ.ग.) के लिए पूरा किया गया।
- गांठदार कंद, एक सजावटी फसल (*आरका सुगंधी, केक्सिकन सिंगल*) को भी उत्परिवर्तन पैदावार अध्ययन के लिए 20 – 30 Gy (चित्र. 3) मात्रा परास में ICAR- भारतीय बागवानी अनुसंधान संस्थान, बेंगलूरु।
- मूंगफली की (*Arachis hypogaea L.*) TG-26 किस्म पर उत्परिवर्तन पैदावर हेतु पूर्व में किए गए ई-बीम किरणन प्रयोगों ने बड़े आकार की मूंगफली की उपज प्रदान की है। छठी जेनरेशन के बाद भी उत्परिवर्तन स्थिर पाया गया है।
- इलेक्ट्रॉन बीम के साथ सोयाबीन की कटाई के परिणामस्वरूप पोषकरोधी तत्वों (Trypsin inhibitor) में कमी हुई एवं सोयाबीन बीजों के साथ-साथ सोया आटे में IVPD (*In-vitro* protein digestibility) बेहतर हुई कमी आई।

b. जैव-उर्वरक प्रतिदर्श

राष्ट्रसंत तुकादोजी महाराज (RTM) नागपुर विश्वविद्यालय, नागपुर से उच्च आणविक भार अल्जीनेट एवं चिटोसिन प्रतिदर्शों को 500, 600 एवं 700 kGy मात्रा पर निम्न आणविक भार आकार में इसके निम्नन हेतु किरणित किया गया, जो इसे जल में घुलनशील बनाएगा एवं इसे जैव-उर्वरक पौध की वृद्धि अनुकरण, उपज बढ़ाने, फफूंदनाशी एवं जीवीय तत्वों को निकालने, जिससे पौधे की रोगों के प्रति प्रतिरक्षा में वृद्धि हो सके, के उपयोग में लाया जा सकता है।

c. औषधीय एवं चिकित्सीय प्रतिदर्श

कन्नूर विश्वविद्यालय, कन्नूर, केरल से आयुर्वेदिक औषधीय पौधे 5, 10 व 15 kGy मात्रा पर (*T. terrestris*, *D. gangeticum*, *P. viscida*) किरणन के प्रभाव का अध्ययन सक्रिय घटकों एवं औषधि के भंडारण एवं उपयोग की अवधि के लिए किया गया।

d. चिकित्सा प्रतिदर्श

श्री धनवंतरी फॉर्मोसी महाविद्यालय, किम, सूरत से सियालिक अम्ल प्रतिदर्शों का किरणन सियालिक अम्ल के प्रेरित रोपण के लिए पॉली-केपरो लेक्टोन्स पर 20, 40 व 60 kGy मात्रा परास में चिकित्सीय कारकों के जैवीय अनुकूल इनकेप्सूलेशन के उपयोग हेतु किया गया।

e. जूट फेब्रिक किरणन

जूट फेब्रिक की सतह के खुरदरेपन को बेहतर बनाने हेतु 10, 100 व 250 kGy पर जूट फेब्रिक का इलेक्ट्रॉन बीम किरणन के अंतरापृष्ठीय आसंजन के अध्ययन को थर्मोसेटिंग बहुलकों के साथ पूरा किया गया। यह अध्ययन ICAR- राष्ट्रीय जूट अनुसंधान संस्थान एवं एलाइड फायबर प्रौद्योगिकी, कोलकाता के सहयोग से पूरा किया जा रहा है।

f. अर्द्धचालक पदार्थ

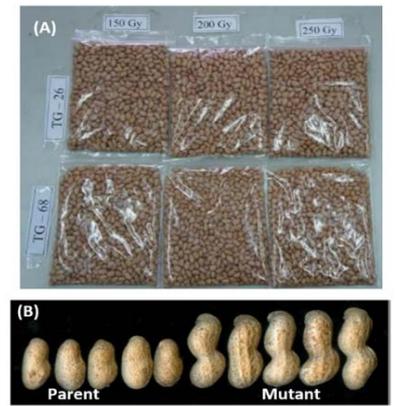
अर्द्धचालक पदार्थों PHPL, PHL, PHP, PEO, PH, PZn, PTi, PL-10, PP, PLC, DE/Vp पावडर व ZnO, TiO₂ का किरणन 8 MeV इलेक्ट्रॉन के उपयोग द्वारा 40, 80, 120 kGy मात्रा पर भौतिक-रसायनिक गुणधर्मों के प्रभाव का अध्ययन करने हेतु किया गया। यह अध्ययन मंगलोर विश्वविद्यालय, कर्नाटक के सहयोग से पूरा किया जा रहा है।



चित्र 13.1.1. चावल का इलेक्ट्रॉनिक बीम किरणन।



चित्र 13.1.2. गांठदार कंद का इलेक्ट्रॉनिक बीम किरणन।



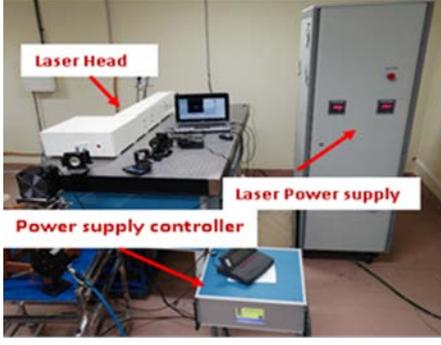
चित्र 13.1.3 (A) ई-बीम किरणित मूंगफली का दाना TG 26 (B) मूल एवं उत्परिवर्तित बड़े आकार की M6 उत्पादन में मूंगफली।

III. लेसर प्रौद्योगिकी

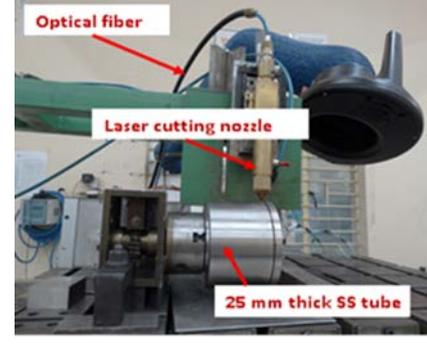
निम्नलिखित लेसरों एवं लेसर आधारित प्रणालियों का विकास औद्योगिक अनुप्रयोगों, नाभिकीय अनुप्रयोगों एवं अनुप्रयुक्त विकास एवं अनुसंधान हेतु किया गया है :

III.1. फायबर युग्मक स्पंद एनडी:याग लेसर प्रणाली का निर्माण कर IGCAR को प्रदान करना :

500 W औसत ऊर्जा एवं स्पंद अवधि 2-20 ms व 1-100 Hz परास में स्पंद आवृत्ति के साथ के 10 kW शीर्ष ऊर्जा प्रदान करने में सक्षम दो युग्मक एनडी:याग लेसर प्रणाली का निर्माण कर उसे IGCAR को किरणित ईंधन एसेम्बलीज की लेसर कटिंग हेतु प्रदान किए गए हैं (चित्र.III.1.1)। विद्युत से प्रकाशिक परिवर्तन दक्षता 5.3% प्राप्त की गई। इन लेसरों की बीम गुणवत्ता लघु व्यास एनडी:याग लेसर रॉड के उपयोग से पहले की अपेक्षा में ~83 मान से अब M² ~54 मान बेहतर हुआ है। इन लेसरों के उपयोग से 25 mm मोटाई की SS ट्यूबों की लेसर कटिंग को भी प्रदर्शित किया गया है (चित्र.III.1.2)।



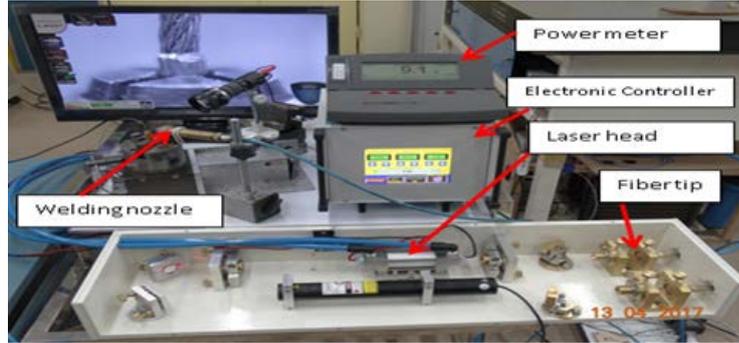
चित्र. III.1.1 500 W एनडी:याग लेसर का व्यवस्थित क्रम।



चित्र. III.1.2. 25 mm मोटाई SS का लेसर कटिंग दृश्य।

III.2. ब्रेकीथेरेपी स्रोत की लेसर वेल्डिंग हेतु एनडी:याग लेसर प्रणाली का विकास :

एक संहत एनडी:याग लेसर प्रणाली का विकास सिंगल लैम्प सिरेमिक रिफ्लेक्टर पम्प कक्ष के साथ किया गया (चित्र. III.2)। यह लेसर अधिकतम 12 J ऊर्जा देने में सक्षम है एवं लेसर स्पंद अवधि 10 ms है। इस लेसर प्रणाली का विकास रेडियोफॉर्मस्यूटिकल प्रभाग, BARC, मुंबई के लिए किया गया है एवं इसका उपयोग आंख एवं प्रोस्टेट कैंसर के ब्रेकीथेरेपी उपचार के लिए रेडियोसक्रिय आयोडीन स्रोत की रिसावरोधी वेल्डिंग हेतु किया गया है। पूर्व में एक ऐसी ही प्रणाली का निर्माण ब्रिट, मुंबई के लिए किया गया, जिसका उपयोग रेडियोसक्रिय इरिडियम स्रोत की वेल्डिंग हेतु किया गया है।



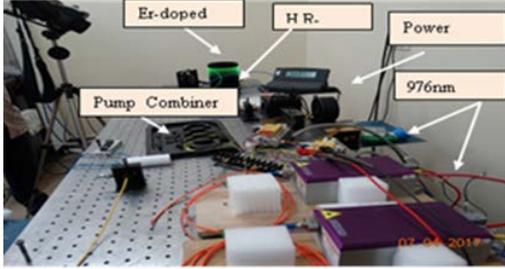
चित्र. III.2: ब्रेकीथेरेपी एसेम्बलीस के लिए घरेलू संसाधनों से निर्मित लेसर वेल्डिंग प्रणाली का दृश्य।

III.3. सर्वांगीण फायबर लेसर का विकास :

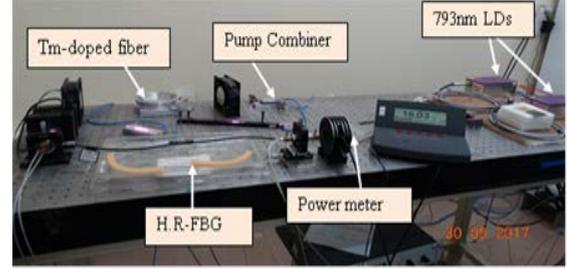
III.3.1. एक 1600 nm पर 25 W ऊर्जा प्रदान करने में सक्षम व लाइन की चौड़ाई ~ 1.5 nm वाला सर्वांगीण फायबर Er-डोपड CW फायबर लेसर विकसित किया गया है (चित्र. III.3.1) इसके विकास में साधारण रूप से उपलब्ध 976 nm तरंगदैर्घ्य वाले पम्प डायोड का उपयोग सामान्यतः उपयोग किए जाने वाले एवं महंगे 1480 nm पम्प डायोड की जगह किया जाता है। Er-डोपड फायबर से प्राप्त उष्मा को वॉटरकूल्ड चरखी (spool) पर कुंडलीकरण (coiling) द्वारा हटाया जाता है। इस लेसर का उपयोग सद्ूर संवेदन दूरी का पता लगाने, त्वचा की शल्य चिकित्सा एवं मुक्त क्षेत्र संचार में किया जा सकता है।

III.3.2. पूर्व में विकसित थूलियम-डोपड ऑल-फायबर CW लेसर की उत्पादित ऊर्जा मल्टीपोर्ट पम्पिंग द्वारा व फायबर घटकों की उन्नत उष्मा निक्षेप के साथ दोगुना किया गया। अब यह लेसर 34 W (चित्र. III.3.2.) ऊर्जा प्रदान करने में सक्षम है। प्रकाशिक से प्रकाशिक रूपांतरण दक्षता ~50% देखी गयी। फायबर कोर से

उत्सर्जित लेसर उत्पादन $12 \mu\text{m}$ एवं एकल अनुप्रस्थ मोड में है। 1940 nm पर उत्पादित लेसर का FWHM तरंग विस्तार $\sim 0.1 \text{ nm}$ है, जो कि आंखों के लिए सुरक्षित है। इसके संभावित उपयोग प्लास्टिक वेल्डिंग एवं सूक्ष्म शल्य चिकित्सा में है।



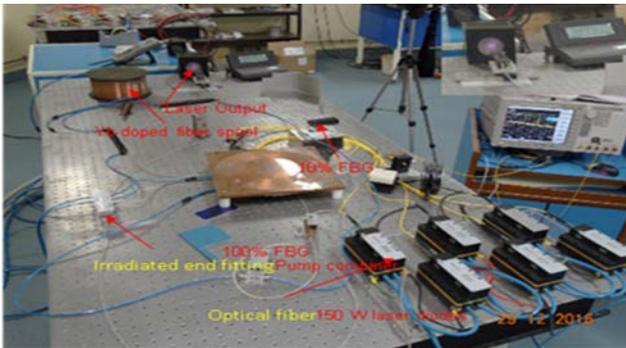
चित्र. III.3.1: Er-फायबर लेसर का टेबल टॉप दृश्य।



