

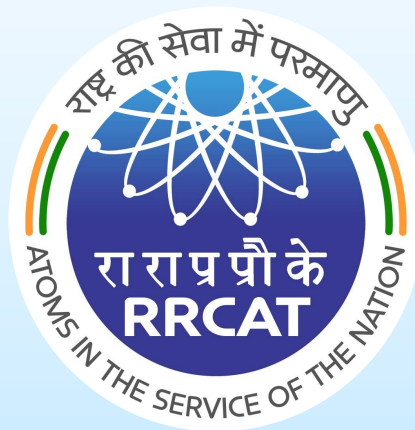
भारत सरकार / Government of India

परमाणु ऊर्जा विभाग / Department of Atomic Energy

राजा रामन्ना प्रगत प्रौद्योगिकी केन्द्र, इंदौर

Raja Ramanna Centre for Advanced Technology

Indore



वार्षिक रिपोर्ट 2022-23

Annual Report 2022-23



विषय सूची / Content	पृष्ठ क्र. Page No.
कार्यकारी सारांश / Executive Summary	1 - 3
विवरणात्मक भाग / Descriptive Part	5 - 43
A. बुनियादी और अनुप्रयोगी अनुसंधान/ Basic and Applied research	5 - 8
B. इंडस बीमलाइनों का परिचालन संवर्द्धन / Operational enhancements for Indus beamlines	8 - 9
C. उन्नत प्रौद्योगिकियां , विकिरण प्रौद्योगिकियां और उनके अनुप्रयोग / Advanced technologies, Radiation technologies and their applications	10 - 33
C.1. कण त्वरक / Particle Accelerators	10-14
C.2. लेसर अनुसंधान एवं विकास / Lasers Research & Development	14-21
C.3. लेसर अनुप्रयोग / Laser Applications	21-32
C.4. विकिरण प्रौद्योगिकियां / Radiation Technologies	32-33
D. प्रौद्योगिकी हस्तांतरण और सहयोगी अनुसंधान / Technology transfer and collaborative research	34 - 37
E. अवसंरचना / Infrastructure	38 - 39
F. अन्य गतिविधियां / Other activities	40 - 40
G. जनसंपर्क गतिविधियां / Public Outreach activities	40 - 43
H. प्रशासन एवं लेखा / Administration and Accounts	43 - 43
I. राजभाषा गतिविधियां	43 - 43
J. अजा, अजजा एवं अपिव का प्रतिनिधित्व / Representation of SC , ST & OBC	44 - 44

मुख्य पृष्ठ / **Front Cover** : बृहत केडीपी क्रिस्टल, लेसर कर्तन यंत्र, 1 किलोवाट फाइबर लेसर, मास्टर ऑसिलेटर पावर एम्पलीफायर (एमओपीए), कैविटी ट्यूनिंग, बीएल -20 प्रायोगिक स्टेशन। / Largest KDP Crystal, Laser Cutting Tool, 1 kW Fiber Laser, Master Oscillator Power Amplifier (MOPA), Cavity Tuner, BL-20 Experimental Station.

पश्च पृष्ठ / **Back Cover** : 10 MeV, 10 किलोवाट लिनाक (कीर्ति 1010) / 10 MeV, 10 kW LINAC (KIRTI 1010)

Annual Report 2022-23

वार्षिक रिपोर्ट 2022-23

Executive Summary

Raja Ramanna Centre for Advanced Technology (RRCAT), Indore is premier centre for Research and Development in applications of lasers, particle accelerators and associated technologies. The synchrotron radiation sources (Indus-1 and Indus-2) at RRCAT were operated as National facility in round-the-clock mode for 334 days (beam availability: 20 hrs/ day) and 332 days (beam availability: 17 hrs/ day) respectively. At present 7 beam lines in Indus-1 and 18 beam lines in Indus-2 respectively are operational. Over 1047 user experiments have been carried out with more than 120 research publications. Pharma industry users have also utilised the facility. MoUs have been signed with each of the industry users.

A new X-Ray Magnetic Circular Dichroism (XMCD) beamline has been commissioned. Operational enhancements for beam-lines have been carried out which included Soft x-ray fluorescence and absorption measurement setup on BL-03 and x-ray fluorescence and total reflectance system on BL-16.

Three HB650 Super Conducting RF cavities developed at RRCAT have been qualified for assembly in Proton

कार्यकारी सारांश

राजा रामन्ना प्रगत प्रौद्योगिकी केन्द्र (आरआरकेट) इंदौर, लेसर, कण त्वरक और संबंधित प्रौद्योगिकियों के अनुसंधान और विकास तथा उनके अनुप्रयोगों में कार्यरत प्रमुख केन्द्र है। राष्ट्रीय सुविधा सिंक्रोट्रॉन विकिरण स्रोत इंडस-1 और इंडस-2 को क्रमशः 334 दिनों (बीम उपलब्धता : 20 घंटे/ दिन) और 332 दिनों (बीम उपलब्धता: 17 घंटे/ दिन) के हिसाब से दिन रात प्रचालित किया गया। वर्तमान में इंडस-1 में 7 बीमलाइनें और इंडस-2 में 18 बीमलाइनें कार्यरत हैं। लगभग 120 से अधिक शोध प्रकाशनों के साथ 1047 प्रयोग पूरे किए जा चुके हैं। फार्मा उद्योग के उपयोगकर्ताओं ने भी सुविधा का उपयोग किया है और इस के लिए उनके साथ समझौता ज्ञापन पर हस्ताक्षर किए गए हैं।

एक नये एक्स-रे मैग्नेटिक सर्कुलर डाइक्रोइज्म (एक्सएमसीडी) बीमलाइन को कमीशन किया गया और बीमलाइनों के लिए परिचालन के उन्नयन हेतु कुछ कार्य किए गए जिनमें BL-03 पर सॉफ्ट एक्स-रे प्रतिदीप्ति और अवशोषण मापन सेटअप तथा BL-16 पर एक्स-रे प्रतिदीप्ति और पूर्ण परावर्तन प्रणाली शामिल हैं।

केन्द्र में विकसित तीन HB-650 अतिचालक रेडियो आवृत्ति गुहिकायें फर्मी लैब यूएसए के, प्रोटॉन इम्प्रूवमेंट प्रोग्राम-II के

Improvement Program-II prototype Cryo-Module at Fermi lab, USA.

The electron beam radiation processing facility (ARPF) has been offered to industry under incubation activities. The facility uses a 10 MeV, 6 kW in-house developed electron linac. It has ISO 9001 and ISO 13485 certificates. Further FDA licence along with AERB licence has been obtained. The facility has been used by industries from various parts of the country for sterilization of medical items.

In the area of lasers, development of engineered versions of 1.5 kW average power and 30 kW peak power long pulse Nd: YAG laser and 1 kW CW fibre laser have been completed. Several laser based systems for applications in the area of nuclear energy are developed. They include, underwater cutting of end plates of fuel bundle, welding of fuel pins, cutting 30 mm recirculation tubes etc. Development of specialized lasers has been carried out which includes, ultra-narrow line-width laser (100 Hz), 2 W mode locked ultrafast fiber laser etc.

Laser Additive manufacturing (LAM) setup has been augmented with addition of 2 kW Fiber Laser for Directed Energy Deposition System. Components from

प्रोटोटाइप क्रायो-मॉड्यूल में असेंबली के लिए चयनित हो चुकी है।

उद्भवन (इनक्यूबेशन) गतिविधियों के तहत इलेक्ट्रॉन बीम विकिरण प्रसंस्करण सुविधा (एआरपीएफ) को उद्योग के लिए उपलब्ध कराया गया है। यह सुविधा 10 MeV, 6 kW स्वनिर्मित इलेक्ट्रॉन लिनेक का उपयोग करती है और यह ISO 9001 और ISO 13485 प्रमाणित हैं। इसके अलावा एईआरबी लाइसेंस के साथ एफडीए लाइसेंस भी प्राप्त किये जा चुके हैं। इस सुविधा का उपयोग देश के विभिन्न हिस्सों के उद्योगों द्वारा लाई गयी चिकित्सकीय वस्तुओं के निर्जंतुकरण के लिए किया गया है।

लेसर के क्षेत्र में, 1.5 kW औसत शक्ति और 30 kW शीर्ष शक्ति दीर्घ स्पंद Nd:YAG लेसर और 1 kW चिरतरंग (CW) तन्तु (फाइबर) लेसर के अभियंत्रण संस्करण का विकास पूरा हो गया है। परमाणु ऊर्जा संबंधी अनुप्रयोगों के लिए कई लेसर आधारित प्रणालियां विकसित की गई हैं, जिनमें ईंधन बंडल की अंत्य प्लेटों की पानी के अंदर कटाई, ईंधन पिनों की वेल्डिंग, 30 mm मोटाई की रीसक्यूलेशन ट्यूबों की कटाई आदि शामिल हैं। गुरुत्व तरंग संबंधी गतिविधि के लिए 100 Hz अतिसंकीर्ण लाइन-चौड़ाई लेसर, 2 W मोड लॉक अल्ट्राफास्ट तन्तु (फाइबर) लेसर का विकास किया गया है।

डायरेक्टेड एनर्जी डिपोजिशन सिस्टम के लिए 2 kW तन्तु (फाइबर) लेसर को शामिल कर लेसर एडिटिव मैनुफैक्चरिंग (LAM) सेटअप को संवर्धित किया है। इस सेट अप का उपयोग करके ग्रेडेड इंटरफेस के साथ अलग-अलग धातुओं -

dissimilar metals - Inconel-625 and SS304L with graded interface have been developed using this set up. Intricate conformal cooling channels have been fabricated using Powder Bed Fusion based Additive Manufacturing.

On the photonics front, several research and development activities like, development of machine vision based automated metrology system for measurement of dimensions of PHWR fuel punches, development of GaAs and GaN based detectors, investigations on antiviral photodynamic therapy are carried out.

Under public outreach activities in addition to the several programs to celebrate Azadi Ka amrit Mahotsav, a unique museum to arouse interest among the students in science, technology and applications of light has been established in the heritage building of 'Sukhniwas Palace' in the RRCAT campus.

इनकॉनेल-625 और SS304L के घटक विकसित किए गए हैं। पाउडर बेड फ्यूजन आधारित एडिटिव मैनुफैक्चरिंग का उपयोग करके जटिल संरूपी शीतलन चैनल तैयार किए गए हैं।

फोटोनिक्स के क्षेत्र में अनुसंधान और विकास गतिविधियों में, पीएचडब्ल्यूआर (PHWR) ईंधन पंचों के आयामों के मापन के लिए मशीन विजन आधारित स्वचालित मेट्रोलॉजी (मापन) प्रणाली का विकास, GaAs और GaN आधारित संसूचकों का विकास, एंटीवायरल फोटोडायनामिक थेरेपी आदि शामिल हैं।

जनसंपर्क गतिविधियों के अंतर्गत केन्द्र में " आज़ादी का अमृत महोत्सव " के उपलक्ष्य में प्रकाश संबंधी विज्ञान , प्रौद्योगिकी व उसके अनुप्रयोगों पर आधारित अन्ूठे संग्रहालय का शुभारंभ किया गया । यह एतिहासिक "सुखनिवास महल" के भवन में स्थापित किया गया है। इसका उद्देश्य विध्यार्थियों में प्रकाश के विषय में जिज्ञासा व रुचि जागृत करना है ।

Descriptive Part

Raja Ramanna Centre for Advanced Technology (RRCAT), Indore is a premier centre for Research & Development and applications of lasers, particle accelerators and associated technologies. Annual Report for the year 2022-23 is given below:

A. Basic and Applied research

Indus Accelerators:

Operation and improvements:

The synchrotron radiation sources Indus-1 and Indus-2, at RRCAT were operated as National facility in round-the-clock mode for 334 days and 332 days respectively. At present 7 beam-lines in Indus-1 and 18 beam-lines in Indus-2 respectively are operational. The availability of synchrotron radiation beam for users has been of the order of 6800 Hrs. (20 hours/day) and 5620 Hrs. (17 hours/day) in Indus-1 and Indus-2 respectively. Over 1047 user experiments have been carried out with more than 120 research publications. Pharma industry users have also utilised the facility. MoUs have been signed with each of the industry users.