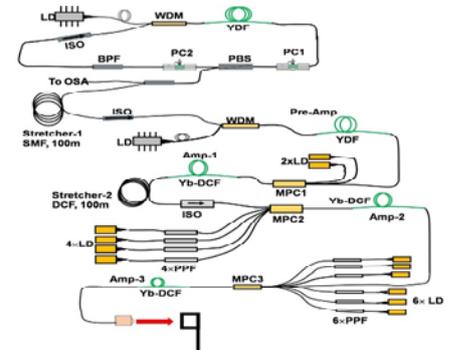
चित्र. III.3.2: ऑल-फायबर थूलियम-डोप्ड CW फायबर लेसर का टेबल टॉप दृश्य।

III.3.3. पूर्व में विकसित किए गए 400 W CW Yb-डोप्ड CW फायबर लेसर की उत्पादन शक्ति को बढ़ाकर लगभग 500 W किया गया (चित्र.III.3.3)। यह विभिन्न फायबर घटकों के 10 गुंथे हुए जोड़ों में हुई कम हानि के विकास में सुधार, गुंथे हुए जोड़ों का स्वस्पंदन पर नियंत्रण के साथ उष्मा प्रबंध के कारण संभव हुआ। बीम गुणवत्ता कारक ~ 1.04 के (M^2) के साथ प्रकाशिक से प्रकाशिक दक्षता $\sim 76\%$ देखी गयी। 1080 nm पर लेसर का तरंग विस्तार $\sim 0.6 \text{ nm}$ है। यह 500 W CW फायबर लेसर 6 mm मोटाई तक की SS में 3 mm तक की गहराई तक की वेल्डिंग कार्य हेतु में उपयोगी होगा।

III.3.4. $\sim 1070 \text{ nm}$ तरंगदैर्घ्य पर ऑल-फायबर पराद्रुत दोलित्प्र-प्रवर्धक प्रणाली, जो कि चित्र III.3.4 में दर्शायी गयी है, का निर्माण किया गया है। दोलित्प्र से प्राप्त उत्पादन बहुचरणों में प्रवर्धित है। मोड लॉकड स्पंद को पहले तनित (stretched) किया गया व तत्पश्चात् पूर्व प्रवर्धक स्तर में प्रवर्धित किया गया। यह लेसर प्रणाली 40 MHz पुनरावृत्ति दर पर 42 W औसत प्रवर्धित ऊर्जा का उत्पादन करती है। प्रवर्धक से प्राप्त स्पंद $\sim 70 \text{ ps}$ अवधि के साथ उच्च चिर्ष है, जिसे बाह्य ग्रेटिंग पेयर प्रबंध में $\sim 250 \text{ fs}$ अवधि तक संपीडित किया जा सकता है। इस लेसर का संभावित अनुप्रयोग सूक्ष्म मशीनीकरण में है।



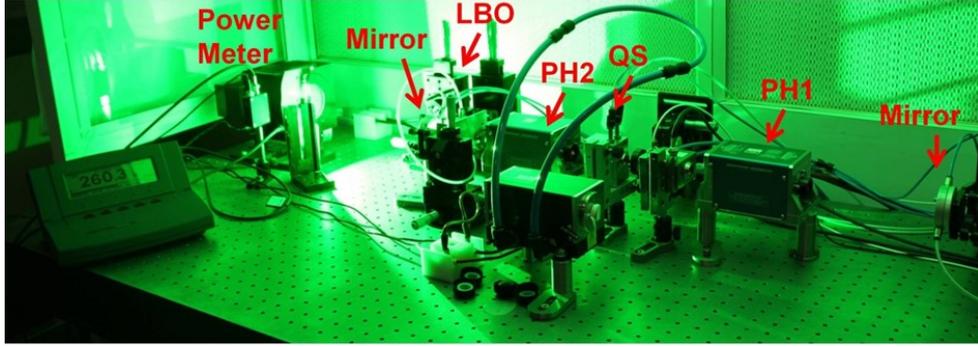
चित्र. III.3.3: घरेलू संसाधनों से निर्मित 500 W CW फायबर लेसर का दृश्य।



चित्र. III.3.4 ऑल-फायबर पराद्रुत दोलित्प्र-प्रवर्धक का व्यवस्थित चित्र।

III.4. 532 nm पर 260 W औसत ऊर्जा उत्पादन :

एक अंतःगुहिका आवृत्ति दोगुना ध्वानिक-प्रकाशिकी Q-स्वीचड एनडी:याग लेसर के प्रयोगशाला मॉडल का निर्माण किया गया है (चित्र. III.4)। यह लेसर 18 kHz पुनरावृत्ति दर पर ~ 73 ns स्पंद उत्पादन करने में सक्षम है। अतः यह 532 nm पर 260 W औसत ऊर्जा प्रदान करेगा। इस लेसर की डिज़ाइन तापीय द्विअपवर्तन क्षतिपूरित लिनियर अनुनादक में दो पम्प शीर्ष के साथ प्रत्येक में पांच स्तरीय सममिति में एनडी:याग लेसर की अनुप्रस्थ पम्पिंग हेतु 30 लेसर डायोड का समावेश है। स्पंद अवधि (FWHM) ~ 73 ns एवं प्रकाशिक से प्रकाशिक रूपांतरण दक्षता 16.8% है। बीम बिन्दु स्थायित्व का मापन ± 2.8 माइक्रो रेड तक की गई है। इस लेसर के संभावित उपयोग उच्च परावर्तकता सामग्री के पदार्थ संसाधन व ट्यूनेबल लेसर की पम्पिंग जैसे डाय लेसर, Ti सेफायर लेसर इत्यादि है।



चित्र. III.4: प्रचालन के तहत 260W डायोड पम्पड ठोस अवस्था हरित लेसर।

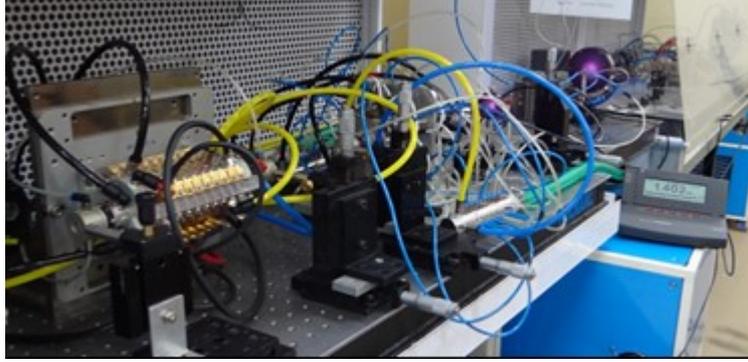
III.5. 6.25 kHz व 9 kHz पर डायोड-पम्पड ठोस अवस्था (DPSS) हरित लेसर के सुनियोजित मॉडल का विकास :

गत वर्ष डायोड-पम्पड ठोस अवस्था (DPSS) हरित लेसर प्रणाली के दो सुनियोजित वर्ज़न का निर्माण कर उन्हें BARC के हॉल-6 में डाय लेसर प्रवर्धक शृंखला की पम्पिंग हेतु स्थापित किए गए। इस वर्ष दो और ऐसे DPSS हरित लेसरों का निर्माण, जो 532 nm पर ~45 W औसत उत्पादन ऊर्जा एवं 6.25 kHz पुनरावृत्ति दर देने में सक्षम है, का स्वदेशी संसाधनों से निर्माण BARC को देने हेतु किया गया (चित्र. III.5)। इस लेसर की स्पंद अवधि 40 ns (FWHM) से भी कम मापी गयी। BARC की आवश्यकताओं को पूरा करने हेतु 9 kHz पर ~45 ns पुनरावृत्ति दर के साथ ~50W औसत ऊर्जा उत्पादन करने वाले DPSS हरित लेसर के एक प्रायोगिक बेंच टॉप मॉडल का निर्माण युग्मक गुहिका विन्यास से किया गया।



चित्र. III.5: प्रचालन अवस्था में दो सुनियोजित डायोड पम्पड हरित लेसर (DPGL 1 एवं DPGL 2)।

III.6. डायोड पम्पड फायबर युग्मक उच्च शक्ति CW एनडी:याग लेसर का विकास : एक मल्टीपल मॉड्यूल डायोड पम्पड फायबर युग्मक उच्च शक्ति CW एनडी:याग लेसर (चित्र.III.6) को विकसित किया गया है। इसकी प्रकाशिक से प्रकाशिक दक्षता 35% एवं 105 मान के M² के साथ इसकी कुल उत्पादन शक्ति 1.92 kW है। इसकी फायबर कपलिंग दक्षता 90% है। इस लेसर के संभावित उपयोग धातु शीट की कटिंग, वेल्डिंग एवं क्लेडिंग में है।



चित्र. III.6: डायोड पम्पड फायबर युग्मक उच्च शक्ति CW एनडी:याग लेसर।

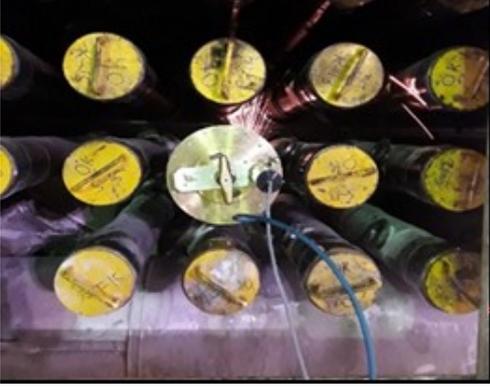
III.7. लेसरों के लिए विविध आपूर्तियों, ट्रिगर जनित्र का निर्माण :

विभिन्न लेसरों एवं उनके अनुप्रयोगों हेतु अनेकों विद्युत आपूर्तियों को विकसित किया गया है। जिनमें शामिल हैं: लेसर शॉक पीनिंग अनुप्रयोग के लिए लेसर दोलित्र में जेनॉन फ्लेश लेम्पस के जोड़े को चलाने हेतु 240 J, 5 Hz सिमर मोड फ्लेश लेम्प विद्युत आपूर्ति। उद्गम समय < 100 ns के साथ 15 kV - 20 kV विद्युत आपूर्ति ताम्र वाष्प लेसर हेतु 6.5 kHz विद्युत आपूर्ति पर प्रचालित जिट्टर ± 4 ns, केशिका निस्सरण के उपयोग हेतु ट्रिगरिंग स्पार्क गेप के लिए 0.2 Hz पुनरावृत्ति दर < 200 ns उद्गम समय के साथ 40 kV विद्युत आपूर्ति।

IV. लेसर अनुप्रयोग :

IV.1. KAPS-2 रिएक्टर के बेलो लिप वेल्ड जोड़ों की लेसर कटिंग :

काकरापारा परमाणु विद्युत केन्द्र -2 रिएक्टर में सामूहिक रूप से कूलेंट चैनल को बदलने के अभियान (EMCCR) के दौरान पूर्व में विकसित लेसर कटिंग प्रक्रिया के उपयोग से 603 बेलो लिप वेल्ड जोड़ों की लेसर कटिंग को सफलतापूर्वक पूरा किया गया (9 बेलो लिप्स को सिंगल कूलेंट चैनल हटाने के अभियान के दौरान ही काट दिया गया था)। लेसर आधारित कटिंग के परिणामस्वरूप बड़ी मात्रा में MANREM खपत, समय एवं राजस्व हानि में कमी हुई है।



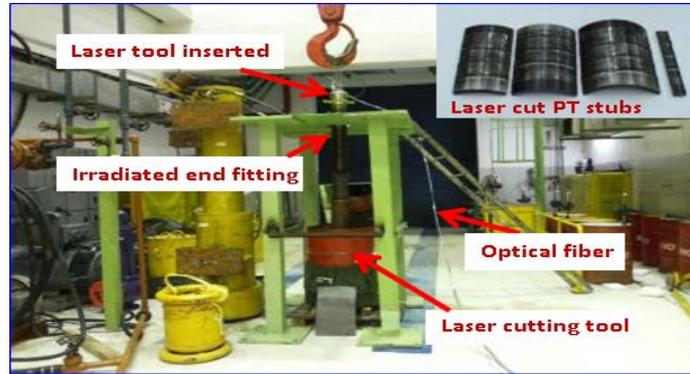
चित्र. IV.1.1: KAPS-2 रिएक्टर में बेलो लिप वेल्ड जोड़ों की स्वस्थानें कटिंग कार्य।



चित्र. IV.1.2: पृथक की गई बेलो लिप्स का दृश्य।

IV.2. KAPS-2 रिएक्टर में दाब नलिकाओं की पानी के भीतर लेसर कटिंग :

KAPS-2 रिएक्टर में कूलेंट चैनलों को सामूहिक रूप से बदलने के पश्चात् 11 कूलेंट चैनलों की दाब नलिकाओं के टुकड़ों की पानी के भीतर लेसर कटिंग सफलतापूर्वक पूरी की गई (चित्र. IV.2)। प्रत्येक कूलेंट चैनल से दाब नलिकाओं के टुकड़ों की लेसर कटिंग चार अलग-अलग टुकड़ों में की गई। जिसके लेसर प्रचालन में ~4 घंटों का समय लगा। दाब नलिका के एंड फिटिंग के साथ रोल जोड़ क्षेत्र के पास दाब नलिका का पश्च किरणन परीक्षण भविष्य के PHWRs की डिज़ाइन को बेहतर बनाने हेतु प्रतिबल एवं संक्षारण पर डेटा उत्पादन के लिए आवश्यक था। सभी दाब नलिका को पश्च किरणन अध्ययन हेतु BARC को भेज दिया गया है।