विवरणात्मक भाग

राजा रामन्ना प्रगत प्रौद्योगिकी केन्द्र , इंदौर लेसर, कण त्वरक और संबंधित प्रौद्योगिकियों के अनुसंधान और विकास तथा अनुप्रयोगों के लिए एक प्रमुख केन्द्र है। वर्ष 2022-23 के लिए वार्षिक रिपोर्ट नीचे दी गई है:

A. बुनियादी और अनुप्रयोगी अनुसंधान

इंडस त्वरक:

संचालन और सुधार:

सिंक्रोट्रॉन विकिरण स्रोत इंडस-1 और इंडस-2 को राष्ट्रीय सुविधा के रूप में क्रमशः 334 दिनों और 332 दिनों के लिए दिन-रात प्रचालित किया गया। वर्तमान में इंडस-1 में 7 बीमलाइनें और इंडस-2 में 18 बीमलाइनें कार्यरत हैं। इंडस-1 और इंडस-2 में सिंक्रोट्रॉन विकिरण बीम की उपलब्धता क्रमशः लगभग 6800 घंटे (20 घंटे / दिन) और 5620 घंटे (17 घंटे/दिन) रही है। लगभग 120 से अधिक शोध प्रकाशनों के साथ 1047 प्रयोग पूरे किए जा चुके हैं। फार्मा उद्योग के उपयोगकर्ताओं ने भी सुविधा का उपयोग किया है और इस के लिए उनके साथ समझौता ज्ञापन पर हस्ताक्षर किए गए हैं।

Upgradation measures:

An Ultra-high vacuum compatible, Fluorescent Screen Monitor (FSM) and a Synchrotron Light Monitor (SLM) have been developed for installation in Indus-1. These will be used to observe the position and spot size of the electron beam and continuous visible SR light at 10° port of dipole chamber DP-4 in the upgraded Indus-1 during the first turn of beam injection.



Fluorescent screen monitor.
फ्लोरोसेंट स्क्रीन मॉनिटर

Eight sets of combined function magnets have been developed for performance improvement of Indus-2, these magnets produce sextupole as the main component along with producing skew quadrupole and horizontal & vertical dipole fields respectively.

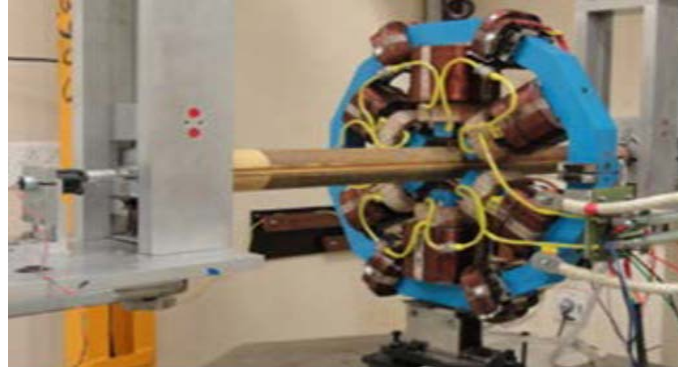
उन्नयन उपाय:

इंडस-1 में स्थापना के लिए एक अल्ट्रा-हाई वैक्यूम अनुरूप फ्लोरोसेंट स्क्रीन मॉनिटर (एफएसएम) और एक सिंक्रोट्रॉन लाइट मॉनिटर (एसएलएम) विकसित किये गये हैं। इनका उपयोग बीम इंजेक्शन के पहले चक्र के दौरान उन्नत इंडस-1 में द्विध्रुवीय कक्ष डीपी-4 के 10° पोर्ट पर इलेक्ट्रॉन बीम और निरंतर दृश्यमान एसआर प्रकाश की स्थिति और स्पॉट आकार का निरीक्षण करने के लिए किया जाएगा।



Synchrotron Light Monitor
सिंक्रोट्रॉन लाइट मॉनिटर

इंडस-2 के प्रदर्शन में उन्नयन के लिए संयुक्त फंक्शन मैग्नेट के आठ सेट विकसित किए गए हैं, ये मैग्नेट क्रमशः तिरछा क्वाड्रिपोल और क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर द्विध्रुवीय क्षेत्रों का उत्पादन करने के साथ-साथ मुख्य घटक के रूप में सेक्सटुपोल का उत्पादन करते हैं।



The Combined function magnet on the measurement bench.

मापन बेंच पर संयुक्त फ़ंक्शन चुंबक

Development of power converter cards required for auxiliary coils of Harmonic Sextupole Magnets in Indus-2 has been completed. The bipolar power converter is capable of delivering up to ± 50 V DC output voltage, up to ± 15 A DC output current, and up to 600 W output power, and is capable of being operated in both the polarities of output voltage and current, with smooth zero cross-over. It is equipped with precision current sensor, electronics and on-board constant-temperature bath that provides output current stability within ± 100 ppm of the full-scale current.

इंडस-2 में हार्मोनिक सेक्स्टुपोल मैग्नेट के सहायक कॉइल के लिए आवश्यक पावर कनवर्टर कार्ड का विकास पूरा हो गया है। बाइपोलर पावर कनवर्टर ± 50 V डीसी आउटपुट वोल्टेज, ± 15 A डीसी आउटपुट करंट और 600 W आउटपुट पावर देने में सक्षम है, और निर्बाध शून्य क्रॉस-ओवर के साथ आउटपुट वोल्टेज और करंट दोनों ध्रुवीयता में संचालित होने में सक्षम है। यह सटीक करंट सेंसर, इलेक्ट्रॉनिक्स और ऑन-बोर्ड स्थिर-तापमान कुंड से लैस है जो पूर्ण पैमाने पर ± 100 ppm स्थिरता के भीतर आउटपुट करंट प्रदान करता है।



Power converter card.

पावर कनवर्टर कार्ड



Batch of power converters.

पावर कनवर्टर्स का बैच

B. Operational enhancements for Indus beamlines

Beam line (BL-03) Indus-2:

An energy dispersive soft x-ray fluorescence measurement setup is designed, installed and commissioned for soft x-ray fluorescence and absorption measurements on soft x-ray reflectivity beamline (BL-03) of Indus-2. The setup can be used to measure K emission line for elements $Z=7-14$ and L emission line for $Z=20-37$. This development will further enhance the utilization of the beamline.

Beam Line (BL-16) Indus-2:

A vacuum compatible x-ray fluorescence and total reflectance x-ray fluorescence system has been designed, developed and installed on the BL-16 beamline as an additional user facility. This facility is extremely useful for enhancing the capabilities of the beamline by extending the detection capability to low Z elements ($Z < 17$) such as Na, Mg, Al, Si, S, and P in trace amounts, which is important in many fields such as semiconductor, biological and environmental sciences.

B. इंडस बीमलाइनों का परिचालन संवर्द्धन

बीम लाइन (बीएल -03) इंडस -2:

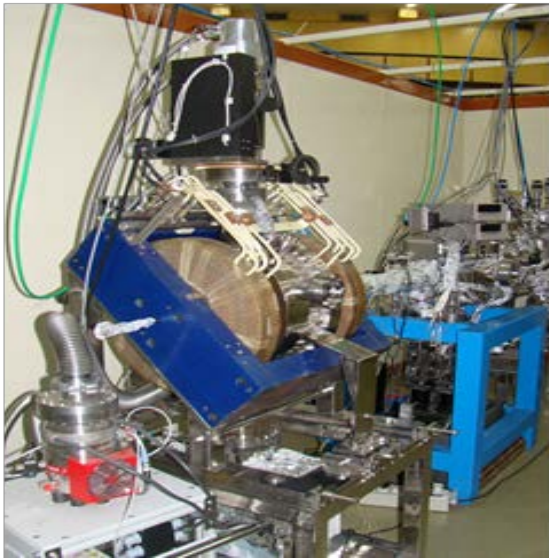
इंडस-2 के कोमल एक्स-रे परावर्तकता बीमलाइन (BL-03) पर कोमल एक्स-रे प्रतिदीप्ति और अवशोषण माप के लिए एक ऊर्जा प्रसारक कोमल एक्स-रे फ्लोरेसेंस माप सेटअप को डिजाइन, स्थापित एवं कमीशन किया गया है। सेटअप का उपयोग $Z = 7-14$ तत्वों के लिए K उत्सर्जन रेखा और $Z = 20-37$ के लिए L उत्सर्जन रेखा को मापने के लिए किया जा सकता है। यह विकास बीमलाइन के उपयोग को और बढ़ाएगा।

बीम लाइन (BL-16) इंडस -2:

एक निर्वातानुरूप एक्स-रे फ्लोरेसेंस और पूर्ण प्रतिबिंब एक्स-रे फ्लोरेसेंस सिस्टम को एक अतिरिक्त सुविधा के रूप में BL -16 बीमलाइन पर डिजाइन, विकसित एवं स्थापित किया गया है। यह सुविधा बीम लाइन की न्यून Z वाले तत्वों जैसे Na, Mg, Al, C, S और P की लेश मात्र उपस्थिति की संसूचन क्षमता में वृद्धि करके बहुत उपयोगी बनती है। जो अर्ध चालक, जैविक और पर्यावरण विज्ञान जैसे कई क्षेत्रों में महत्वपूर्ण है।

Beam Line (BL-20) Indus-2:

The X-Ray Magnetic Circular Dichroism (XMCD) Beamline BL-20 has been commissioned. This beamline is developed on an APPLE-II type helical Undulator and is the second insertion device-based beamline at Indus-2. XMCD technique is used to determine element specific magnetic properties of materials. Measurements on standard samples have been carried out to calibrate and establish the performance of the beamline.

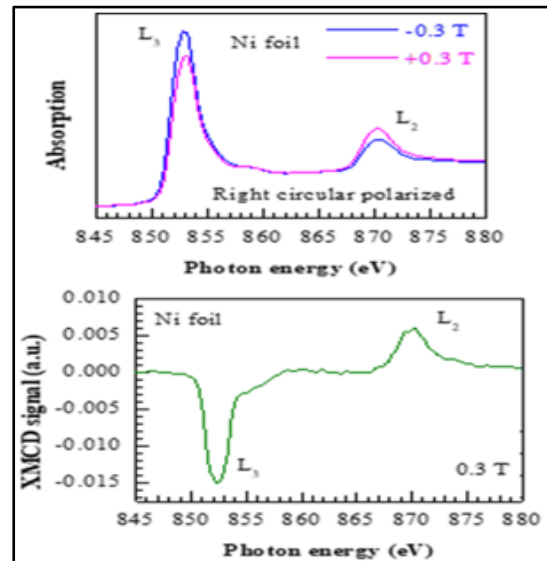


BL-20 experimental station

BL-20 प्रायोगिक स्टेशन

बीम लाइन (बीएल -20) इंडस -2:

एक्स-रे मैग्नेटिक सर्कुलर डाइक्रोइजम (एक्सएमसीडी) बीमलाइन BL -20 का प्रचालन शुरू कर दिया गया है। यह बीमलाइन एप्पल-II प्रकार के हेलिकल अंड्यूलेटर पर विकसित की गई है और इंडस-2 में कार्यरत दूसरी प्रविष्टि डिवाइस-आधारित बीमलाइन है। एक्सएमसीडी तकनीक का उपयोग सामग्री के तत्व-विशेष संबंधी चुंबकीय गुणों को निर्धारित करने के लिए किया जाता है। बीमलाइन के प्रदर्शन को जांचने और स्थापित करने के लिए मानक नमूनों पर माप किए गए हैं।



Absorption data with right circular polarised light (Top) and the XMCD signal (below)

समकोण वृत्ताकार ध्रुवीकृत प्रकाश (ऊपर) और XMCD संकेत (नीचे) के साथ अवशोषण डेटा

C. Advanced technologies, Radiation technologies and their applications:

C.1. Particle Accelerators:

Development of test stand, for 40 kW CW , 505.8 MHz solid state RF amplifier:

Development of Compact 40 kW CW, 505.8 MHz solid state power amplifier (SSPA) test stand, has been successfully accomplished. The set up will be used for high power characterization of RF sub systems and components like RF cavity, high power RF circulator, RF loads etc. This is an important development considering future commitments to Fermi lab. Currently, 505.8 MHz RF circulator is being characterized & tested with the help of this SSPA at high power.