चित्र. IV.2: उच्च रेडियोसक्रिय वातावरण में दाब नलिकाओं की पानी के अंदर लेसर कटिंग कार्य।

IV.3. KAPS-1 रिएक्टर में Q-15 एवं P-18 कूलेंट चैनलों को हटाने के लिए लेसर कटिंग प्रौद्योगिकी :

KAPS-1 रिएक्टर की Q-15 एवं कूलेंट चैनलों को हटाने हेतु लेसर कटिंग प्रौद्योगिकी का उपयोग परिनियोजित किया गया (चित्र. IV.3)। Q-15 कूलेंट चैनल के लिए 18 मी.मी. मोटाई की एंड फिटिंग को लेड शील्डिंग फ्लास्क में रोलड जोड़ क्षेत्र के पास काटा गया एवं P-18 कूलेंट चैनल की दाब नलिका के टुकड़े की पश्च किरणन परीक्षण डेटा के लिए पानी के अंदर ही कटिंग की गई (चित्र. IV.3)। इसके परिणामस्वरूप न्यूनतम विकिरण मात्रा खपत एवं बहुत कम समय में बिना किसी वायुजनित गतिविधि या विकिरण जोखिम के यह पूरा किया गया।



चित्र. IV.3: लेड शील्डिंग फ्लास्क में 18 मी.मी. मोटाई की एंड फिटिंग की लेसर कटिंग।

IV.4. कुडनकुलम नाभिकीय विद्युत संयंत्र-1 रिएक्टर में डबल चेक वाल्व को बदलने हेतु द्वितीय शटडाउन प्रणाली पाइपलाइन की लेसर कटिंग :

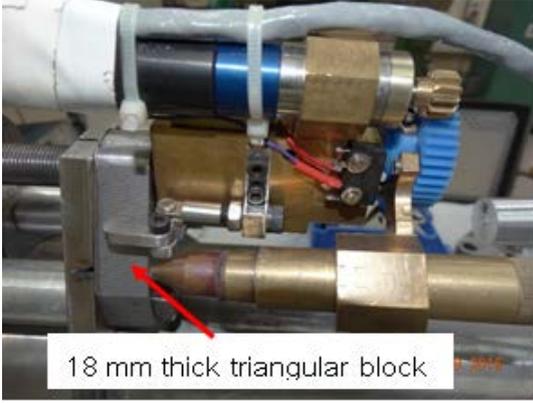
लेसर कटिंग नोजल के साथ संहत औज़ार एवं देश में विकसित एवं आरआरकेट में निर्मित 250 W एनडी:याग लेसर के उपयोग से स्वस्थान पर लेसर कटिंग प्रणाली को डबल चेक KKNPP-1 रिएक्टर के चार विभिन्न स्थानों पर वाल्व पाइप लाइन्स की सदूर लेसर कटिंग हेतु किया गया (चित्र. IV.4)। इस सदूर लेसर कटिंग तकनीक के क्रियान्वयन के परिणामस्वरूप कटिंग समय व प्रतिव्यक्ति विकिरण मात्रा खपत में काफी कमी एवं गौण अवशिष्ट उत्पादन में परंपरागत यांत्रिक पद्धति की तुलना में कमी देखने में आयी है।



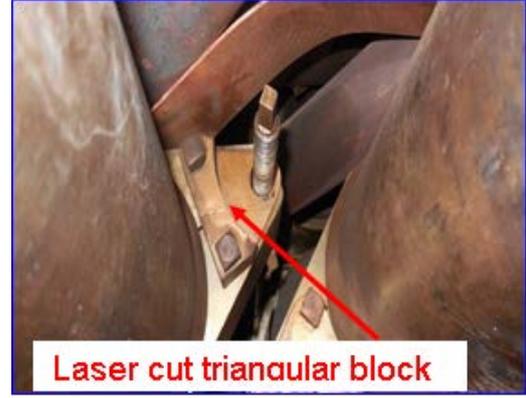
चित्र. IV.4 : कुडनकुलम में KKNPP-1 रिएक्टर की 4 विभिन्न स्थानों या डबल चेक वाल्व पाइप लाइन्स की सदूर लेसर कटिंग कार्य।

IV.5. RAPS-3 रिएक्टर में त्रिकोणीय ब्लॉक की विसर्पण सीमा की वृद्धि हेतु लेसर कटिंग :

राजस्थान परमाणु विद्युत केन्द्र-3 रिएक्टर में बहुत ही कम विकिरण मात्रा खपत के साथ 18 की संख्या में 18 मी.मी. मोटाई की त्रिकोणीय ब्लॉक तथा 1 मी.मी. मोटी वॉशर (कुल 19 मी.मी.) के स्वस्थान पर लेसर कटिंग कार्य को पूरा किया गया। इसके परिणामस्वरूप नौ कूलैंट चैनलों की विसर्पण सीमा में 19 मी.मी. तक बढ़ोतरी हुई, तत्पश्चात् इन कूलैंट चैनलों की विजली उत्पादन का प्रचालन काल 9 वर्ष अधिक हो जायेगा।



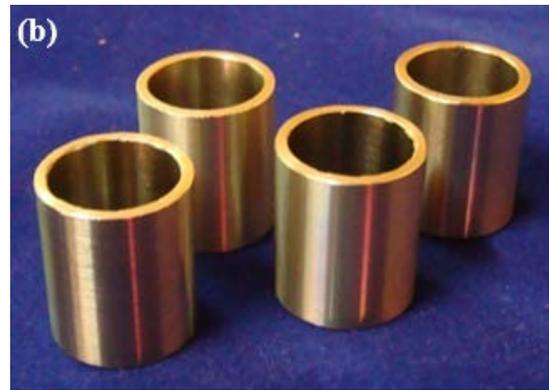
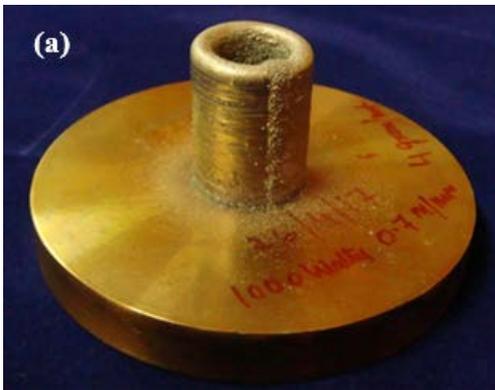
चित्र. IV.5.1: त्रिकोणीय ब्लॉक के लिए लेसर कटिंग फिक्सचर।



चित्र. IV.5.2: लेसर कटिंग त्रिकोणीय ब्लॉक।

IV.6. डेलोरो-50 बुशज का लेसर योज्य विनिर्माण :

द्वत प्रजनक रिएक्टर की ग्रिपर उपप्रणालियों की ट्रांसफर आर्म की बुशज को उच्च ताप पर निघर्षण एवं संक्षारण प्रतिरोधक होना चाहिए। इसे निकल आधारित मिश्रधातु जैसे- कॉलमोनॉय-6, डेलोरो-50 इत्यादि से पूरा किया जा सकता है। आरआरकेट ने डेलोरो-50 बुशज (OD 18 mm, ID 15 mm एवं 20 mm लम्बाई) का संविरचन लेसर योज्य विनिर्माण तकनीकी के उपयोग से यह प्रौद्योगिकी सफलतापूर्वक विकसित की है। डेलोरो-50 के बुशज का संविरचन 2 kW फायबर लेसर के उपयोग से सबस्ट्रेट्स के साथ 400 °C पूर्वतापन+तापमान पर किया गया (चित्र. IV.6)। LAM संविरचन प्रक्रिया के परिणामस्वरूप सामग्री अपशिष्ट में एवं ठोस पदार्थों में कमी आयी है। चार ऐसे बुशज को फील्ड परीक्षण हेतु IGCAR भेजा गया है।

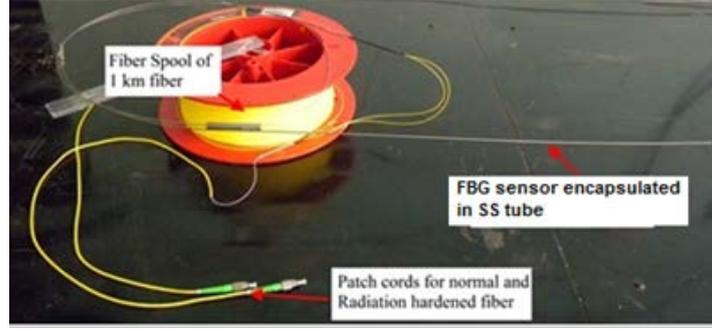


चित्र. IV.6 लेसर योज्य सामग्री से निर्मित डेलोरो-50 बुशज

(a) निर्मित हुए व (b) मशीनीकरण के पश्चात्।

IV.7. रेडियोसक्रिय वातावरण के अनुकूल फायबर ब्रेग ग्रेटिंग आधारित ताप संवेदक प्रणाली का BARC, तारापुर में परिनियोजन :

आरआरकेट में विकसित किए गए फायबर ब्रेग ग्रेटिंग आधारित ताप संवेदक प्रणाली को नाभिकीय विकिरण बोर्ड, बीएआरसी, तारापुर की ठोस भंडारण निगरानी सुविधा के रेडियोसक्रिय अपशिष्ट भंडारण कक्ष सुविधा में अधिष्ठापित किया गया है (चित्र. IV.7)। इस प्रणाली का उपयोग भूतल के लगभग तीन मीटर नीचे स्थित उच्च विकिरण वातावरण (मात्रा दर ~7000 to 8000 रेड/घंटा) भंडारण कक्ष तापमान की (40-50 °C \pm 1% परिशुद्धता के साथ) रात-दिन निगरानी हेतु उपयोग किया जा रहा है।

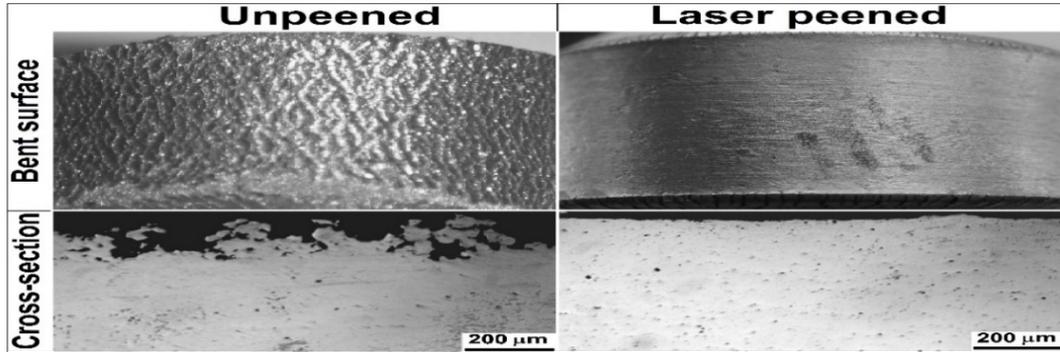


चित्र. IV.7: फायबर ब्रेग ग्रेटिंग संवेदक की व्यवस्था।

IV.8. सुग्राही 304 जंगरोधी इस्पात (SS) के अंतःकणिका का संक्षारण उन्मूलन एवं ठोस क्रोम प्लेटेड

15 - 5 PH इस्पात की श्रान्ति आयु को बढ़ाने हेतु लेसर शॉक पीनन :

अंतःकणिका संक्षारण (IGC) बहुत से ऑस्टेनाइटी जंगरोधी इस्पात (SS) घटकों के संक्षारण वातावरण में प्रचालन में किए जाने वाले असफल होने के लिए उत्तरदायी है। यह वेल्डिंग के दौरान 500 - 800 °C तापमान उद्घासन के समय क्रोमियम अवक्षयित क्षेत्र के निर्माण व Cr-रिच के अंतःकणिका अवक्षेपण की वजह से सूक्ष्म संरचनात्मक निम्नन के कारण होता है। सुग्राही 304 जंगरोधी इस्पात की अंतःकणिका संक्षारण (IGC) सुग्राहिता का सार्थक उन्मूलन लेसर शॉक पीनन उपचार (LSP) द्वारा घरेलू एनडी:याग लेसर (चित्र. IV.8) के उपयोग से प्राप्त किया गया।



चित्र. IV.8: ASTM A 262 अभ्यास E परीक्षण के पश्चात् सुग्राही 304 जंगरोधी इस्पात की अनपीनन एवं ट्रिपल लेसर पीन्ड नमूने का मुड़ी हुई सतह एवं अनुप्रस्थ काट का आवर्धित दृश्य।

निर्घर्षण एवं संक्षारण प्रतिरोध के लिए उपयोग की जाने वाली कठोर क्रोम प्लेटिंग में उच्च तनन अवशिष्ट प्रतिबल एवं सूक्ष्म दरारों की उपस्थिति के कारण श्रान्ति सामर्थ्य का क्षय होता है। लेसर शॉक पीनन का उपयोग सतह के पूर्व उपचार के रूप में कठोर क्रोम प्लेटेड 15-5 PH जंगरोधी इस्पात के नमूने की 47% श्रान्ति आयु बढ़ाने में प्रभावी हुआ है।

IV.9. मुख अथवा ग्रीवा कैंसर की जांच हेतु कम्प्यूटर आधारित कैंसर निदान प्रणाली का विकास :

मुख एवं ग्रीवा कैंसर की जांच हेतु एक संहत एवं सुवाह्य कम्प्यूटर आधारित प्रकाशिक स्पेक्ट्रमिकी प्रणाली को विकसित किया गया है (चित्र. IV.9.1)। इस प्रणाली में शामिल UV LED (प्रेरित प्रतिदीप्ति हेतु) एक ब्रॉड बैंड श्वेत LED (उत्तेजन विसरित परावर्तन के लिए) चिप आधारित लघु फायबर प्रकाशिक स्पेक्ट्रममापी सभी को आयताकार आवास एवं SMA को अनुकूल डिज़ाइन किए गए फायबर प्रकाशिक नैदानिक प्रोब प्रत्येक में तीन पाये के साथ संगलित सिलिका फायबर का समावेश है, के साथ जोड़ा गया है। इसमें एक टचस्क्रीन समर्थ

ग्राफिक उपयोगकर्ता इंटरफेस (GUI) सॉफ्टवेयर (चित्र. IV.9.2) है, जो हार्डवेयर नियंत्रण एवं डेटा अर्जन के लिए आवश्यक इंटरफेस उपलब्ध कराता है। यह स्पेक्ट्रोमीटर को, IC-आधारित हार्डवेयर प्रणाली व संबंधित उत्तेजन LED के अनुक्रमिक स्वीचिंग द्वारा जनित संकेत को नियंत्रित करता है। इस सॉफ्टवेयर का अतिरिक्त लाभ यह है कि यह स्पेक्ट्रा का तुरंत विश्लेषण कर उत्तक स्थल आधारित संभाव्य निदान ऑनलाइन करने की क्षमता रखता है।



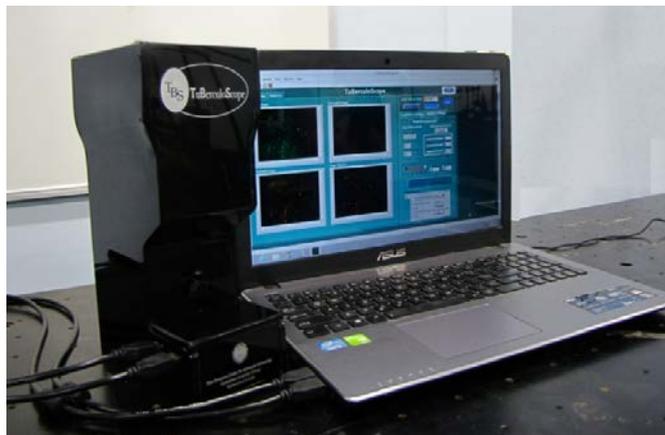
चित्र. IV.9.1: टेबलेट कम्प्यूटर आधारित उपयोगकर्ता हितैषी कैंसर निदान प्रणाली।



चित्र. IV.9.2: प्रणाली डेटा अर्जन एवं डेटा विश्लेषण में हार्डवेयर नियंत्रण हेतु टचस्क्रीन समर्थ सॉफ्टवेयर।

IV.10. कम लागत वाले क्षयरोग (TB) परीक्षण एवं निदान उपकरण का निर्माण :

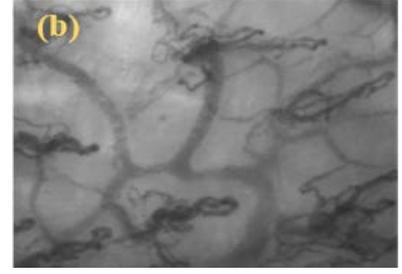
क्षयरोग के तीव्र निदान हेतु संहत एवं सुवाह्य प्रतिदीप्ति प्रतिबिम्बन उपकरण का निर्माण किया गया है। इसके लिए रोगी की लार का सूक्ष्म कांच की स्लाइड पर माइक्रो बेक्टीरियम ट्यूबरकूली बेक्टीरिया (Mtb) (चित्र. IV.10) की प्रतिदीप्ति प्रतिबिम्बन के साथ उपयुक्त प्रतिदीप्ति डाई (ऑरामाइन O) के साथ अभिरंजित की, आवश्यकता होती है। इस डिवाइस में प्रतिदीप्ति उद्दीपन हेतु नीली (460 nm) LED उपयोग में लायी जाती है। उद्दीपन प्रकाश का फोकस ग्लास स्लाइड पर 40X सूक्ष्मदर्शी लक्ष्य द्वारा डाई अभिरंजित लार पर केन्द्रित किया जाता है एवं बेक्टीरिया से प्राप्त पश्च प्रकीर्णन प्रतिदीप्ति संकेतों को उसी लेंस पर एकत्र कर CCD कैमरे से पता लगाया जाता है। Mtb का प्रतिदीप्ति संसूचन उस तथ्य पर आधारित होता है कि बेक्टीरिया बिन्दु की कोशिका दीवार पर ऑरामाइन O डाई के साथ माइकोलिक अम्ल हरी प्रतिदीप्ति देती है, जब उसे नीले प्रकाश से उद्दीप्त किया जाता है। एक ग्राफिक यूजर्स इंटरफेस सॉफ्टवेयर का विकास डिवाइस के हार्डवेयर नियंत्रण को सक्षम बनाने व Mtb बेक्टीरिया के स्वचालित गणना हेतु किया गया है। इस डिवाइस का महत्वपूर्ण लाभ यह है कि प्रतिदीप्ति सूक्ष्मदर्शी (₹ 50 लाख से अधिक) की तुलना में विशेष रूप से इसकी लागत बहुत ही कम है (~ 1 लाख)।



चित्र. IV.10: क्षय रोग निदान हेतु प्रतिदीप्ति प्रतिबिम्बन डिवाइस।

IV.11. माइक्रोवस्कुलेचर एवं रक्त प्रवाह के अनआक्रामक प्रतिबिम्बन हेतु हाथ में ले जाने योग्य वीडियो सूक्ष्मदर्शी :

हाथ में ले जाने योग्य एक संहत वीडियो सूक्ष्मदर्शी (चित्र. IV.11(a)) का निर्माण सूक्ष्म वस्कुलेचर नेटवर्क व मानव उतकों में रक्त प्रवाह की इन विवो प्रतिबिम्बन हेतु किया गया है। LED का समानांतरित नीला प्रकाश है एवं समतल ध्रुवण उतकों से, को प्रतिदीप्त किया गया। उतक से प्रकीर्णित पश्च प्रकाश का पता CMOS कैमरे से लगाया गया। मनुष्य के आंतरिक ओष्ठ के वस्कुलेचर नेटवर्क से विकसित उपकरण द्वारा रिकॉर्ड लम्बकोणीय ध्रुवण प्रतिबिम्बन, जो चित्र. IV.11(b) में दर्शाया गया है। यह अंतःकरण विभिन्न रोगों जैसे मधुमेह, सेप्टिक शॉक, ट्यूमर इत्यादि की प्रारंभिक एवं उसके बढ़ने की जांच करने में उपयोगी सिद्ध होगा।



चित्र. IV.11(a): सूक्ष्मवस्कुलेचर की इन विवो प्रतिबिम्बन के लिए हाथ में ले जाने योग्य लम्बकोणीय ध्रुवण स्पेक्ट्रम प्रतिबिम्बन प्रणाली।

चित्र. IV.11(b): मानव अंग के आंतरिक लिप सूक्ष्मवस्कुलेचर का प्रतिबिम्बन।

IV.12. चूहों में ट्यूमर के प्रकाशगतिक उपचार (PDT) हेतु क्लोरीन p6 की घरेलू संसाधनों से संश्लेषित ताम्र आयोडाइड सम्मिश्र की क्षमता :

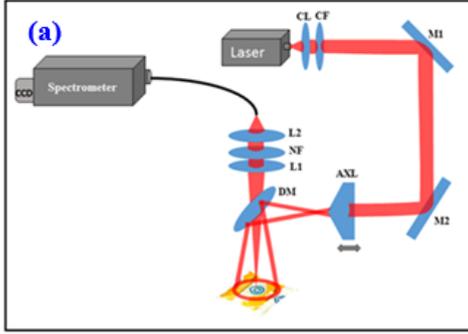
चूहों में ट्यूमर के उपचार हेतु प्रकाशगतिक उपचार (PDT) के लिए घरेलू संसाधनों द्वारा संश्लेषित किए क्लोरीन p6 (ICp6Cu) के ताम्र आयोडाइड सम्मिश्र के संभावित उपयोग के बारे में अध्ययन किया गया है। ट्यूमर ~10-15 मी.मी. व्यास में बढ़ने के बाद जानवर पर प्रयोग किए जाते हैं। प्रकाश संवेदक का शरीर के भार की 2.0 mg/किलो पर उपयोग किया जाता है। ट्यूमर चयन का निर्धारण ट्यूमर में इंजेक्शन लगाने के 4 घंटे एवं आसपास के पेशीय उतकों को हटाने के बाद प्रकाश संवेदक को निकालकर उसके स्तर को उतकों के निष्कर्ष में स्पेक्ट्रम प्रतिदीप्ति मित्तीय मापन किया गया। PDT प्रभावोत्पादकता के लिए प्रकाश संवेदक इंजेक्शन देने के पश्चात् ट्यूमर की सतह को 100 J/cm² की डोज पर लाल प्रकाश (630 nm + 20 nm) से किरणित किया जाता है। परिणाम दर्शाते हैं कि ट्यूमर में धातु सम्मिश्र का संचयन कुशलता से होता है एवं लाल प्रकाश के साथ PDT ट्यूमर को पूर्ण रूप से परावर्तन कर देता है (चित्र. IV.12)।



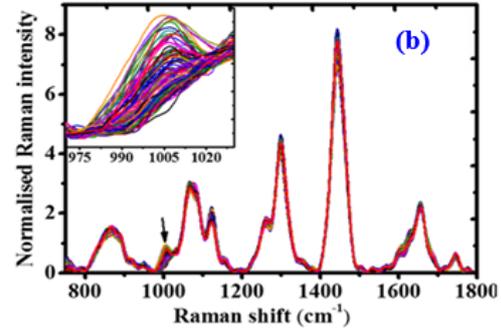
चित्र. IV.12: चूहे की जंघा क्षेत्र (arrow) पर प्रतिरोपित फाइब्रोसार्कोमा ट्यूमर का चित्र, जो कि 4 घंटे के पश्चात् ICp6Cu (2.0 mg/kg) के उपयोग से PDT पर निर्भर है। (A) PDT के पहले (B) PDT के 24 घंटे पश्चात् (C) PDT के 25 दिन पश्चात्।

IV.13. दूध के पेकेट में यूरिया मिलावट का पता लगाने हेतु रमन स्पेक्ट्रमिकी :

एक प्रतिलोम स्थानीय-ऑफसेट रमन स्पेक्ट्रमिकी (I-SORS) प्रणाली का विकास (चित्र. IV.13 (a)) पेरिंग दूध के नमूनों में यूरिया मिलावट का पता लगाने हेतु किया गया। 10 से 500 mg/dl श्रेणी की यूरिया मिश्रित मिलावटी दूध के विविध प्रतिदर्शों को तैयार किया गया। पॉलीथिन पेकेट में रखे यूरिया मिश्रित दूध प्रतिदर्शों का I-SORS स्पेक्ट्रा (चित्र. IV.13 (b)) मापन किया गया। एक आंशिक लीस्ट स्क्वेयर (PLS) परावर्तन आधारित केमोमेट्रिक एल्गोरिद्म का उपयोग करके दूध में यूरिया की मिलावट का मापन >90 % परिशुद्धता से किया जा सका। इस कार्य के परिणाम यह रेखांकित करते हैं कि प्रतिलोम स्थानीय ऑफसेट स्पेक्ट्रमिकी एवं केमोमेट्रिक पेकेट दूध के नमूनों में यूरिया मिलावट परिमाणन के लिए एक आशाजनक उपकरण सिद्ध हो सकता है।



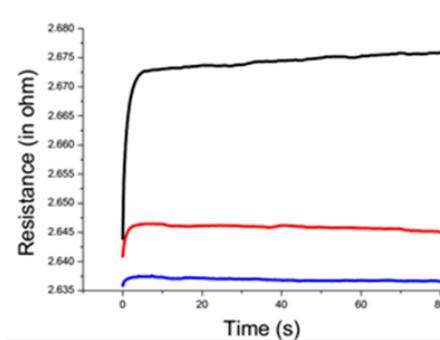
चित्र. IV.13(a): प्रतिलोम स्थानीय-ऑफसेट रमन स्पेक्ट्रमिकी प्रणाली का व्यवस्थित चित्र।



चित्र. IV.13(b): यूरिया मिलावट वाले दूध के 10 समूहों का रमन स्पेक्ट्रा।

IV.14. शीत परमाणु अनुसंधान :