Further, the 40 kW, 505.8 MHz solid state power amplifier which was supplied to Fermi lab, USA under IIFC, has been tested and accepted by the users.

Development of 90 kV, 500 Hz solid-state hard switched modulator for electron gun:

To bias the electron gun a hard switched solid-state modulator is developed with important specifications 90 kV switched voltage, 2 A peak current, 16 μ s pulse-width, and 500 Hz pulse

C. उन्नत प्रौद्योगिकियां, विकिरण

प्रौद्योगिकियां और उनके अनुप्रयोग:

C.1. कण त्वरक:

40 kW CW, 505.8 MHz सॉलिड स्टेट रेडियो आवृत्ति प्रवर्धक के लिए टेस्ट स्टैंड का विकास:

कॉम्पैक्ट 40 kW CW, 505.8 MHz सॉलिड स्टेट पावर एम्पलीफायर (एसएसपीए) के टेस्ट स्टैंड का विकास सफलतापूर्वक पूरा किया गया है। सेट अप का उपयोग आरएफ सब सिस्टम और घटकों जैसे आरएफ कैविटी, हाई पावर आरएफ सर्कुलेटर, आरएफ लोड आदि के उच्च शक्ति निरूपण के लिए किया जाएगा। फर्मी लैब के लिए भविष्य की प्रतिबद्धताओं को देखते हुए यह एक महत्वपूर्ण विकास है। वर्तमान में, 505.8 MHz आरएफ परिचालक का उच्च शक्ति पर इस एसएसपीए की मदद से निरूपण और परीक्षण किया जा रहा है।

इसके अलावा, IIFC के तहत फर्मी लैब, यूएसए को आपूर्ति किए गए 40 kW, 505.8 MHz सॉलिड स्टेट पावर एम्पलीफायर का परीक्षण किया गया है और इसे उपयोगकर्ताओं द्वारा स्वीकार किया गया है।

इलेक्ट्रॉन गन के लिए 90 kV , 500 Hz सॉलिड-स्टेट हार्ड स्विचड मॉड्यूलैटर का विकास:

इलेक्ट्रॉन गन को बायस करने के लिए एक हार्ड स्विचड सॉलिड-स्टेट मॉड्यूलैटर को महत्वपूर्ण विनिर्देशों 90 kV स्विचड वोल्टेज, 2 A पीक करंट, 16 μ s पल्स-चौड़ाई एवं 500 Hz पल्स पुनरावृत्ति दर के साथ विकसित किया गया है। मॉड्यूलैटर का

repetition rate. The modulator has been used to test the electron gun.



90 kV solid state pulse modulator assembly
90 kV ठोस अवस्था पल्स मॉड्यूलटर असेंबली

Commissioning of Horizontal Test Stand facility at RRCAT for testing of jacketed superconducting RF cavities at 2 K:

Horizontal Test Stand (HTS) developed at RRCAT is a unique cryogenic test facility for RF cavities. Commissioning of HTS has been carried out. Various systems related to HTS facility i.e. cryostat, cryogenic distribution system, high power RF system, low level RF control, RF protection & interface, magnetic shield, control & safety system were developed, deployed and operated successfully to test the SCRF cavity at 2 K temperature. This achievement completes full cycle of fabrication, processing, tuning, dressing and testing of Superconducting Cavities at RRCAT.

उपयोग इलेक्ट्रॉन गन के परीक्षण में किया गया है।



Testing set up for modulator assembly with electron gun. इलेक्ट्रॉन गन व मॉड्यूलटर असेंबली परीक्षण सेट

2 K तापमान पर जैकेट सुपरकंडक्टिंग आरएफ गुहाओं के परीक्षण के लिए रा रा प्र प्रौ के में क्षैतिज परीक्षण स्टैंड सुविधा शुरू करना:

रा रा प्र प्रौ के में विकसित क्षैतिज परीक्षण स्टैंड (HTS) आरएफ गुहाओं के लिए एक अद्वितीय क्रायोजेनिक परीक्षण सुविधा है। HTS का प्रचालन शुरू कर दिया गया है। HTS सुविधा से संबंधित विभिन्न प्रणालियों यानी क्रायोस्टेट, क्रायोजेनिक वितरण प्रणाली, उच्च शक्ति आरएफ प्रणाली, निम्न स्तर आरएफ नियंत्रण, आरएफ संरक्षण और इंटरफ़ेस, चुंबकीय कवच, नियंत्रण और सुरक्षा प्रणाली को 2 K तापमान पर एससीआरएफ गुहा का परीक्षण करने के लिए विकसित, तैनात और सफलतापूर्वक संचालित किया गया। यह उपलब्धि रा रा प्र प्रौ के में सुपरकंडक्टिंग कैविटीज के निर्माण, प्रसंस्करण, ट्यूनिंग, ड्रेसिंग और परीक्षण के पूर्ण चक्र को पूरा करती है।



5-cell cavity with tuner and power coupler
ट्यूनर व पावर कपलर के साथ 5-सेल गुहा।



Cavity in HTS cryostat with high power coupler
उच्च शक्ति युग्मक के साथ HTS क्रायोस्टेट में कैविटी
।

20 keV, 2 kW thermionic DC strip type electron gun for photon absorber:

A 20 keV, 2 kW thermionic DC strip type electron gun-based test set-up was designed and developed at RRCAT for testing of Photon absorbers. These Photon absorbers, also called crotches, are used to absorb unused synchrotron radiation (SR) emanating from bending magnets in synchrotron radiation sources (SRSs). The desired electron beam can be extracted using settable filament and variable powers respectively.

फोटॉन अवशोषक के लिए 20 keV, 2 kW थर्मियोनिक डीसी स्ट्रिप इलेक्ट्रॉन गन:

फोटॉन अवशोषक के परीक्षण के लिए राराप्रप्रौके में एक 20 keV, 2 kW थर्मियोनिक डीसी स्ट्रिप इलेक्ट्रॉन गन-आधारित परीक्षण सेट-अप डिजाइन और विकसित किया गया। इन फोटॉन अवशोषक, जिन्हें क्रॉच भी कहा जाता है, का उपयोग सिंक्रोट्रॉन विकिरण स्रोतों (SRS) में बंकन चुंबक से निकलने वाले अप्रयुक्त सिंक्रोट्रॉन विकिरण (SR) को अवशोषित करने के लिए किया जाता है। वांछित इलेक्ट्रॉन बीम को क्रमशः सेटेबल फिलामेंट और परिवर्ती शक्ति का उपयोग करके निकसित किया जा सकता है।



20 keV, 2 kW thermionic DC strip type electron gun.
20 keV, 2 kW थर्मियोनिक डीसी स्ट्रिप इलेक्ट्रॉन गन

Design, development of first prototype of hybrid getter pump:

A prototype hybrid getter pump for Ultra High Vacuum (UHV) has been developed and tested successfully in-house at RRCAT. This advanced technology is essentially required for next generation synchrotron radiation sources; UHV based surface science study instruments and synchrotron beamline mirrors. This technological development is an important import substitute and vital contribution towards Make in India mission.



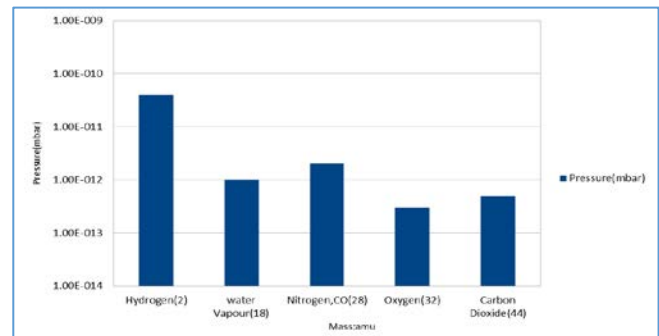
Hybrid Getter Pump
हाइब्रिड गेटर पंप

Design, development and deployment of dual channel Faraday cup electrometer at agricultural radiation processing facility (ARPF):

In the field of pulsed current measurement for linac characterisation a state of art Faraday Cup Electrometer (dual channel) has been indigenously designed, developed and deployed at agricultural radiation processing facility, Indore. The Faraday cup electrometer

हाइब्रिड गेटर पंप के पहले प्रोटोटाइप का डिजाइन एवं विकास:

अल्ट्रा हाई वैक्यूम (UHV) के लिए एक प्रोटोटाइप हाइब्रिड गेटर पंप विकसित किया और राराप्रप्रौके में सफलतापूर्वक परीक्षण किया गया है। यह उन्नत तकनीक अनिवार्य रूप से अगली पीढ़ी के सिंक्रोट्रॉन विकिरण स्रोतों, UHV आधारित सतह विज्ञान अध्ययन उपकरण और सिंक्रोट्रॉन बीमलाइन दर्पण के लिए आवश्यक है। यह तकनीकी विकास एक महत्वपूर्ण आयात विकल्प है और मेक इन इंडिया मिशन की दिशा में महत्वपूर्ण योगदान है।



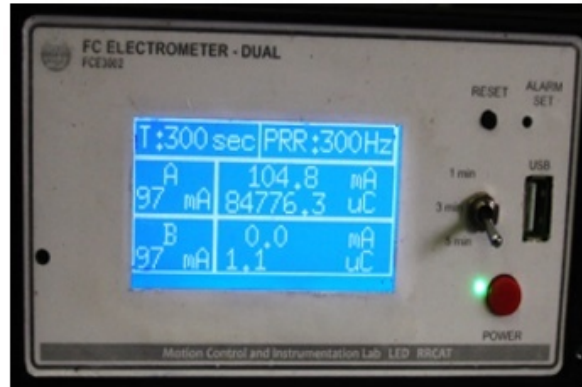
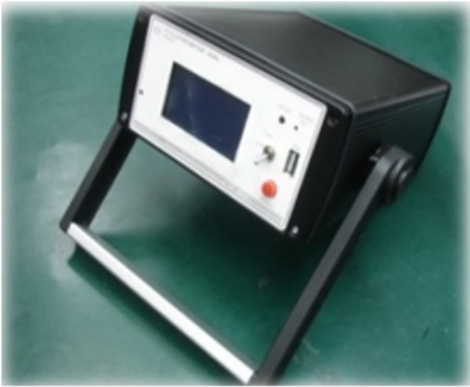
Residual gas spectrum
अवशिष्ट गैस स्पेक्ट्रम

कृषि विकिरण प्रसंस्करण सुविधा (ARPF) में दोहरे चैनल फैराडे कप इलेक्ट्रोमीटर का डिजाइन, विकास और तैनाती:

लिनाक निरूपण के लिए स्पंदित करंट मापन के क्षेत्र में एक अत्याधुनिक फैराडे कप इलेक्ट्रोमीटर (द्विचैनल) को स्वदेशी रूप से डिजाइन, विकसित और कृषि विकिरण प्रसंस्करण सुविधा, इंदौर में तैनात किया गया है। फैराडे कप इलेक्ट्रोमीटर डेटा अधिग्रहण प्रणाली (एफसीई-डीएस) वास्तविक

data acquisition system (FCE-DAS) monitors important parameters in real time. They include charge content per pulse in pC, pulse repetition rate in the range of 1 to 300 Hz, beam current from 1 to 300 mA and the integrated charge in Coulomb for characterization and qualification of the linac.