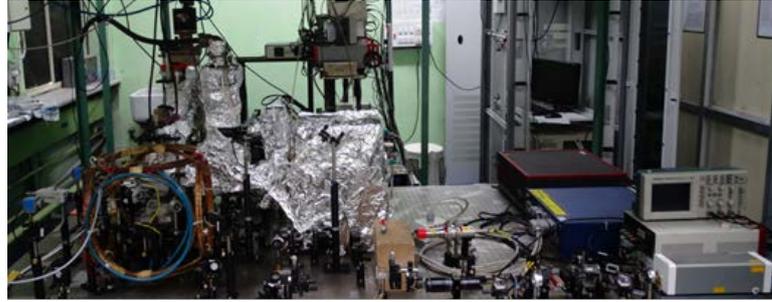
उन्नत मोटाई के स्वर्ण तारों (100 nm से ~2 μm) के साथ परमाणु-चिप का संविरचन Si-अवस्तरों (आकार 25 mm x 25 mm x 700 μm) पर किया गया एवं परमाणु के बेहतर प्रग्रहण के लिए चिप पर तारों की वर्तमान परिवहन क्षमता (~1.0 A तक) को बढ़ाने हेतु परीक्षण किया गया। संविरचित परमाणु-चिप तारों का अभिलक्षणन तारों में विद्युत प्रवाह द्वारा व विद्युत के विभिन्न मान पर उनकी प्रतिरोधकता के मापन द्वारा किया जाता है। dc धारा के विभिन्न परिमाण के लिए समय के साथ Z-आकार की प्रतिरोधकता में मापित विचरण को चित्र. IV.14.1 में दर्शाया गया है। परिणाम दर्शाते हैं कि चिप, चिप-सतह के पास परमाणु के चुंबकीय प्रग्रहण के लिए आवश्यक 1.0 A धारा को बनाए रख सकती है।



चित्र. IV.14.1: विद्युत धारा के विभिन्न परिमाण में क्रमशः 0.3 A (नीले कर्व), 0.5 A (लाल कर्व) एवं 1.0 A (काले) के लिए समय के साथ चिप पर Z-आकार तार की प्रतिरोधकता में रूपांतरण।

मितस्थायी अवस्था में क्रिप्टॉन के परमाणु के शीत (MOT) फरमिऑनिक (^{83}Kr)-बोसोनिक (^{84}Kr) मिश्रण के उत्पादन हेतु द्विआइसोटोप चुंबकीय प्रकाशिक सपांश का पहली बार सफलतापूर्वक प्रचालन किया गया। यह मितस्थायी अवस्था क्रिप्टॉन परमाणु के शीत फरमिऑनिक-बोसोनिक मिश्रण मितस्थायी अवस्था में क्रिप्टॉन (Kr) परमाणु के शीत कॉलिजन भौतिकी अध्ययन हेतु उपयोगी है। मितस्थायी ^{83}Kr ($^{83}\text{Kr}^*$) व मितस्थायी ^{84}Kr ($^{84}\text{Kr}^*$) परमाणु की एक साथ शीतलन एवं प्रग्रहण को द्वि-आइसोटोप MOT की ऐसेम्बली द्वारा प्राप्त किया गया, जो क्रिप्टॉन के $^{83}\text{Kr}^*$ व $^{84}\text{Kr}^*$ दोनों आइसोटोप को लेसर कूल एवं प्रग्रहित उसी स्थानीक अवस्था में ला सकता है। MOT में $^{83}\text{Kr}^*$ एवं $^{84}\text{Kr}^*$ परमाणु के बादलों द्वारा इन ऑवरलेपिंग $\sim 400 \mu\text{K}$ व $\sim 360 \mu\text{K}$ तापमान पर प्रत्येक आइसोटोप के लगभग 1×10^5 परमाणु क्रमशः $^{83}\text{Kr}^*$ व $^{84}\text{Kr}^*$ सपांशित किए गये।

गॉसियन के ऑवरलेपन के पश्चात् संरचनात्मक लेसर बीम द्वारा प्रकाशिक लेटिस का निर्माण व बेसेल बीम का निर्माण किया गया। ^{87}Rb परमाणु के लेसर शीतित परमाणु बादल को लेटिस में सपांशित किया गया (चित्र. IV.14.2)। ^{87}Rb परमाणु के शीतलन एवं बोस आईस्टीन संघनन के लिए द्वय चुंबक प्रकाशिक सपांश (MOT) प्रणाली का उपयोग इन प्रयोगों में किया गया है। इस प्रणाली में $\sim 2 \times 10^{-8}$ टॉर (Torr) (Rb-वाष्प के साथ) दाब पर वाष्प कक्ष MOT (VC-MOT) व $\sim 3 \times 10^{-11}$ टॉर (Torr) दाब पर उच्च निर्वात कक्ष (UHV-MOT) का समावेश है। VC-MOT में एकत्र किए गए शीत परमाणुओं को इसमें से निष्कासन के लिए UHV-MOT लोड करने हेतु लाल डिट्यून्ड पुश बीम का प्रयोग किया जाता है। संरचनात्मक बीम का उर्ध्वाधर दिशा में निर्माण गॉसियन लेसर बीम व बेसेल बीम द्वारा हस्तक्षेप उत्पन्न करने से होता है। बीम को लाल-डिट्यून्ड $\sim 25 \text{ GHz}$ द्वारा ^{87}Rb परमाणु के D_2 लाइन संक्रमण द्वारा रखा गया।



चित्र. IV.14.2: संरचनात्मक प्रकाशिक लेटिस उत्पादन हेतु प्रायोगिक प्रणाली।

Rb वाष्प कक्ष के माध्यम से प्रोब पारेषण पर नियंत्रण एक मज़बूत कपलिंग बीम के उपयोग से या तो गतिमान तरंग अथवा स्थिर तरंग विन्यास से किया गया। इस अध्ययन का उपयोग प्रकाशिक स्वीचिंग उपकरणों, जो कि प्रकाशिक संचार नेटवर्क में उपयोगी है, में किया जा सकता है।

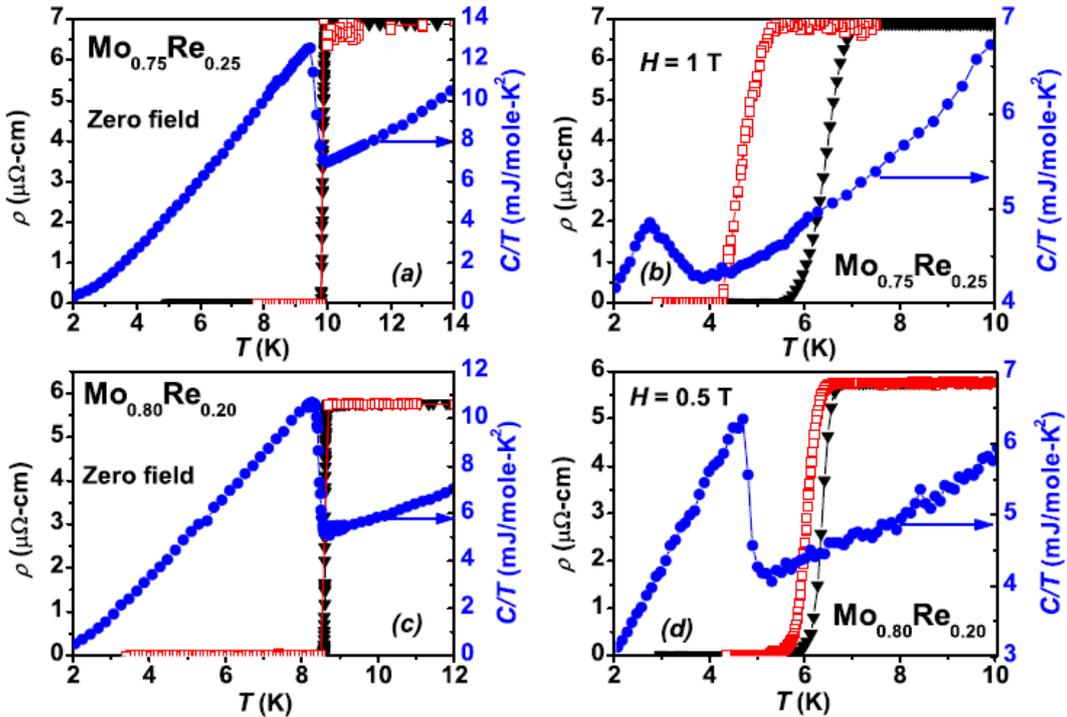
V. पदार्थ विज्ञान :

आरआरकेट में अनेकों समूहों द्वारा संभावित प्रौद्योगिकीय महत्व के पदार्थों पर अनुसंधान हेतु अध्ययन, नये पदार्थों की डिज़ाइन, विकास एवं प्रोटोटाइप उपकरण संरचनाओं को विकसित करने पर काम किया जा रहा है। इस वर्ष निष्पादित गतिविधियां इस प्रकार हैं:

V.1. विशिष्ट पदार्थ :

V.1.1. β -चरण $\text{Mo}_{1-x}\text{Re}_x$ मिश्रधातु के सतह अतिचालक अवस्था सीमा के भीतर वर्टेक्स ग्लास स्पांतरण का प्रमाणन :

विभिन्न चुंबकीय क्षेत्रों में (चित्र.V.1.1) $\text{Mo}_{1-x}\text{Re}_x$ ($x = 0.20, 0.25$) उच्च ताप सह मिश्रधातु अतिचालकों की प्रतिरोधकता $\rho(T)$ व ताप क्षमता $C(T)$ की ताप निर्भरता का अध्ययन किया गया। अनुप्रयुक्त चुंबकीय क्षेत्र की उपस्थिति में इन मिश्रधातुओं की विद्युत प्रतिरोधकता उसी चुंबकीय क्षेत्र में ताप क्षमता मापन की सहायता से प्राप्त किए गए (चित्र.V.1.1)। अधिकांशीय अतिचालक संक्रमण ताप से भी उपयुक्त तापमान पर शून्य हो जाता है। इन परिणामों के विश्लेषण से इन मिश्रधातुओं में सतही अतिचालक अवस्था की उपस्थिति को रेखांकित किया गया जबकि फ्लक्स लाइनों को अतिचालक के पृष्ठीय आवरण में पीनन किया गया। सतही मिश्रित अवस्था या 'कुलिक वर्टेक्स-अवस्था' की सहायता से प्रायोगिक प्रमाण व सतह आवरण की सीमा में वर्टेक्स-द्रव से वर्टेक्स-ग्लास संक्रमण का घटित होना पाया गया।



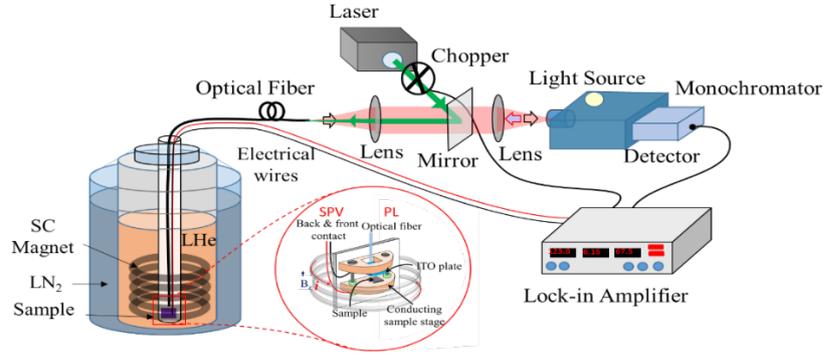
चित्र.V.1.1: शून्य चुंबकीय क्षेत्र (पेनल्स) (a) व (c) में विद्युत प्रतिरोधकता एवं उष्मा क्षमता व 1 T व 0.5 T चुंबकीय क्षेत्र (पेनल्स) (b) व (d) की उपस्थिति में अतिचालक संक्रमण के आरपार ताप निर्भरता सभी पेनल्स में नीले डॉट विभिन्न क्षेत्रों में उष्मा क्षमता मापन का प्रतिनिधित्व करते हैं। काला ठोस त्रिकोण Cu या Ag के साथ प्रतिदर्शों को कोटिंग से पहले विद्युत प्रतिरोधकता मापन व लाल खुला हुआ चौकोर (वर्ग) इन धातु की कोटिंग के उपयोग के उपरांत विद्युत प्रतिरोधकता मापन का प्रतिनिधित्व करता है।

V.1.2. नेनोसंयुक्त (nanocomposites) में चुंबकीय विद्युत युग्मकों का प्रमाणन :

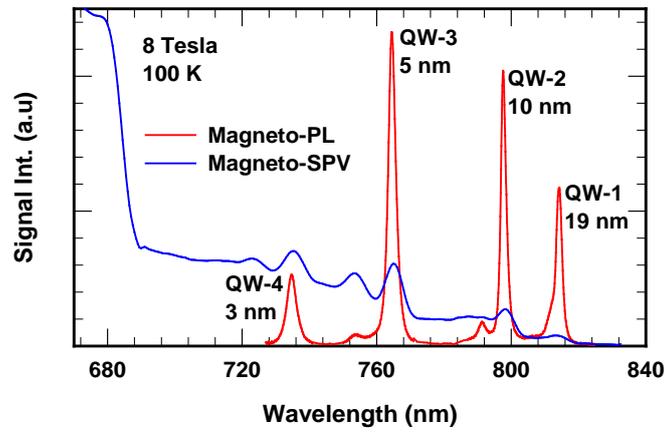
उच्च पीजोविद्युत स्थिरांक ($d_{33} > 2500\text{pC/N}$) के साथ BiFeO_3 (BFO)/($0.65\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - 0.35PbTiO_3)(PMN-PT) एक उत्कृष्ट लोहविद्युत पदार्थ है। उच्च रोधन एवं पीजोविद्युत PMN-PT में नेनो BFO के समावेशन से लोहविद्युत के साथ-साथ BFO की चुंबकीय गुणधर्म में अंतरापृष्ठ (interface) पारस्परिक क्रिया के कारण बेहतर हुए। मल्टीफेरोइक संयोजन में विद्युत क्षेत्र पोलिंग का लाभ उच्च पीजोविद्युत गुणांक व परिणाम एक मज़बूत ME युग्मक प्राप्त करने हेतु ले सकता है। कक्ष तापमान पर BFO/PMN-PT बल्क एवं नेनोसंयुक्त का संविरचन एवं लोहविद्युत, लोहचुंबकीय गुणधर्मों में वृद्धि एवं चुंबकीय विद्युत युग्मकों को प्रमाणित किया गया है। स्केनिंग इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी ने दर्शाया है कि BiFeO_3 एवं PMN-PT अवस्था बल्क संयुक्त में ठोस विलयन बनाती है, जबकि नेनोसंयुक्त में असममितक कण वृद्धि देखी गई। अवलोकन किए गए विद्युत क्षेत्र पोलिंग प्रेरित चुंबकीकरण विनिमय अभिनति (biasing) ने संयुक्त (composite) को स्पिनट्रॉनिकी एवं संवेदक अनुप्रयोगों के लिए एक संभावित उम्मीदवार बनाया है।

V.1.3. क्वासी साइमलटेनियस मापन के लिए चुंबकीय-प्रकाश संदीप्ति व चुंबकीय-सतह फोटो वोल्टेज प्रणाली का विकास :

चुंबकीय-प्रकाश संदीप्ति व चुंबकीय सतह फोटो-वोल्टेज स्पेक्ट्रम के लगभग समकालिक मापन के लिए एक संहत प्रायोगिक एसेम्बली की डिज़ाइन तैयार कर उसे संविरचित किया गया है (चित्र.V.1.3.1)। प्रतिदर्शों को थर्मोस्टेट Dewar के अंदर कुंडलिनी आकार के NbTi अतिचालक चुंबकों के साथ चारों ओर से घिरे द्रव हीलियम कक्ष में रखा गया है, जो 8T तक चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है। एक इण्डियम टिन ऑक्साइड कोटेड अर्द्धपारदर्शी चालक ग्लास प्लेट को प्रतिदर्श की सतह पर रखा जाता है एवं उसे PL मापन हेतु फायबर युग्मक लेसर प्रकाश से उद्भासित किया जाता है। PL संकेतों का पता स्पेक्ट्रममापी (स्पेक्ट्रोमीटर) द्वारा लगाया जाता है। SPV मापन के मामलों में उसी स्पेक्ट्रममापी का उपयोग चौड़े स्पेक्ट्रा को क्वार्ट्ज टंगस्टन हैलोजन लैम्प से एक वर्णिकरण करने एवं प्रकाशिक फायबर के साथ युग्मित करने हेतु किया जाता है। प्रतिदर्श में उत्पादित पृष्ठीय प्रकाश-वोल्टता को उसके बाद ITO कोटेड टॉप इलेक्ट्रोड द्वारा उठा लिया जाता है। नई प्रायोगिक एसेम्बली को तापीय उद्दीप्त आवेश वाहक की गतिकी पर सर्वांगीण सूचना प्राप्त करने व अर्द्धचालक क्वांटम संरचना के विकिरणी पुर्नसंयोजन कुशलता पर चुंबकीय क्षेत्र चालित आवेश वाहक रोधन लाभदायक पाया गया है। इस प्रणाली का विशेष तौर से उपयोग AlGaAs/GaAs व GaAs/InGaAs QW प्रतिदर्शों के अध्ययन में किया गया है, जिसका उपयोग लेसर डायोड व्यूह के निर्माण में किया जाता है। GaAs/AlGaAs मल्टी QW प्रतिदर्श के विशिष्ट मेग्नेटो-PL एवं मेग्नेटो-SPV स्पेक्ट्रा चित्र.V.1.3.2 में दर्शाए गए हैं। स्पेक्ट्रा को 100K पर 8 टेस्ला चुंबकीय क्षेत्र के अंतर्गत रिकॉर्ड किया गया है। यह सुविधा अर्द्धचालक क्वांटम संरचनाओं में विकिरणी एवं अविकिरणी पुर्नसंयोजन प्रक्रियाओं पर तापमान एवं चुंबकीय क्षेत्र के प्रभावों के अध्ययन हेतु उपयोग में लायी जा रही है।



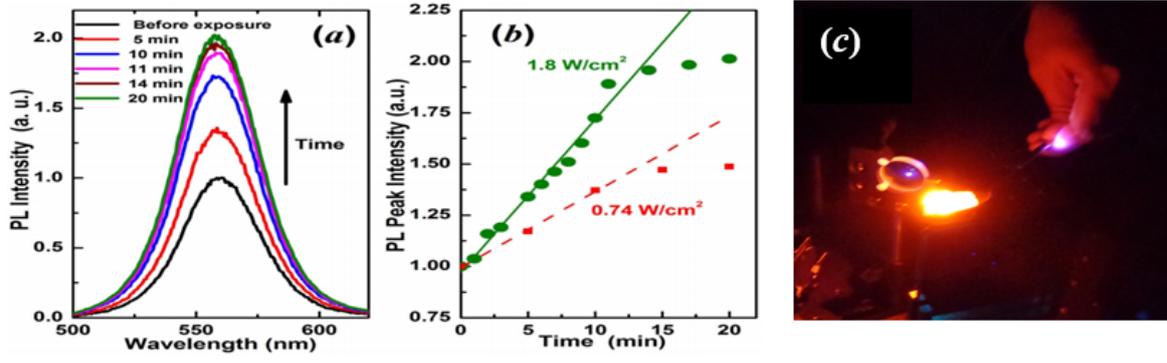
चित्र. V.1.3.1: क्वासी-साइमलटेनियस चुंबकीय-प्रकाश संदीप्ति एवं चुंबकीय सतह प्रकाश-वोल्टता स्पेक्ट्रम मापन प्रणाली का व्यवस्थित आरेख।



चित्र. V.1.3.2 : GaAs/AlGaAs मल्टी क्वांटम कूप प्रतिदर्श का क्वासी-साइमलटेनियस चुंबक-PL एवं चुंबक-SPV स्पेक्ट्रा।

V.1.4. क्वांटम डॉट्स के फेम्टो सेकेण्ड लेसर प्रेरित प्रकाश संदीप्ति में वृद्धि :

क्वांटम डॉट्स की बढ़ती हुई उत्सर्जन दक्षता अनेकों प्रकाश इलेक्ट्रॉनिकी अनुप्रयोगों जैसे LEDs, क्वांटम डॉट लेसर एवं बायोमार्कर्स के लिए महत्वपूर्ण है। हमने यहां प्रकाश-संदीप्ति (PL) परिष्करण प्रक्रिया को दिखाया है, जो पानी परिक्षेपित TGA-केप्टेड CdTe क्वांटम में फेम्टोसेकेण्ड लेसर स्पंद द्वारा उत्पादित उष्मा पर निर्भर है। आवश्यक औसत ऊर्जा घनत्व कुछ W/cm^2 के क्रम में है व आवश्यक समय भी मिनट का लगभग दसवां भाग है। हमने यह पाया कि परिष्करण की इस प्रक्रिया में किरणन के कारण PL व एक्साईटन अवशोषण शीर्ष में कोई विशिष्ट परिवर्तन नहीं होता है (चित्र.V.1.4)। यह भी दर्शाया गया है कि दिए गए ऊर्जा घनत्व के लिए PL की वृद्धि दर का अवशोषण गुणांक के समानुपात होना यह इंगित करता है कि लेसर उद्भासन से उत्पादित उष्मा PL वृद्धि में एक मज़बूत भूमिका निभाती है। यह तकनीक क्वांटम डॉट्स से प्रकाशसंदीप्ति को बेहतर बनाने में उपयोगी है, क्योंकि यह बहुत ही द्रुत है, आकार में कोई परिवर्तन नहीं होता है व किरणित क्वांटम डॉट्स स्थिर रहते हैं।



चित्र. V.1.4: औसत ऊर्जा घनत्व 1.8 W/cm^2 पर 400 nm फेम्टोसेकेण्ड स्पंद द्वारा किरणन के दौरान पानी में CdTe क्वांटम डॉट का PL स्पेक्ट्रम में परिवर्तन (a) कुछ निरूपण किरणन अवधि पर PL स्पेक्ट्रम, (b) दो विभिन्न औसत ऊर्जा घनत्व 1.8 W/cm^2 (हरे डॉट) व $\sim 0.9 \text{ W/cm}^2$ (लाल चौकोर) की किरणन समय पर PL शीर्ष क्षमता की निर्भरता। 12 मिनट से पूर्व डेटा के साथ लाइनों का रेखीय अनुरूप होना (c) बहुलक में क्वांटम डॉट्स अंतस्थापित से PL उत्सर्जन का चित्र।

V.1.5. नेनोपदार्थों पर वृद्धि एवं स्पेक्ट्रमिकी अध्ययन :

नेनो संरचनाओं में मापनयोग्य रमन स्पेक्ट्रमिकी संकेत प्राप्त करने हेतु खुरदुरी/नेनोसंरचना वाली धातु सतह का उपयोग करते हुए सतह वृद्धिकारक रमन प्रकीर्णन (SERS) को नियोजित किया जा सकता है। लेंगम्यूर ब्लॉडेट तकनीक का उपयोग TiO_2 नेनो संरचनाओं को बनाने में नियोजन किया गया है। लेसर किरणन के उपयोग से InAs नेनोवायर के पृष्ठीय संशोधन पूर्वानुमान के लिए तापमान पर प्रभाव का अनुकरण अध्ययन किया गया है। पृष्ठीय संशोधन का अध्ययन निगरानी रमन स्पेक्ट्रमिकी द्वारा किया गया। एक विमीय नेनो संरचना जैसे नेनोवायर्स एवं नेनोबेल्ड्स प्रकाश इलेक्ट्रॉनिकी डिवाइसेस में उनके अभिनव भौतिक गुणधर्मों एवं प्रौद्योगिकीय अनुप्रयोगों के कारण आकर्षित करते हैं। प्रकाश उत्सर्जित डायोड एवं प्रकाश वोल्टीक डिवाइसेस के अनुप्रयोगों का पता लगाने हेतु केडमियम सल्फाइड (CdS) एक महत्वपूर्ण II-VI प्रकाश इलेक्ट्रॉनिकी पदार्थ है। CdS नेनो संरचना आधारित डिवाइसेस को कार्यान्वित करने के लिए यह ज़रूरी है कि एक अच्छी क्रिस्टलन गुणवत्ता वाली एक विमीय नेनोसंरचना को अपेक्षाकृत कम खर्चीली विधि के उपयोग से विकसित किया जाए।

V.1.6. सिद्धांत एवं कम्प्यूटर संबंधी गतिविधियां :

प्रथम सैद्धांतिक गणनाओं द्वारा Co_2PtGa का पूर्वानुमान निम्न अंतर्निहित, क्रिस्टलाइन भंगुरता के साथ-साथ उच्च गलन, मार्टेनसाइट संक्रमण एवं क्यूरी तापमान; का पूर्वानुमान किया गया। ये सभी कक्ष तापमान के ऊपर थे, जो इसे उच्च ताप चुंबकीय आकार मिश्रधातु के उपयोग के समान ही एक आशाजनक पदार्थ बनाता है। कार्यात्मक सिद्धांत आधारित गणना के उपयोग से हमने ह्यूजलर मिश्रधातु में RKKY अंतःक्रिया की एक अप्रत्यक्ष एवं महत्वपूर्ण उपस्थिति दर्ज कराई है, जो सामान्यतः चुंबकीय आकृति आकार स्मृति प्रभाव को दर्शाएगी।

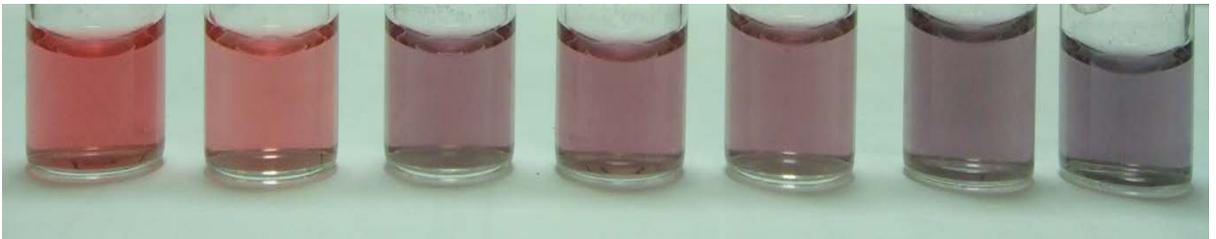
V.2. प्रोटोटाइप डिवाइस संरचना का विकास :

V.2.1. द्रुत एवं निम्न ऊर्जा अवाष्पशील डेटा भंडारण उपयोग के लिए Au/NiO/Pt डिवाइस में उच्च गति प्रतिरोध स्वीचिंग (स्वीचिंग समय ~ ns) का प्रदर्शन :

~200 μm की Au/NiO/Pt डिवाइसेस को स्पंद लेसर निक्षेपण व DC कणक्षेपण द्वारा संश्लेषित किया गया। यह डिवाइस नॉन-ऑवरलेपिंग सेट एवं रीसेट वोल्टता (क्रमशः 1.3-1.8 V एवं ~0.5-0.8 V) के साथ उच्च एवं निम्न प्रतिरोधकता (क्रमशः ~ 12 k Ω एवं 48 Ω) की दो स्थायी अवस्थाओं के बीच स्पष्ट एक ध्रुवीय RS परिणामों को प्रदर्शित करती है। Au/NiO/Pt डिवाइसेस में निम्न स्वीचिंग वोल्टता $\leq 3\text{V}$ पर पराद्रुत प्रितरोधक स्वीचिंग को प्रदर्शित किया गया है जिसमें लिखने एवं मिटाने के समय ~ ns के दसवें (वर्तमान फ्लेश मेमोरी से लगभग 1000 गुना तीव्र गति) तक पाया गया है। इस डिवाइस द्वारा अवाष्पशील डेटा भंडारण अनुप्रयोगों हेतु भविष्य में आने वाली स्मृति प्रौद्योगिकी के विकास में बहुत ही उपयोगी सिद्ध होगी।