समय में महत्वपूर्ण मापदंडों की निगरानी करता है। इनमें पिको कुलम्ब में प्रति पल्स चार्ज, 1 से 300 Hz की सीमा में पल्स पुनरावृत्ति दर, 1 से 300 mA तक बीम करंट और लिनाक के निरूपण और विशिष्टता के लिए कूलम्ब में एकीकृत चार्ज शामिल हैं।



Dual channel Faraday cup electrometer.
द्विचैनल फैराडे कप इलेक्ट्रोमीटर

C.2. Lasers R&D

Following lasers and laser-based systems have been developed for industrial, nuclear applications and applied R&D:

Development of narrow linewidth all fiber amplifier in master oscillator power amplifier (MOPA) :

Engineered version of narrow linewidth all fiber amplifier is developed in Master Oscillator Power Amplifier (MOPA) configuration to deliver 5 W output at 1550 nm. Optical to optical conversion efficiency of the system is ~15 %. No significant increase in the linewidth was observed on

C.2. लेसर अनुसंधान एवं विकास

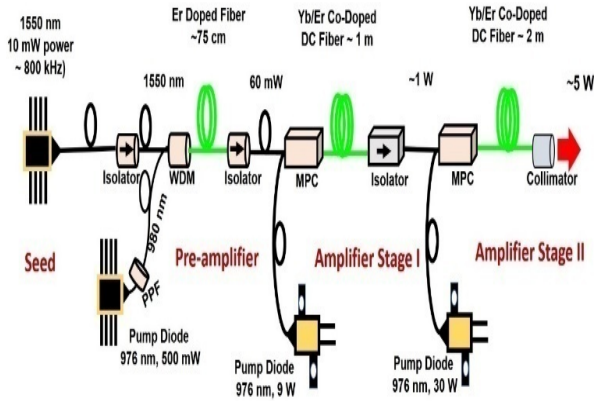
औद्योगिक, नाभिकीय अनुप्रयोगों और अनुप्रयुक्त अनुसंधान एवं विकास के लिए निम्नलिखित लेसर और लेसर-आधारित प्रणालियां विकसित की गई हैं:

मास्टर ऑसिलेटर पावर एम्पलीफायर (MOPA) में संकीर्ण लाइनविड्थ सभी फाइबर एम्पलीफायर का विकास:

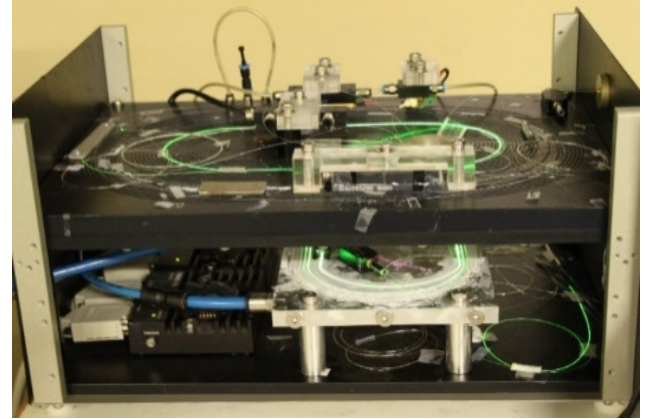
संकीर्ण लाइनविड्थ का इंजीनियर संस्करण पूर्णफाइबर एम्पलीफायर को मास्टर ऑसिलेटर पावर एम्पलीफायर (MOPA) कॉन्फिगरेशन में विकसित किया गया है ताकि 1550 nm पर 5 W आउटपुट दिया जा सके। सिस्टम की ऑप्टिकल से ऑप्टिकल रूपांतरण दक्षता ~ 15% है।

amplification compared to the seed source where linewidth was measured using delayed self-heterodyne technique.

लाइनविड्थ को विलंबित स्व-हेटेरोडाइन तकनीक से मापन पर, प्रवर्धन के उपरांत बीज स्रोत की तुलना में लाइनविड्थ में कोई उल्लेखनीय वृद्धि नहीं देखी गई।



Schematic of all-fiber MOPA
ऑल-फाइबर MOPA का रेखाचित्र



Developed MOPA
विकसित MOPA

Elemental analysis using Laser Induced Breakdown Spectroscopy :

A Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) set up has been developed using a 1064 nm, 6 ns, 10 Hz, 450 mJ (max.) laser plasma. The plasma emission is dominated by the continuum emission at the beginning and by the characteristic line emission after a few microseconds. Therefore, the spectrometer signal acquisition was triggered by the laser pulse with some suitable time delay so as to minimise the continuum emission contribution. The setup was used to analyse and differentiate between various metal/alloys samples. This system uses a calibration free method which is based on the assumptions of stoichiometric laser ablation,

लेसर प्रेरित ब्रेकडाउन स्पेक्ट्रोस्कोपी का उपयोग करके तत्वों का विश्लेषण :

लेसर इंड्यूस्ड ब्रेकडाउन स्पेक्ट्रोस्कोपी (LIBS) सेटअप 1064 nm, 6 ns, 10 Hz 450 mJ (अधिकतम) लेसर प्लाज्मा का उपयोग करके, विकसित किया गया है। प्लाज्मा उत्सर्जन में शुरुआत में निरंतर उत्सर्जन और कुछ माइक्रोसेकंड के बाद विशिष्ट लाइन उत्सर्जन का प्रभुत्व होता है। इसलिए, स्पेक्ट्रोमीटर सिग्नल अधिग्रहण को लेसर पल्स द्वारा कुछ उपयुक्त विलम्ब के साथ ट्रिगर किया गया था ताकि निरंतर उत्सर्जन योगदान को कम किया जा सके। विभिन्न धातु / मिश्र धातु नमूनों के बीच विश्लेषण और अंतर करने के लिए सेटअप का उपयोग किया गया। यह प्रणाली एक अंशांकन मुक्त विधि का उपयोग करती है जोकि धातु / मिश्रधातु के नमूनों के मात्रात्मक विश्लेषण के

optically thin plasma and local thermal equilibrium in plasma, adopted for quantitative analysis of metal/alloys samples. An algorithm is developed to apply the calibration free method to analyse the major components of stainless steel SS-304 and SS-316 and the concentration of Fe, Cr and Ni could be determined with a relative standard deviation of ~1%, 8% and 10%, respectively.

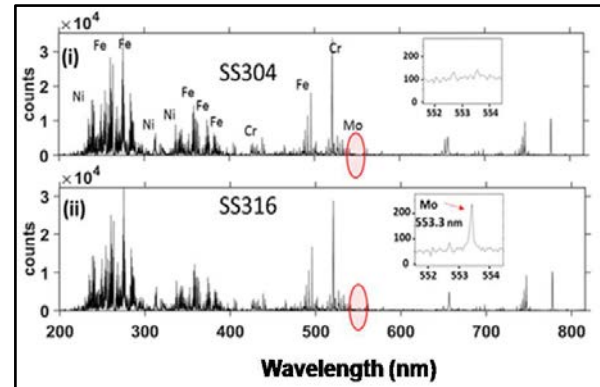


LIBS set up
LIBS प्रणाली

Development of 2 W mode locked ultrafast fiber laser:

A mode Locked Yb doped fiber oscillator-amplifier set-up operating at 1030 nm is developed. The oscillator-amplifier system provided 475 fs duration pulses at 37 MHz repetition rate, ~2 W average compressed output power.

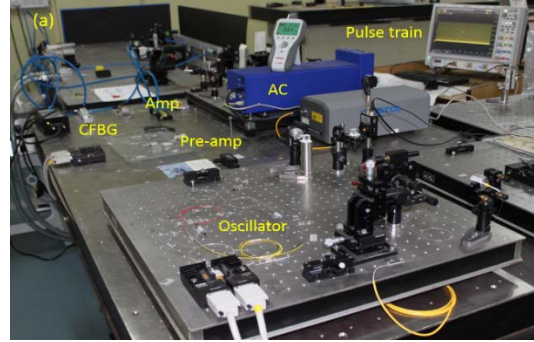
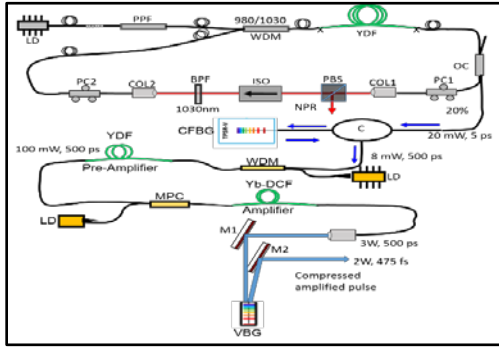
लिए अपनाई गई प्लाज्मा में स्टोइकोमेट्रिक लेसर एब्लेशन, ऑप्टिकल रूप से पतले प्लाज्मा और स्थानीय थर्मल संतुलन की मान्यताओं पर आधारित है। स्टेनलेस स्टील SS-304 और SS-316 के प्रमुख घटकों का विश्लेषण हेतु अंशांकन मुक्त विधि को लागू करने के लिए एक एल्गोरिथ्म विकसित किया गया है और Fe, Cr और Ni की सांद्रता क्रमशः ~ 1%, 8% और 10% के सापेक्ष मानक विचलन के साथ निर्धारित की जा सकती हैं।



Spectra based on Mo .in SS304 and SS316
Mo आधारित SS-304 और SS-316 का स्पेक्ट्रा ।

2 W मोड लॉक अल्ट्राफास्ट फाइबर लेसर का विकास:

1030 nm पर संचालित एक मोड लॉक Yb डोपेड फाइबर ऑसिलेटर-एम्पलीफायर सेट-अप विकसित किया गया है। ऑसिलेटर-एम्पलीफायर सिस्टम, 37 MHz पुनरावृत्ति दर पर 475 fs अवधि की पल्से एवं ~ 2 W औसत संपीड़ित निर्गम शक्ति देती हैं ।



Mode locked fiber oscillator-amplifier-Schematic
मोड लॉकड फाइबर ऑसिलेटर-एम्पलीफायर-आरेख।

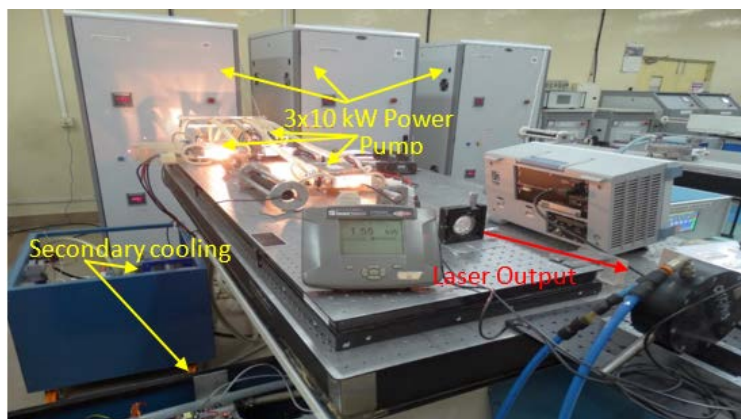
Mode locked fibre oscillator-amplifier-Set up
मोडलॉकड फाइबर ऑसिलेटर-एम्प्लीफायर सेटअप।

Engineered version of 1.5 kW average power; 30 kW peak power long pulse Nd: YAG laser for material processing applications:

Development of an engineered version of 1.5 kW average power and 30 kW peak power long pulse fiber coupled Nd: YAG laser using ceramic reflector based pump chambers has been carried out. This laser will be useful for remote cutting of upto 40 mm thickness of SS and welding up to a depth of 8 mm in SS.

सामग्री प्रसंस्करण अनुप्रयोगों के लिए 1.5 kW औसत शक्ति; 30 kW पीक पावर लॉन्ग पल्स Nd:YAG लेसर का अभियांत्रिक संस्करण:

सिरेमिक रिफ्लेक्टर आधारित पंप कक्षों का उपयोग करके 1.5 kW औसत शक्ति और 30 kW पीक पावर लॉन्ग पल्स फाइबर युग्मित एनडी: याग लेसर के एक अभियांत्रिक संस्करण का विकास किया गया है। यह लेसर एसएस की 40 mm मोटाई तक रिमोट कटिंग और एसएस में 8 mm की गहराई तक वेल्डिंग के लिए उपयोगी होगा।



1.5 kW/30 kW_p Nd:YAG laser for material processing applications
सामग्री प्रसंस्करण अनुप्रयोगों के लिए 1.5 kW /30 kW_p Nd: YAG लेसर

Engineered version of 1kW fibre laser for material processing applications:

Development of an engineered version of monolithic 1 kW Yb-doped CW fibre laser at 1080 nm with compact packaging and QBH connector interface has been completed. This laser is capable of cutting up to 8 mm thick SS and welding SS up to a depth of 4 mm.

सामग्री प्रसंस्करण अनुप्रयोगों के लिए 1 kW फाइबर लेसर का अभियांत्रिक संस्करण:

कॉम्पैक्ट पैकेजिंग और क्यूबीएच कनेक्टर इंटरफ़ेस के साथ 1080 nm पर मोनोलिथिक 1 kW Yb-डोपड CW फाइबर लेसर के एक अभियांत्रिक संस्करण का विकास पूरा हो गया है। यह लेसर SS को 8 mm तक काटने और 4 mm की गहराई तक वेल्डिंग करने में सक्षम है।



1 kW all-fiber Yb-doped CW fiber laser at 1080 nm.

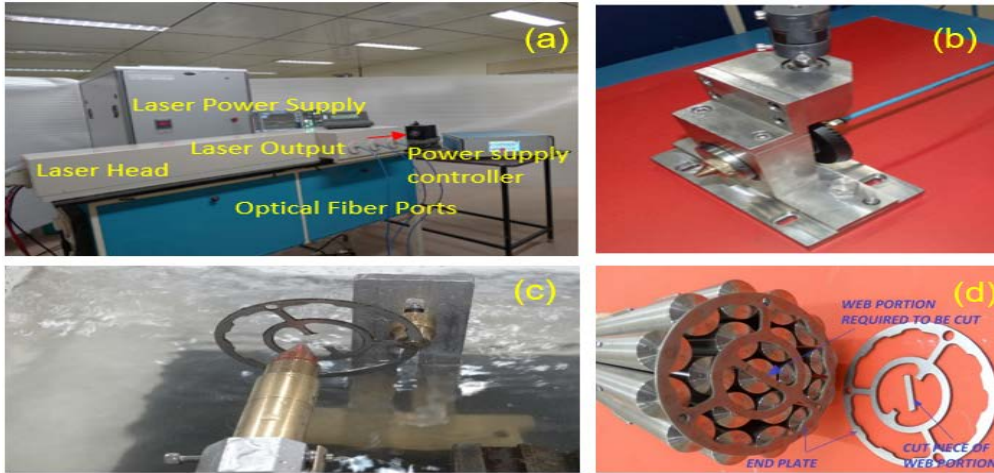
1 kW ऑल-फाइबर Yb-डोपड सीडब्ल्यू फाइबर लेसर 1080 nm

Development of 500 W Nd: YAG laser for underwater cutting of end plates of 19-element fuel bundle with central Cobalt element:

Development of a ceramic reflector and double lamp pump chamber based 500 W average power and 10 kW peak power pulsed Nd: YAG laser has been carried out. An underwater laser cutting tool operable remotely from top of 5 m deep spent fuel storage bay water pool has also been developed and underwater cutting of Zircaloy end plates of 19-pin fuel bundle has also been successfully performed during mock trials.

केंद्रस्थ कोबाल्ट तन्तु के साथ 19-पिन ईंधन बंडल की अंतः प्लेटों की पानी के अन्दर कटाई के लिए 500 W एनडी: याग लेसर का विकास:

500 W औसत शक्ति और 10 kW पीक पावर स्पंदित एनडी: याग लेसर पर आधारित सिरेमिक रिफ्लेक्टर और डबल लैंप पंप चैंबर का विकास किया गया है। 5 m गहरे ईंधन भंडारण जल कुंड में पानी के अन्दर लेसर कटिंग टूल भी विकसित किया गया है और मॉक ट्रायल के दौरान 19-पिन ईंधन बंडल के जिरकालॉय एंड प्लेटों की पानी के अन्दर कटाई भी सफलतापूर्वक की गई।



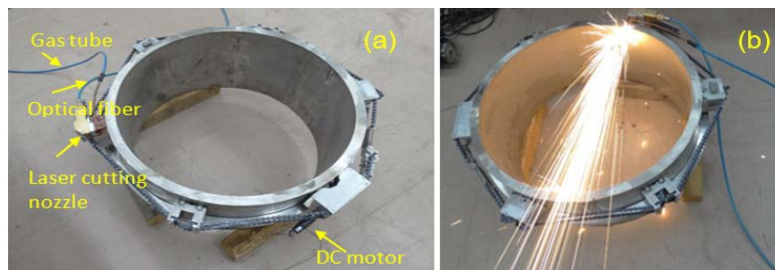
- (a) 500 W/ 10 kW_p Nd:YAG laser (500 W/10 kW_p Nd: YAG लेसर।)
 (b) laser cutting tool for central Cobalt element (केंद्रीय कोबाल्ट तन्तु काटने का लेसर उपकरण।)
 (c) Underwater laser cutting (लेसर से अधोजल कटाई।)
 (d) 19-pin fuel bundle and cut piece of web. (19-पिन ईंधन बंडल व वेब का कटा टुकड़ा।)

Development of laser cutting process and laser cutting tool for 30 mm thick recirculation tubes at TAPS-1&2 reactor:

Design and development of a remotely operable laser cutting tool for recirculation loop of TAPS-1&2 reactor has been carried out. The tool can be mounted in a minimum of 150 mm straight section of the pipe. This laser cutting tool and process will be deployed at TAPS-1&2 reactors for cutting and replacement of recirculation loops.

TAPS-1 और 2 रिएक्टर में 30 mm मोटी पुनर्चक्रण ट्यूबों के लिए लेसर कटाई की प्रक्रिया और उपकरण का विकास:

TAPS-1 और 2 रिएक्टर के पुनर्चक्रण लूप के लिए दूरस्थ रूप से संचालित लेसर कटिंग टूल का डिजाइन और विकास किया गया है। उपकरण को पाइप के न्यूनतम 150 mm सीधे खंड में लगाया जा सकता है। इस लेसर कटिंग टूल और प्रक्रिया को TAPS-1 और 2 रिएक्टरों में पुनर्चक्रण लूप की कटाई और प्रतिस्थापन के लिए तैनात किया जाएगा।



Laser cutting tool and mock trial for cutting of recirculation loop at TAPS-1&2.

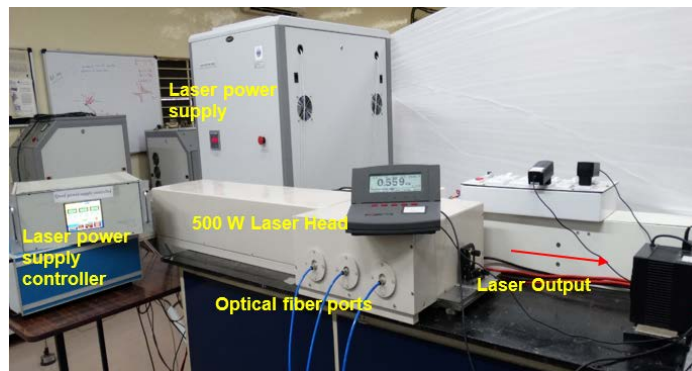
TAPS-1 और 2 पर लेसर कटिंग टूल और पुनर्चक्रण लूप को काटने का मॉक ट्रायल।

500 W Nd: YAG laser systems for welding applications:

Development of 500 W average power and 10 kW peak power ceramic reflector based fiber coupled pulsed Nd: YAG laser system is completed. There are three fiber ports in each system and welding nozzles have been attached at the exit fiber ends for welding the jobs. The laser system will be used for high performance, leak tight welding applications.

वेल्डिंग अनुप्रयोगों के लिए 500 W एनडी: याग लेसर सिस्टम:

500 W औसत शक्ति और 10 kW पीक पावर सिरेमिक रिफ्लेक्टर आधारित फाइबर युग्मित स्पंदित एनडी: याग लेसर सिस्टम का विकास पूरा हो गया है। प्रत्येक प्रणाली में तीन फाइबर पोर्ट हैं और जॉब को वेल्डिंग के लिए निकास फाइबर छोर पर वेल्डिंग नोजल जोड़ा गया है। लेसर सिस्टम का उपयोग उच्च निष्पादन, रिसाव रहित वेल्डिंग अनुप्रयोगों के लिए किया जाएगा।



500 W / 10 kW_p Nd: YAG laser for welding application.

वेल्डिंग अनुप्रयोग के लिए 500 W / 10 kW_p Nd: YAG लेसर।

Development of power supplies and control system for 360 kJ capacitor banks for high energy Nd: glass laser:

360 kJ capacitor banks for high energy Nd: glass laser have been developed which included development of six power supply units with capacitor banks and their charging supplies, flash lamp trigger circuits and PXIe based control system. Resonant converter based scheme has been adopted for

उच्च ऊर्जा एनडी: ग्लास लेसर के लिए 360 kJ कैपेसिटर बैंकों हेतु विद्युत प्रदायक और नियंत्रण प्रणाली का विकास:

उच्च ऊर्जा के लिए 360 kJ कैपेसिटर बैंक एनडी:ग्लास लेसर विकसित किए गए हैं जिसमें कैपेसिटर बैंकों और उनकी चार्जिंग आपूर्ति, फ्लैश लैंप ट्रिगर सर्किट और पीएक्सआई आधारित नियंत्रण प्रणाली के साथ छह बिजली आपूर्ति इकाइयों का विकास शामिल है। कैपेसिटर बैंकों को

charging supply with approximately 250 mA constant current output to charge capacitor banks to maximum 10 kV. The capacitor banks can drive 36 pairs of Xenon filled flash lamps of arc length 400 mm to optically pump Nd: glass laser amplifiers.

अधिकतम 10 kV तक चार्ज करने के लिए लगभग 250 mA निरंतर वर्तमान आउटपुट के साथ आपूर्ति चार्ज करने के लिए अनुनाद कनवर्टर आधारित योजना अपनाई गई है। ये कैपेसिटर बैंक एनडी:ग्लास लेसर एम्पलीफायर को ऑप्टिकल रूप से पंप करने के लिए 400 mm की लंबाई के जीनान से भरे फ्लैश लैंप के 36 जोड़े चला सकते हैं ।



360 kJ Pulsed power supplies for Nd: Glass disc amplifiers.
एनडी: ग्लास डिस्क एम्पलीफायरों के लिए 360 kJ पल्स विद्युत आपूर्ति

C.3. Laser Applications

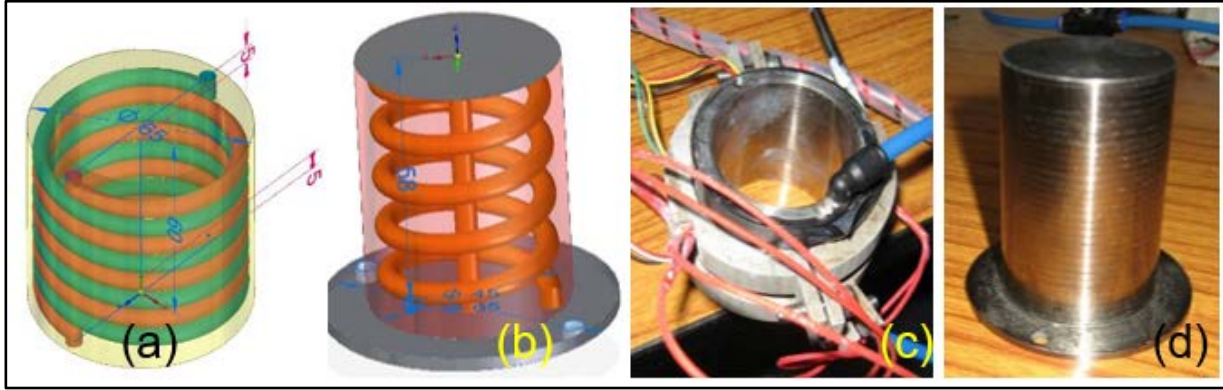
Conformal Cooling Channel fabrication by Powder Bed Fusion based Additive Manufacturing:

A die with conformal cooling channels is built using laser powder bed fusion at the optimized parameters of 300 W, 0.08 m/s, 80 μm layer thickness, 0.250 mm hatch spacing. The built component is tested for effective cooling using experiments and simulation.