V.2.2. जलीय घोल में पारे का पता लगाने (<100 ppb) हेतु प्लाज्मोनिक स्वर्ण नैनो कणों आधारित सुग्राही तकनीक का विकास :

पेयजल को प्रदूषण मुक्त रखने व जलीय परिस्थिति को स्वस्थ बनाये रखने के लिए जल में प्राकृतिक या कृत्रिम प्रक्रियाओं के कारण उपस्थित कैंसर कारक भारी धातु के आयन (जैसे Hg, Pb, As) का पता लगाना महत्वपूर्ण है। प्लाज्मोनिक स्वर्ण नैनो कणों का वर्धन साइट्रेट जलीय विलयन में लेसर अपसरण एवं आर्द्र रसायनिक विधि के उपयोग से किया गया। इनको थाइऑल लिगेण्डस के साथ उनके अंतकण पृथक्करण व प्रेरित प्लाज्मोन युग्मक को कम करने हेतु आच्छादित (capped) किया गया। जलीय प्रतिदर्शों में इन समुच्चयन Hg²⁺ आयन्स का पता लगभग 50 ppb सांद्रण के साथ लगाया गया। चित्र.V.2.2 में घटते हुए Hg²⁺ आयन सांद्रण के साथ स्वर्ण नैनो कणों के विशिष्ट स्वर्णमापी (कोलोरीमेट्रीक) परिवर्तन को दर्शाया गया है। प्लाज्मोनिक स्वर्ण नैनो कणों का उपयोग वास्तविक काल एवं मूल्य प्रभावी संवेदक में प्रभावी हो सकता है। इस तकनीक में Hg²⁺ सांद्रण के साथ रंग (प्लाज्मोन अनुनाद तरंगदैर्घ्य) परिवर्तन को दिखाया गया है।

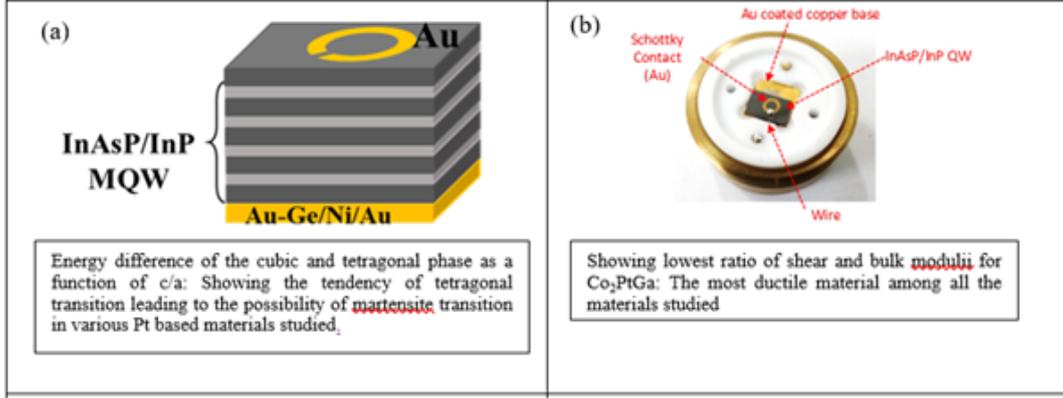


चित्र.V.2.2.: घटते हुए Hg²⁺ आयन सांद्रण के साथ स्वर्ण नैनो कणों का विशिष्ट वर्णमापी परिवर्तन बाएं से : 30 μM , 3 μM , 300nM, 30 nM, 10 nm, 1 nM बगैर Hg²⁺।

V.2.3. InAsP/InP मल्टीपल क्वांटम कूप आधारित IR संसूचक :

Schottky जंक्शन आधारित InAsP/InP बहु क्वांटम कूप (QW) प्रकाश संसूचक का संविरचन कर अवरक्त संसूचक उपयोग हेतु परीक्षण किया गया (चित्र.V.2.3)। इस Au-Ge/Ni/Au धात्विक संपर्क का

निक्षेपण n+InP अवस्तरों पर ओहमिक संपर्क रूप देने हेतु किया गया। Schottky संपर्क स्वर्ण (Au) से निर्मित किया गया एवं Au तारों का उपयोग दोनों प्रकार के संपर्क से अंतिम विद्युत संपर्क बनाने में किया गया। संविरचित संसूचक की मापित स्पेक्ट्रल अनुक्रिया लगभग 1 μm तरंगदैर्घ्य पर 9 mA/W की शीर्ष अनुक्रियाशीलता दर्शाती है।



चित्र. V.2.3: स्वदेशी विकसित QW संसूचकों के उपयोग से InGaAs / GaAs QW रिकॉर्ड का व्यवस्थित आरेख।

V.2.4. पायरो-विद्युत आधारित लेसर ऊर्जा मीटर उपयोग के लिए विरल मृदा डोपड स्ट्रॉन्शियम बेरियम नायोबेट (SBN) -सिंगल क्रिस्टल :

सीसा-मुक्त स्ट्रॉन्शियम बेरियम नायोबेट (SBN) ने पायरो-विद्युत आधारित अवरक्त संसूचक पदार्थ के रूप में उनके उच्च पायरोविद्युत गुणांक के कारण यथेष्ट प्रभाव दिखाया है। अनडोपड एवं Gd एवं Ce डोपड (0.125 व 0.25 mol % दोनों के लिए) Sr_{0.61}Ba_{0.39}Nb₂O₆ सिंगल क्रिस्टल ~6 mm व्यास एवं 15-20 mm लम्बाई का वर्धन प्रकाशिकी फ्लोरिंग ज़ोन तकनीक द्वारा किया गया। Gd डोपड SBN (~29 V/J) में स्पंद एनडी:याग लेसर उत्पादन (1064 nm, 7 ns) के लिए संसूचक सुग्राहिता में अनडोपड SBN (14 V/J) की तुलना में सार्थक सुधार देखने में आया।

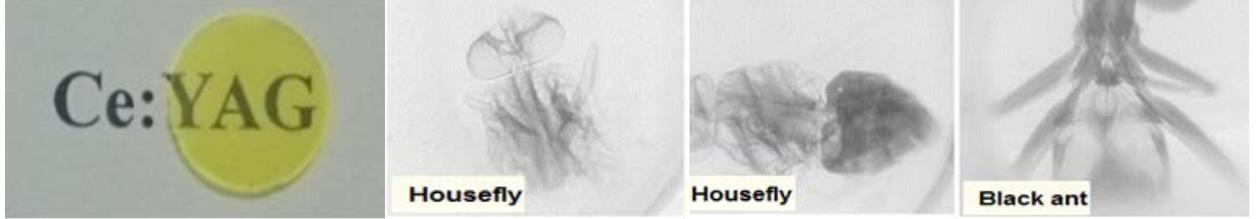
V.2.5. हाइड्रोजन आइसोटोप विनिमय के लिए Pt-Ti डोपड कार्बन ऐरोजेल उत्प्रेरक :

टाइटेनियम (Pt/Ti-CA) द्वारा आंशिक प्रतिस्थापन के साथ प्लेटिनम कार्बन ऐरोजेल को मूल्य प्रभाविता के लिए संश्लेषित कर प्रायोगिक हाइड्रोजन जल परीक्षण कॉलम में H/D आइसोटोप विनिमय हेतु परीक्षण किया गया। Ti [Pt / Ti (75:25)-CA] उत्प्रेरक द्वारा 25% Pt प्रतिस्थापन का मूल्यांकन किया गया। आइसोटोप दक्षता एवं मात्रा का स्थानांतरण क्रमशः 83% व 0.3 m³ (STP) s⁻¹m⁻³ पाया गया। समान परीक्षण दशाओं के तहत परीक्षण किए गए Pt-CA उत्प्रेरक का प्रदर्शन का मान समतुल्य था।

V.2.6. एक्सरे प्रतिबिम्बन हेतु पारदर्शी सिरेमिक :

सीरियम डोपड यट्रियम एल्यूमीनियम गारनेट (Ce:YAG) एक जाना पहचाना प्रस्फुटक (scintillator) है, जिसका उपयोग आयनकारी विकिरण का पता लगाने एवं चिकित्सा रेडियोग्राफी प्रतिबिम्बन में होता है।

सीरियम (Ce) डोपड पारदर्शी YAG-सिरेमिक का निर्माण घरेलू संसाधनों से किया गया एवं उसका परीक्षण एक्सरे प्रतिबिम्बन हेतु एक्सरे लिथोग्राफी इण्डस-2 की बीमलाइन (BL-07) पर किया गया (चित्र. V.2.6.1)। वस्तु से गुज़रने वाली एक्सरे बीम का अवशोषण/संचार वस्तु के विभिन्न अंगों में विभिन्न तरीके से होता है। सिरेमिक प्रतिदर्शों पर पड़ने वाली परिवर्ती तीव्रता उस वस्तु का प्रत्यक्ष चित्र उसके प्रस्फुटन प्रभाव के कारण उत्पन्न करती है। सिरेमिक प्रस्फुटक पर उत्पन्न चित्र को प्रत्यक्ष CCD कैमरे द्वारा लिया गया। इस प्रतिदर्श द्वारा 15-20 माइक्रॉन का स्थानिक विभेदन प्राप्त किया गया।

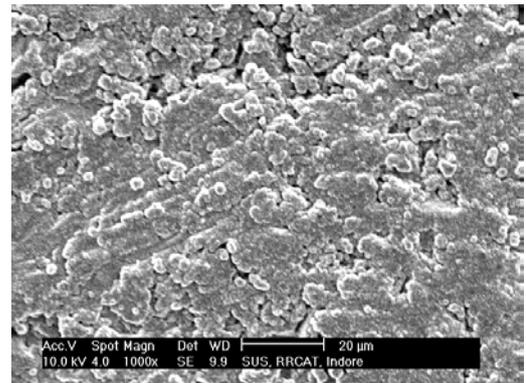
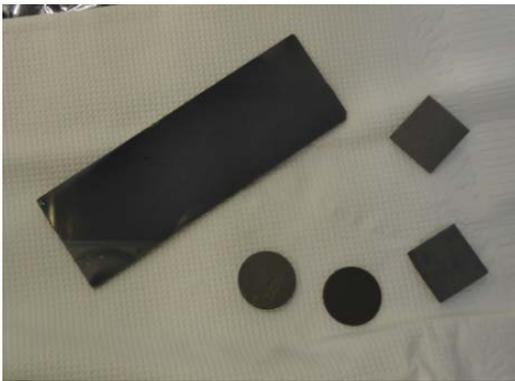


चित्र. V.2.6.1: घरेलू संसाधनों से निर्मित पारदर्शी Ce:YAG सिरेमिक।

चित्र. V.2.6.2: पारदर्शी सिरेमिक Ce:YAG पर रिकॉर्ड की गई मृत घरेलू मक्खी एवं काली चींटी का रेडियोग्राफिक चित्र।

V.2.7. सिरेमिक प्रतिदर्श पर टाइटेनियम तनु फिल्म की कोटिंग :

DN 100 CF (जंगरोधी इस्पात) वृत्ताकार कक्ष (चित्र. V.2.7.1) की आंतरिक सतह टाइटेनियम कोटिंग के लिए मेग्नेट्रॉन कणक्षेपण प्रणाली का उपयोग किया गया। सह-केन्द्रीय प्रोब तकनीक का उपयोग कोटिंग की मोटाई को मापने में किया गया। मापी गई मोटाई ~ 0.8 to $0.9 \mu\text{m}$ पायी गयी। कोटिंग का विश्लेषण SEM EDAX के उपयोग से इसके विविध तत्वों के संयोजन हेतु किया गया (चित्र. V.2.7.2), इनमें Ti-92.97%, Al-1.7%, Si-4.27%, Mg-1.07% पाया गया। इण्डस-2 के किकर सिरेमिक कक्ष कोटिंग के लिए इष्टतमीकरण अध्ययन प्रगति पर है।



चित्र. V.2.7.1: टाइटेनियम कोटिंग अवस्तर।

चित्र. V.2.7.2: टाइटेनियम परत का SEM चित्र।

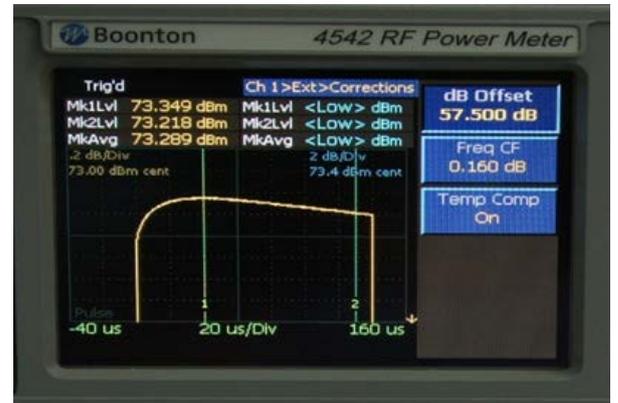
VI. अंतर्राष्ट्रीय सहयोग :

VI.1. DAE-CERN सहयोग के तहत स्पंद ठोस अवस्था ऊर्जा प्रवर्धक (SSPA) का निर्माण एवं परिनियोजन :