C.3. लेसर अनुप्रयोग

पाउडर बेड फ्यूजन आधारित एडिटिव मैन्युफैक्चरिंग द्वारा अनुरूप शीतलन चैनल निर्माण:

अनुरूप शीतलन चैनलों के साथ एक डाई 300 W , 0.08 m/s, 80 μm परत मोटाई, 0.250 mm हैच स्पेसिंग के अनुकूलित मापदंडों पर लेसर पाउडर बेड फ्यूजन का उपयोग करके बनाया गया है। निर्मित घटक का प्रयोगों और सिमुलेशन के द्वारा प्रभावी शीतलन के लिए परीक्षण किया गया है।



Conformal Cooling Channel (अनुरूप शीतलन चैनल)

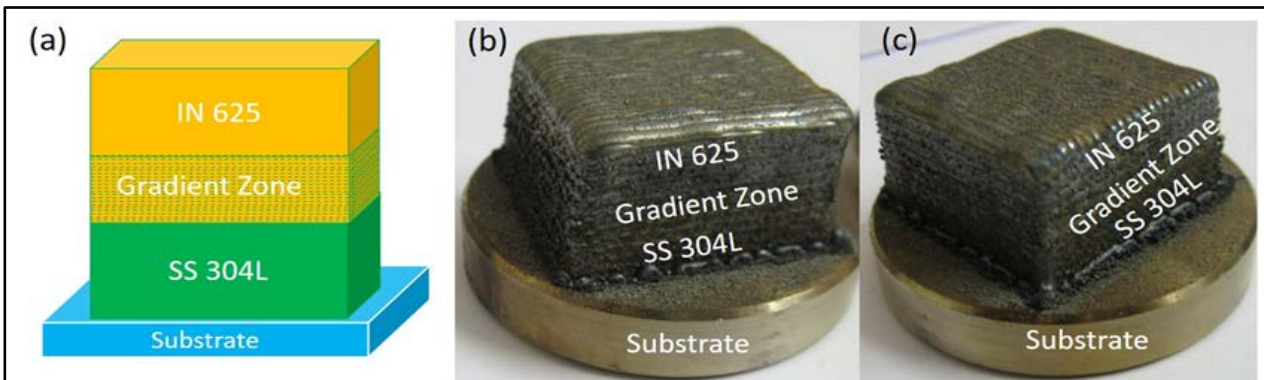
CAD models for (a) external (b) internal [(a) बाहरी (b) आंतरिक, के लिए केड मॉडल]
 LAM built parts (c) external (d) internal [(c) बाहरी (d) आंतरिक, लेम निर्मित भागों]

Development of dissimilar metal components - Inconel-625 and SS304L with graded interface:

Bimetallic structures of IN-625 and SS304L with graded interface were fabricated at optimised laser power of 1150 W. The developed bimetallic structures are successfully deformed up to maximum strain of 55% without any crack and delamination at different temperatures. These materials have applications in nuclear industry to meet the extreme environment conditions.

असमान धातु से बने घटकों का विकास - क्रमिक इंटरफ़ेस के साथ इनकोनेल-625 और SS304L :

क्रमिक इंटरफ़ेस के साथ IN-625 और SS304L की द्विधात्विक संरचनाओं को 1150W की अनुकूलित लेसर शक्ति पर बनाया गया था। विकसित द्विधातु संरचनाओं को विभिन्न तापमानों पर किसी भी दरार और डिलेमिनेशन के बिना 55% के अधिकतम तनाव तक सफलतापूर्वक विकृत किया जाता है। चरम पर्यावरणीय परिस्थितियों वाले नाभिकीय उद्योग में इन वस्तुओं की उपयुक्तता है।



Deposited bimetallic structure of SS304L-IN625 with graded interface
 वर्गीकृत इंटरफ़ेस के साथ एसएस 304 एल-आईएन 625 की जमा द्विधातु संरचना

Development of machine vision based automated metrology system for dimensions of PHWR fuel PUNCHES:

The components used in nuclear industry have very complex geometry and must be manufactured with tight tolerance. RRCAT has developed machine vision based non-contact metrology system to inspect dimensions of fuel punches, used for manufacture of nuclear fuel.



Metrology system photograph
मेट्रोलॉजी सिस्टम फोटोग्राफ

Gold-hydrogen analogy in small-sized hydrogen-doped gold clusters:

The gold-hydrogen analogy, where the chemistry of the gold atom resembles that of a hydrogen atom, is a subject of long standing debate. To resolve the issues associated with this debate, the electronic and chemical properties of sub-nanometer hydrogen-doped gold clusters were examined systematically. The genetic algorithm coupled with a density functional theory based method has been used to

पीएचडब्ल्यूआर ईंधन पंच के आयामों के मापन के लिए यंत्र दृष्टि आधारित स्वचालित मेट्रोलॉजी प्रणाली का विकास:

परमाणु उद्योग में उपयोग किए जाने वाले घटकों में बहुत जटिल ज्यामिति होती है और इसे न्यूनतम उपेक्ष्य त्रुटि के साथ निर्मित किया जाना चाहिए। रासप्रप्रौके ने परमाणु ईंधन के निर्माण के लिए उपयोग किए जाने वाले ईंधन पंच के आयामों का निरीक्षण करने के लिए यंत्र दृष्टि आधारित निःसंपर्क मेट्रोलॉजी प्रणाली विकसित की है।



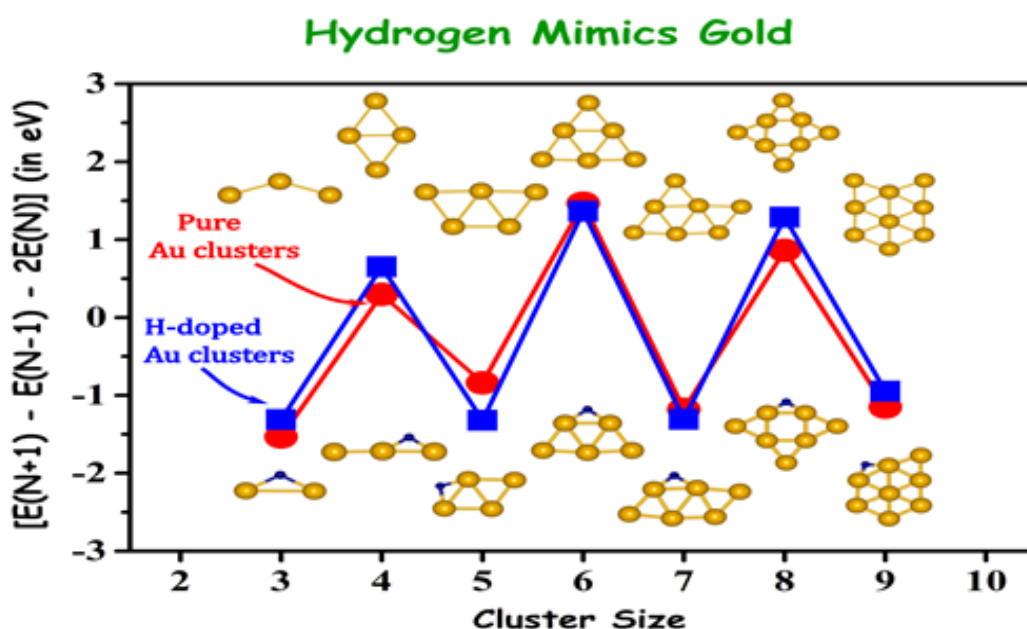
Photograph of 6 variants of fuel punches.
ईंधन पंच के 6 प्रकारों की तस्वीर

छोटे आकार के हाइड्रोजन-मिश्रित स्वर्ण गुच्छों में गोल्ड-हाइड्रोजन सदृशता :

गोल्ड-हाइड्रोजन सदृशता, जहां सोने के परमाणु का रसायन हाइड्रोजन परमाणु जैसा दिखता है, लंबे समय से चर्चा का विषय रहा है। इस बहस से जुड़े मुद्दों को हल करने के लिए, उप-नैनोमीटर हाइड्रोजन-मिश्रित स्वर्ण गुच्छों के इलेक्ट्रॉनिक और रासायनिक गुणों की व्यवस्थित रूप से जांच की गई। घनत्व कार्यात्मक सिद्धांत आधारित विधि के साथ युग्मित आनुवंशिक एल्गोरिथ्म का उपयोग एच-डोपड सोने के समूहों

exhaustively search and identify the energetically low-lying structures of each of the H-doped gold clusters. The lowest energy structures of H-doped and pristine gold clusters are then employed to carry out the calculations of their electronic properties, their stabilities as well as their reactivity towards the adsorption and activation of CO and O₂ molecules. The study shows that in line with the gold-hydrogen analogy, both electronic properties and the adsorption/activation characteristics of H-doped gold clusters remain very similar to those of pristine gold clusters. These findings clearly suggest that the gold-hydrogen analogy is valid for the energetically most stable isomers of Au_{n-1}H (n = 2 - 10) clusters.

में से प्रत्येक के ऊर्जावान रूप से निचले स्तर की संरचनाओं को पूरी तरह से खोजने और पहचानने के लिए किया गया। एच-डोपड और मूल स्वर्ण गुच्छों की सबसे कम ऊर्जा संरचनाओं को तब उनके इलेक्ट्रॉनिक गुणों, उनकी स्थिरता के साथ-साथ कार्बन मोनो ऑक्साइड और ऑक्सीजन अणुओं के सोखने और सक्रियण के प्रति उनकी प्रतिक्रिया की गणना करने के लिए नियोजित किया गया। अध्ययन से पता चलता है कि गोल्ड-हाइड्रोजन सदृशता के अनुरूप, इलेक्ट्रॉनिक गुण और एच-डोपड गोल्ड क्लस्टर के अवशोषण / सक्रियण लक्षण दोनों मूल स्वर्ण गुच्छों के समान हैं। ये निष्कर्ष स्पष्ट रूप से हैं कि स्वर्ण हाइड्रोजन सदृशता ऊर्जात्मक रूप से स्थिर Au_{n-1}H (n = 2 - 10) समावयव गुच्छों के लिए सत्य है।



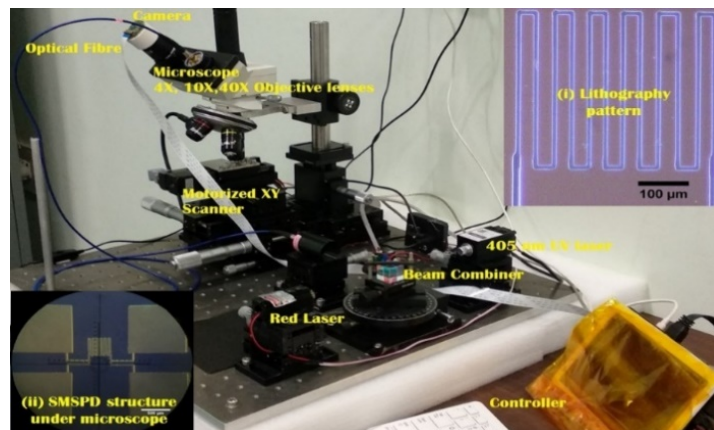
Energy difference in isomers of H-doped and pure gold cluster
एच-डोपड और शुद्ध सोने के क्लस्टर के आइसोमर्स में ऊर्जा अंतर

Direct laser writer-based photo-lithography unit for patterning feature sizes $\sim 10 \mu\text{m}$ on thin films:

A direct laser writer (DLW) -based UV photo-lithography setup with provision for angular and spatial alignment of multiple lithography stages has been developed for patterning thin film structures. MoSi and TiV superconducting alloy thin film patterns for superconducting micro wire single photon detector (SMSPD) applications have been deposited using this laser writer.