एक ठोस अवस्था प्रवर्धक का निर्माण कर उसे CERN, जेनेवा में संहत रेखीय कॉलाइडर (CLIC) चालित बीम अंतःक्षेपण के सब-हारमोनिक बंचिंग प्रणाली को ऊर्जान्वित करने हेतु अधिष्ठापित किया गया है (चित्र. VI.1.1)। यह प्रवर्धक स्पंद चौड़ाई 140.3 μ s एवं पुनरावृत्ति दर 50 Hz के साथ 20 kW शीर्ष ऊर्जा प्रदान करता है (चित्र. VI.1.2)। प्रवर्धक की विशेषताओं में केन्द्रीय आवृत्ति 499.75 MHz पर 58 MHz की 3 dB बैंडविथ एवं शीर्ष ऊर्जा पर 59 dB प्रदान करता है। इस प्रवर्धक स्पंद से स्पंद अवस्था एवं आयाम स्थायित्व क्रमशः 1° एवं 0.1 dB से बेहतर प्राप्त हुई।



चित्र. VI.1.1 : 20 kW ठोस अवस्था ऊर्जा प्रवर्धक।



चित्र. VI.1.2: SSPA की उत्पादित ऊर्जा

VII. आधारभूत सुविधाएं :

VII.1. कम्प्यूटर सुविधाएं :

VII.1.1. ई-गवर्नेंस : विविध कार्य-प्रवाह आधारित सॉफ्टवेयर अनुप्रयोगों को विकसित कर उन्हें आरआरकेट इन्फोनेट पर उपलब्ध कराया गया है (आरआरकेट सूचना पोर्टल), जिसमें शामिल है: ई-लॉगबुक इण्डस बीमलाइन, व्यक्तिगत विकिरण मात्रा निगरानी पोर्टल, चिकित्सा केन्द्र सूचना प्रबंधन प्रणाली, CL/Sp.CL व छुट्टी आवेदन हेतु डिजिटल हस्ताक्षर प्रमाणपत्र (DSC) समर्थ आवेदन, IRSU से उपलब्ध भंडार सामग्री को प्राप्त करने हेतु DSC आधारित अनुमोदन के लिए ऑनलाइन भंडार मांग के लिए कार्य आधारित सॉफ्टवेयर, वर्कशॉप में किए जाने वाले विभिन्न कार्यों हेतु ऑनलाइन मांग के लिए कार्य आधारित मांग एवं अनुमोदन सॉफ्टवेयर, कर्मचारियों की 'बाहरी ज्यूटी' संबंधी रिकॉर्ड हेतु प्रभाग/स्वतंत्र अनुभाग, प्रमुखों का इलेक्ट्रॉनिक अनुमोदन जिसे कर्मचारियों के व्यक्तिगत वैयक्तिक विवरण के साथ एकीकृत किया गया है।

VII.1.2. डेटा केन्द्र को 200 kVA सर्वर लोड लेने हेतु अपग्रेड किया गया है। यह सर्वर लोड 42U आकार की 32 रेक्स में वितरित किया गया है। यह 1200 kg स्थूल सर्वर लोड लेने में सक्षम है (चित्र. VII.1.2)। शीघ्र स्मॉक संसूचक यंत्र (VESDA) एवं Novec 1230 (FK-5-1-12 प्रतिनिधि) गैस आधारित अग्निशमन प्रणाली को भी डेटा

केन्द्र में एकीकृत किया गया है। डेटा केन्द्र के अंदर वीडियो निगरानी एवं बायोमेट्रिक प्रवेश नियंत्रण प्रणाली को भी एकीकृत किया गया है।



चित्र. VII.1.2: शुरू किए गए डाटा केन्द्र का चित्र।

VII.1.3. एक नयी इलेक्ट्रॉनिक संदेश/मेल प्रणाली बढ़े हुए उपयोगकर्ता ई-मेल डेटा भंडारण के साथ संस्थान के ~2000 इंजीनियर्स/वैज्ञानिक/शोधार्थियों/प्रशासनिक स्टाँफ के आंतरिक उपयोग हेतु शुरू की गयी है।

VII.1.4. आरआरकेट परिसर के चारों तरफ विद्युत फेंस की स्थिति का अवलोकन करने हेतु वेब आधारित निगरानी प्रणाली की डिज़ाइन, उसका निर्माण कर शुरू कर दिया गया है, जिससे सुरक्षाकर्मियों को संस्थान की सीमा में घुसपैठ की निगरानी में मदद मिलेगी एवं वे समय पर आवश्यक कार्यवाही कर सकेंगे।

VII.1.5. प्रगत RISC मशीन (ARM) के उपयोग से कर्मचारियों के पहचानपत्र बनाने हेतु फोटो एवं हस्ताक्षर व अपलोड करने के लिए प्रणाली विकसित की गई है।

VII.2. निर्माण संबंधी आधारभूत सुविधाएं :

VII.2.1. अनेकों नयी प्रयोगशाला भवनों के निर्माण कार्य को पूरा किया गया।



चित्र. VII.2.1.1: आयन स्रोत भवन।



चित्र. VII.2.1.2: PEB - क्रायो मॉड्यूल इंजीनियरिंग प्रयोगशाला।



चित्र. VII.2.1.3: अतिचालक रेडियो आवृत्ति प्रयोगशाला के क्लीन कक्ष हेतु सहायक भवन।



चित्र. VII.2.1.4: CISF कर्मचारियों हेतु 'A' श्रेणी के 40 आवासों का निर्माण।

VII.2.2. पर्यावरण हेतु हरित पहल : सुखनिवास तालाब के चारों ओर Landscaping किया गया। एक नये सोलर फाउन्टेन को परिनियोजित कर उसका प्रयोगिक प्रदर्शन शुरू किया गया है। (चित्र. VII.2.2.1)। केंचुओं द्वारा बागवानी अपशिष्ट के निपटान हेतु वर्मी-कम्पोस्ट गतिविधि को पूर्ण किया गया। (चित्र. VII.2.2.2)।



चित्र. VII.2.2.1: सौर चालित फव्वारा।



चित्र. VII.2.2.2: वर्मी-कल्चर शेड।

VIII. मानव संसाधन विकास :

VIII.1. मानव संसाधन विकास गतिविधियां :

आरआरकेट में मानव संसाधन विकास गतिविधियां देश में वैज्ञानिक एवं तकनीकी मानवश्रम की गुणवत्ता के विकास में विशेष योगदान देती है। प्रशिक्षु वैज्ञानिक अधिकारी (TSOs) को भौतिकी, विद्युत, इलेक्ट्रॉनिक्स विधा में एकवर्षीय प्रशिक्षण दिया जाता है, जो कि उनके HBNI, मुंबई के एम.टेक. एवं पीएच.डी. उपाधि को सफलतापूर्वक पूरा करने हेतु एक वर्षीय पाठ्यक्रम में भी सहायक होता है। 17 वें बैच में 4 TSOs ने त्वरक एवं लेसर के क्षेत्र में एक वर्षीय अभिमुखीकरण पाठ्यक्रम पूरा किया है एवं उन्हें परमाणु ऊर्जा विभाग की विभिन्न इकाईयों में नियुक्त किया गया है। 3TSOs जो गत वर्ष विभिन्न BARC प्रशिक्षण विद्यालय से पास-आऊट हुए हैं, उन्हें SO/C के रूप में आरआरकेट में नियुक्ति दी गई है एवं उन्हें एम.टेक. उपाधि प्रदान की गई है। एक वर्षीय प्री-डॉक्टरल पाठ्यक्रम को पूरा करने वाले पीएच.डी. शोधार्थियों की संख्या 6 है एवं वर्तमान में 4 पीएच.डी. शोधार्थी अध्ययनरत हैं। वर्ष 2016-17 के दौरान 10 शोधार्थियों को आरआरकेट, HBNI द्वारा उपाधि प्रदान की गई। आरआरकेट द्वारा विभिन्न विश्वविद्यालयों एवं इंजीनियरिंग महाविद्यालयों के एम.टेक./एम.एस.सी. विद्यार्थियों को उनके एक वर्ष/छमाह परियोजना कार्य के अवसर भी उपलब्ध कराता है, जिससे उनके डिग्री पाठ्यक्रम को आंशिक रूप से पूरा करने में मदद मिलती है। इस वर्ष विभिन्न विश्वविद्यालयों/संस्थानों के 110 विद्यार्थियों ने अपने एम.टेक. परियोजना कार्य को आरआरकेट में पूरा किया।

IX. आउटरीच गतिविधियां :

IX.1. प्रमाणपत्र पाठ्यक्रम: प्रत्येक वर्ष आरआरकेट द्वारा आठ सप्ताह का "त्वरकों, लेसरों एवं संबद्ध विज्ञान एवं प्रौद्योगिकियों पर अभिमुखीकरण पाठ्यक्रम" का आयोजन किया जाता है। तीसरे OCAL-17 पाठ्यक्रम का आयोजन 22 मई - 14 जुलाई, 2017 को किया गया। 16 राज्यों से 40 स्नातकोत्तर विद्यार्थियों (एम.एस.सी., एम.टेक., एम.ई.), ने सफलतापूर्वक यह पाठ्यक्रम पूरा किया, जिनमें व्याख्यान, आमंत्रित वार्ताएं, प्रत्यक्ष प्रयोग, आरआरकेट प्रयोगशालाओं का भ्रमण, संगोष्ठियां एवं औद्योगिक भ्रमण शामिल था। इस पाठ्यक्रम का उद्देश्य देश के युवा विद्यार्थियों को सामान्यतः विज्ञान व प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में एवं विशेषतौर से त्वरक एवं लेसर के क्षेत्र में अपना कैरियर बनाने हेतु प्रेरित करना है।



चित्र.IX.1.1. श्री जी. कल्याणकृष्णन, मुख्य कार्यकारी ना.ई.स. हैदाराबाद OCAL-17 के उद्घाटन समारोह में व्याख्यान देते हुए।



चित्र .IX.1.2. श्री एस.के. शर्मा, सी.एम.डी. एनपीसीआईएल, OCAL-17 के समापन समारोह में विद्यार्थियों को प्रमाणपत्र प्रदान करते हुए।

IX.1. प्रदर्शनियों में सहभागिता : आउटरीच कार्यक्रम के तहत आरआरकेट ने 4 राष्ट्रीय प्रदर्शनियों में सहभागिता की, जिनमें 1) दिनांक 3-7 जनवरी 2017 को श्री वेंकटेश्वर विश्वविद्यालय, तिरुपति में आयोजित 104 वीं राष्ट्रीय विज्ञान कांग्रेस में " प्राइड ऑफ इण्डिया" प्रदर्शनी। 2) भोपाल विज्ञान मेला (BVM)-2017 3-6 मार्च 2017 को BHEL, दशहरा मैदान, भोपाल में आयोजित मेला जिसमें आरआरकेट पवेलियन ने 120 प्रतिभागियों में दूसरा स्थान प्राप्त किया। 3) अन्ना विश्वविद्यालय, चैन्नई में दिनांक 13-17 अक्टूबर 2017 को आयोजित भारतीय अन्तर्राष्ट्रीय विज्ञान समारोह 2017 के "मेगा विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी एक्सपो"। 4) प्लाज्मा अनुसंधान, संस्थान, गांधीनगर द्वारा दिनांक 23-25 नवंबर 2017 को निरमा विश्वविद्यालय में आयोजित NUiCONE 2017 (हरित प्रौद्योगिकी एवं नवोन्मेष प्रदर्शनी)।

IX.2. राष्ट्रीय विज्ञान दिवस समारोह : आरआरकेट द्वारा 25-26 फरवरी 2017 को विद्यालयों के विद्यार्थियों, शिक्षकों एवं स्टॉफ के परिवार के सदस्यों, रिश्तेदारों एवं आमंत्रित जनता हेतु राष्ट्रीय विज्ञान दिवस का खुला सत्र आयोजित किया गया। यहां की विभिन्न प्रयोगशालाओं में बड़ी संख्या में वैज्ञानिक प्रदर्शनियों में आरआरकेट की वैज्ञानिक एवं तकनीकी गतिविधियों की जानकारी दी गई, जिसमें मूलभूत विज्ञान की कुछ संकल्पनाओं को भी प्रदर्शित किया गया। इन्दौर शहर एवं आसपास के स्थानों से 105 विद्यालयों के लगभग 1400 विद्यार्थियों एवं शिक्षकों ने इन प्रदर्शनियों का अवलोकन किया। इस वर्ष की विशिष्ट उपलब्धि यह रही की श्रवण-बाधित एवं मूक-बधिर विद्यार्थियों हेतु विशेष प्रबंध दुभाषियों की सहायता से किया गया। "मेक इन इण्डिया गैलेरी" में आरआरकेट में हाल ही में शुरू की गई महत्वपूर्ण वैज्ञानिक उपलब्धियां एवं घरेलू संसाधनों से विकसित की गई प्रौद्योगिकियों को दर्शाया गया।

X. आरटीआई विवरण :

जनवरी से दिसंबर 2017 तक प्राप्त आरटीआई आवेदनों एवं उनके निपटान का विवरण इस प्रकार है.

माह	प्राप्त आरटीआई आवेदनों की संख्या	निपटान किए गए आवेदनों की संख्या
जनवरी	16	09
फरवरी	05	12
मार्च	17	13
अप्रैल	17	12
मई	12	17
जून	17	11
जुलाई	08	17
अगस्त	24	21
सितंबर	21	14
अक्तूबर	08	15
नवंबर	16	09
दिसंबर	10	06
कुल	171	156