पतली फिल्मों पर $\sim 10 \mu\text{m}$ पैटर्निंग फीचर के लिए प्रत्यक्ष लेसर लेखन आधारित फोटो-लिथोग्राफी इकाई:

पतली फिल्म संरचनाओं को पैटर्न करने के लिए कई लिथोग्राफी चरणों के कोणीय और स्थानिक संरेखण के प्रावधान के साथ एक प्रत्यक्ष लेसर लेखक (DLW) -आधारित यूवी फोटो-लिथोग्राफी सेटअप विकसित किया गया है। सुपरकंडक्टिंग माइक्रो-वायर सिंगल फोटॉन डिटेक्टर (SMSPD) अनुप्रयोगों के लिए MoSi और TiV सुपरकंडक्टिंग मिश्र धातु पतली फिल्म के पैटर्न इस लेसर लेखक का उपयोग करके जमा किए गए हैं।



Direct laser writer based photo-lithography unit and deposited patterns

प्रत्यक्ष लेसर लेखक आधारित फोटो-लिथोग्राफी इकाई और जमा पैटर्न

Growth of largest KDP single crystal in the country:

Single crystal of potassium dihydrogen phosphate (KDP) of dimension 160 mm x 155 mm x 120 mm with mass of 5.5 kg was grown using indigenously developed solution crystal growth facility. This is the largest crystal KDP grown in

देश के सबसे बड़े KDP एकल क्रिस्टल का विकसन:

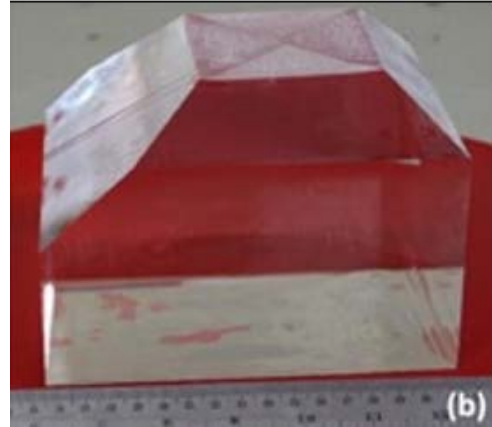
5.5 kg के द्रव्यमान के साथ 160 mm x 155 mm x 120 mm आयाम के पोटेशियम डाई-हाइड्रोजन फॉस्फेट (KDP) के एकल क्रिस्टल को स्वदेशी विलयन विधि से संवर्धित किया गया है

India. Such crystals are required for the high energy laser program and these are commercially not available.

। यह भारत में संवर्धित सबसे बड़ा क्रिस्टल KDP है। उच्च ऊर्जा लेसर कार्यक्रम के लिए ऐसे क्रिस्टल की आवश्यकता होती है और ये व्यावसायिक रूप से उपलब्ध नहीं हैं।



Water bath containing 50 L crystallizer
50 L क्रिस्टलाइज़र युक्त जल कुंड



KDP crystal
KDP क्रिस्टल

Magneto Optical Trap (MOT) activities:

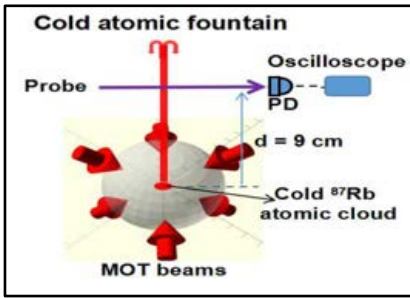
The working of cold atomic fountain has been improved which is an integral part of a Cold Atom Gravimeter (CAG) setup for precision measurement of earth's gravitational acceleration (g). The source of this atomic fountain is a magneto-optical trap (MOT) of ^{87}Rb atoms which involves three pairs of counter-propagating beams in a three-fold symmetry around the vertical axis. The pressure in the CAG chamber was $\sim 3 \times 10^{-10}$ Torr with Rb vapour. The temperature and number of cold atoms in the MOT cloud were $\sim 300 \mu\text{K}$ and $\sim 5 \times 10^7$ respectively. The cold atom cloud in the MOT was further cooled to $\sim 24 \mu\text{K}$ in optical molasses. Then, the cold atoms from molasses were launched by increasing the resonance

मैग्नेटो ऑप्टिकल ट्रैप (एमओटी) गतिविधियाँ:

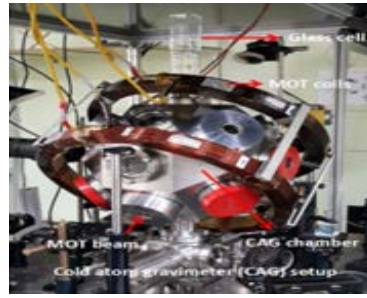
शीत परमाणु फव्वारे की कार्यप्रणाली में सुधार किया गया है जो पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण त्वरण (g) के सटीक माप के लिए कोल्ड एटम ग्रेविमीटर (CAG) सेटअप का एक अभिन्न अंग है। इस परमाणु फव्वारे का स्रोत ^{87}Rb परमाणुओं का एक मैग्नेटो-ऑप्टिकल ट्रैप (MOT) है जिसमें ऊर्ध्वाधर अक्ष के चारों ओर त्रिधा बिन्दु सममिति में प्रति प्रचारी बीम के तीन युगल शामिल हैं। सीएजी कक्ष में दबाव $\sim 3 \times 10^{-10}$ Torr Rb वाष्प के साथ था। एमओटी क्लाउड में शीतल परमाणुओं का तापमान और संख्या क्रमशः $\sim 300 \mu\text{K}$ और $\sim 5 \times 10^7$ थी। MOT में शीतल परमाणु क्लाउड को ऑप्टिकल मोलेसिस में $\sim 24 \mu\text{K}$ तक ठंडा किया गया था। फिर, मोलेसिस से ठंडे परमाणुओं को ऊपरी तीन शीतलन बीम (नीचे की ओर

frequency detuning (δv_{launch}) of upper three cooling beams (directed downwards) while keeping the detuning of lower three cooling beams (directed upwards) unchanged. A probe beam was passed horizontally at the height of 9 cm from MOT centre to detect the cold atoms launched in vertical direction in the fountain. A probe beam, aligned horizontally at fountain height of 9 cm to detect cold atoms in the fountain, showed significant flux of atoms in the fountain at that height.

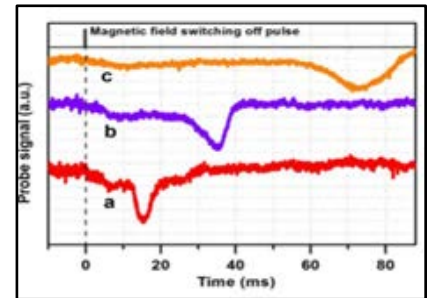
निर्देशित) की अनुनाद आवृत्ति डिट्यूनिंग को बढ़ाकर लॉन्च किया गया था, जबकि निचले तीन शीतलन बीम (ऊपर की ओर निर्देशित) के विघटन को अपरिवर्तित रखा गया था। ऊर्ध्वाधर दिशा में लॉन्च किए गए ठंडे परमाणुओं का पता लगाने के लिए MOT केंद्र से 9 cm की ऊंचाई पर एक प्रोब बीम क्षैतिज रूप से प्रेषित किया गया। जिसने परमाणुओं की उल्लेखनीय उपस्थिती को फब्बारे की उस ऊंचाई पर दर्शाया ।



Cold atom fountain geometry- Schematic. शीत परमाणु फव्वारा ज्यामिति-आरेख ।



Experimental setup – MOT
प्रायोगिक सेटअप - MOT



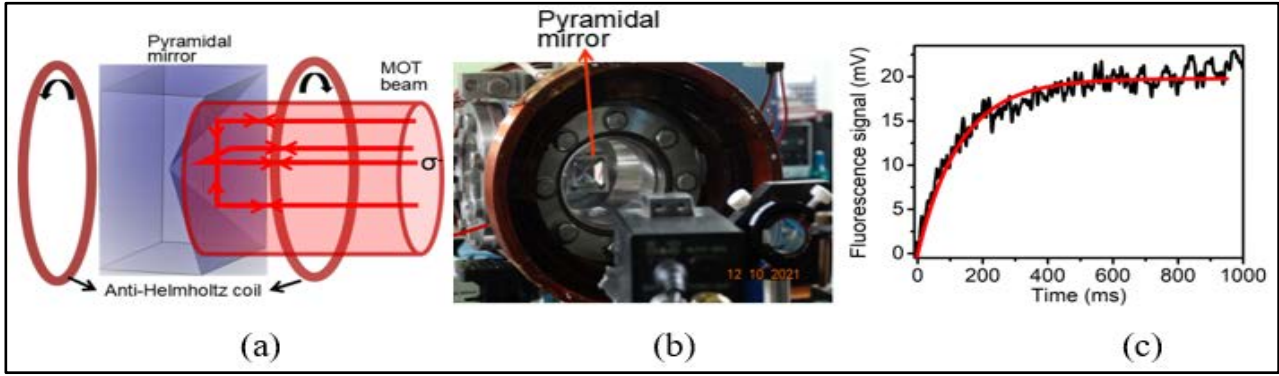
Signals for launch velocities
प्रमोचन वेगों संबंधी संकेत ।

Single beam pyramidal magneto-optical trap (MOT):

A magneto-optical trap (MOT) for ^{87}Rb atoms has been developed by using a pyramidal mirror for generating required six laser beams for the MOT. Using the pyramidal mirror, the MOT can be operated by a single input beam without requirement of optics for splitting and polarization purpose.

एकल बीम पिरामिड मैग्नेटो-ऑप्टिकल ट्रैप (MOT):

MOT के लिए आवश्यक छह लेसर बीम उत्पन्न करने के लिए पिरामिड दर्पण का उपयोग करके ^{87}Rb परमाणुओं के लिए एक मैग्नेटो-ऑप्टिकल ट्रैप (MOT) विकसित किया गया है। इसके द्वारा MOT को विभाजन और ध्रुवीकरण उद्देश्य के लिए प्रकाशिकी की आवश्यकता के बिना एकल इनपुट बीम द्वारा संचालित किया जा सकता है।



MOT setup (एमओटी सेटअप)

- (a) Schematic of single laser beam using pyramidal mirror (पिरामिड दर्पण युक्त एकल लेसर बीम का आरेख)
 (b) View of pyramidal mirror (पिरामिड दर्पण का दृश्य)
 (c) Signal measuring MOT cloud fluorescence. (MOT क्लाउड फ्लोरेसेंस को मापने वाले सिग्नल)

Raman Spectroscopic investigation of effect of varied nucleation kinetics on the evolution of defect-mediated higher-index facets in GaP/Si(001):

The surface nucleation kinetics play a vital role in establishing the charge neutral interface for further two-dimensional growth and hence determine the crystalline attributes of polar/non-polar GaP/Si heterostructures. Taking these into consideration, the influence of different nucleation kinetics on GaP/Si(001) overgrowth layers quality has been assessed in non-destructive and expeditious manner via polar Raman Spectroscopy measurements. The evolution of defect-exposed non-(001) facets is ascertained, and subsequently the best (~525 °C) nucleation condition in the given temperature range is determined. These findings established Raman spectroscopy as a quick alternative to other

GaP/Si (001) में त्रुटि माध्यित उच्च-सूचकांक पहलुओं के विकास पर विभिन्न न्यूक्लियेशन कैनेटीक्स के प्रभाव का रमन स्पेक्ट्रोस्कोपिक परीक्षण:

सतह न्यूक्लियेशन कैनेटीक्स द्विधा विकास के लिए चार्ज न्यूट्रल इंटरफेस स्थापित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं और इसलिए ध्रुवीय / गैर-ध्रुवीय GaP / Si हेटेरो-संरचनाओं की क्रिस्टलीय विशेषताओं को निर्धारित करते हैं। इन्हें ध्यान में रखते हुए, ध्रुवीय रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी माप के माध्यम से GaP / Si (001) अतिवृद्धि परतों की गुणवत्ता पर विभिन्न न्यूक्लियेशन कैनेटीक्स के प्रभाव का मूल्यांकन अभंजनात्मक और शीघ्र तरीके से किया गया है। दोष-अनावृत्त गैर-(001) पहलुओं के विकास का पता लगाया गया और बाद में दिए गए तापमान सीमा में सबसे अच्छी (~525°C) न्यूक्लियेशन स्थिति निर्धारित की गई है। इन निष्कर्षों ने रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी को निर्णायक न्यूक्लियेशन चरण और वास्तविक एपिलेयर विकास के अनुकूलन के लिए अन्य

standard techniques for the optimization of pivotal nucleation step and actual epilayer growth.

Development of GaAs based x-ray detectors:

Gallium arsenide (GaAs) is among the best-suited materials for x-ray photon detection and three-dimensional imaging under direct photon counting mode over a broad energy range. Therefore, GaAs-based detectors are developed and their response in the x-ray region is probed using low brilliance lab-based Cu- α source and high brilliance synchrotron source. The developed detector is used to measure the characteristic lines of various transition metals such as Mn, Fe, Ni, Cu, and Zr at 6.5, 7.1, 8.3, 8.9, and 17.9 keV, respectively. Higher atomic numbers with greater absorption cross-section open up the possibility of the replacement of Si by GaAs technology for high Z material characterization. Such detectors can find important applications in synchrotron radiation facilities, nuclear reactors, and safeguard applications.

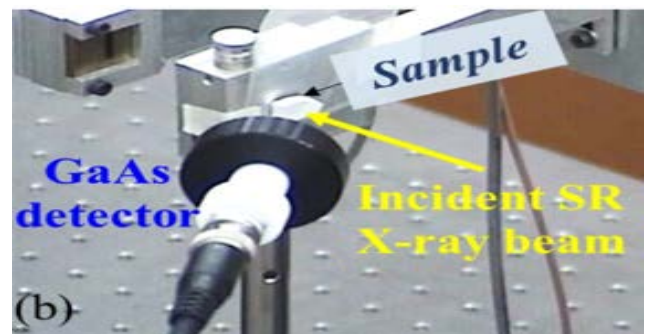


GaAs detector (GaAs संसूचक)

मानक तकनीकों के त्वरित विकल्प के रूप में स्थापित किया है।

GaAs आधारित एक्स-रे संसूचक का विकास:

गैलियम आर्सेनाइड (GaAs) एक्स-रे फोटॉन का पता लगाने और एक व्यापक ऊर्जा सीमा पर प्रत्यक्ष फोटॉन गिनती मोड के तहत त्रि-आयामी इमेजिंग के लिए सबसे उपयुक्त द्रव्यों में से एक है। इसलिए, GaAs -आधारित संसूचक को विकसित किया जाता है और एक्स-रे क्षेत्र में उनकी प्रतिक्रिया की जांच अल्प दीप्त Cu- α स्रोत और उच्च दीप्त सिंक्रोट्रॉन स्रोत का उपयोग करके की जाती है। विकसित संसूचक का उपयोग विभिन्न संक्रमण धातुओं जैसे Mn, Fe, Ni, Cu और Zr की विशेषता लाइनों को क्रमशः 6.5, 7.1, 8.3, 8.9 और 17.9 keV पर मापने के लिए किया जाता है। अधिक अवशोषण क्रॉस-सेक्शन के साथ उच्च जेड सामग्री निरूपण के लिए GaAs तकनीक द्वारा Si के प्रतिस्थापन की संभावना खोलती है। ऐसे संसूचक सिंक्रोट्रॉन विकिरण सुविधाओं, परमाणु रिएक्टरों और सुरक्षा अनुप्रयोगों में महत्वपूर्ण हो सकते हैं।



Experimental setup(प्रायोगिक सेटअप)

Development of GaN based ultra-narrow band UV detector with Simple Device Architecture:

An ultra-narrow band ultra-violet (UV) GaN detector having peak spectral response at 366 nm with only ~ 5 nm width, a UV-visible rejection ratio of $> 2 \times 10^3$ and detectivity of 1.3×10^{10} Jones at room temperature is developed by an innovative methodology. The device displays three orders of UV-to-visible rejection ratio over a wide temperature range of 150 – 350 K showing great potential for narrow-band UV detection.

Investigations on antiviral photodynamic therapy for inactivation of corona viruses in clinical samples:

The possibility of using low intensity and low fluence Antimicrobial Photo Dynamic Therapy (APDT) for inactivation of SARS-CoV-2 using clinically isolated samples has been explored on sixty viral swab samples suspended in viral transport medium at different BSL-2 facilities. For all the samples, RTPCR analysis for expression of the E-gene, open reading frame 1 ab (ORF 1ab) was carried out. To ascertain the effect of APDT, the samples with Ct values > 35 for the two marker genes were considered as negative. The increase in Ct value following APDT

सरल डिवाइस आर्किटेक्चर के साथ GaN आधारित अति-संकीर्ण बैंड यूवी डिटेक्टर का विकास:

एक अति-संकीर्ण बैंड अल्ट्रा-वायलेट (uv) GaN संसूचक जिसमें केवल ~ 5 nm विस्तार के साथ 366 nm पर शीर्ष स्पेक्ट्रल प्रतिक्रिया होती है, $> 2 \times 10^3$ का यूवी-दृश्य अस्वीकृति अनुपात और कमरे के तापमान पर 1.3×10^{10} Jones की संसूचकता एक अभिनव पद्धति द्वारा विकसित की गयी है। यह 150 - 350 K की एक विस्तृत तापमान सीमा में तीन गुना यूवी-टू-विजिबल अस्वीकृति अनुपात को प्रदर्शित करता है जो संकीर्ण-बैंड यूवी के संसूचन में बड़ी संभावना दिखाता है।

नैदानिक नमूनों में कोरोना वायरस की निष्क्रियता के लिए एंटीवायरल फोटोडायनामिक थेरेपी पर अध्ययन :

विभिन्न BSL-2 केंद्रों में वायरल परिवहन माध्यम में निलंबित साठ वायरल स्वेब नमूनों पर नैदानिक रूप से पृथक नमूनों का उपयोग करके SARS-CoV-2 की निष्क्रियता के लिए कम तीव्रता और कम समृद्धि एंटीमाइक्रोबियल फोटो डायनामिक थेरेपी (APDT) का उपयोग करने की संभावना का पता लगाया गया है। सभी नमूनों के लिए, ई-जीन की अभिव्यक्ति के लिए आरटीपीसीआर विश्लेषण, ओपन रीडिंग फ्रेम 1ab(ORF 1ab) किया गया था। एपीडीटी के प्रभाव का पता लगाने के लिए, दो मार्कर जीनों के लिए Ct मान > 35 वाले नमूनों को नकारात्मक

suggest damage and inactivation of the virus.

माना गया था। एपीडीटी के बाद Ct मान में वृद्धि वायरस की क्षति और निष्क्रियता इंगित करती है।

Table-1: APDT induced damages to SARS CoV-2
तालिका -1: एपीडीटी प्रेरित सार्स सीओवी -2 को होने वाली कसती

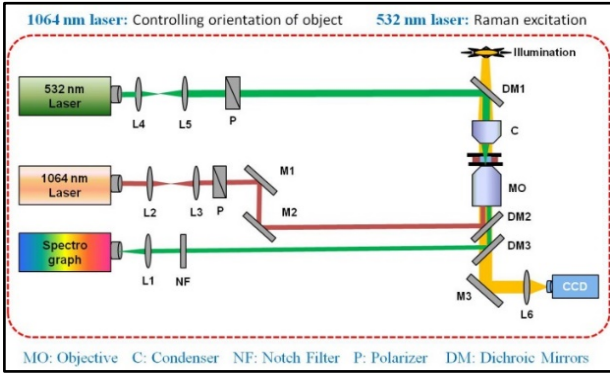
	Ct (Meant \pm Standard Deviation) सीटी (मानक विचलन \pm मतलब)	
	N-Gene	ORF-1ab
Untreated control (without light and drug) अनुपचारित नियंत्रण (प्रकाश और दवा के बिना)	27.2 \pm 2.9	26.3 \pm 2.5
Photodynamic treatment फोटोडायनामिक उपचार	33.8 \pm 2.9	32.4 \pm 3.1

Raman studies on single red blood cells:

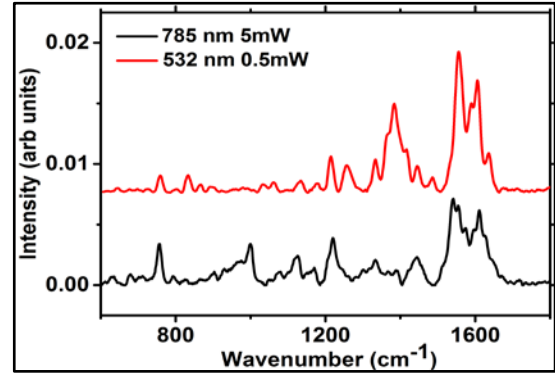
Studies at the single cell level can help in both better diagnosis and comprehension of diseases. Raman spectroscopy in this regard can facilitate such studies with its rich information content and suitability of operation in the native aqueous environment of the cells. However, owing to its extremely weak nature and inherent motility of cells, an optical tweezer is often required to hold on to the cells during the period of observation. An in-house developed resonance Raman optical tweezer has been set-up which can provide an \sim 100 times enhancement of the Raman optical tweezers signal when used for analysis of single red blood cells.

एकल लाल रक्त कोशिकाओं पर रमन अध्ययन:

एकल कोशिका स्तर पर अध्ययन, बीमारियों के बेहतर समझ और निदान दोनों में मदद कर सकता है। इस संबंध में रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी कोशिकाओं के मूल जलीय वातावरण में अपनी समृद्ध सूचना सामग्री और संचालन की उपयुक्तता के साथ इस तरह के अध्ययन की सुविधा प्रदान कर सकती है। हालांकि, इसकी बेहद कमजोर प्रकृति और कोशिकाओं की अंतर्निहित गतिशीलता के कारण, अवलोकन की अवधि के दौरान कोशिकाओं को पकड़ने के लिए अक्सर एक ऑप्टिकल ट्वीज़र की आवश्यकता होती है। एक इन-हाउस विकसित अनुनाद रमन ऑप्टिकल ट्वीज़र स्थापित किया गया है जो एकल लाल रक्त कोशिकाओं के विश्लेषण के लिए उपयोग किए जाने पर रमन ऑप्टिकल ट्वीज़र्स सिग्नल की \sim 100 गुना वृद्धि प्रदान कर सकता है।



Raman optical tweezer Schematic
रमन ऑप्टिकल ट्वीजर - आरेख



Raman spectra of RBCs
आरबीसी का रमन स्पेक्ट्रा

C.4. Radiation Technologies

Agricultural Radiation Processing Facility – ARPF, Indore:

The electron beam radiation processing facility (ARPF) has been offered to industry for terminal sterilization of medical devices (surgical gloves, syringe, I.V. cannula etc). It can sterilize the medical devices in their final packing (without opening boxes), thereby eliminating any chances of re-infection. The facility has FDA licence for radiation processing of Risk Class-B medical devices and AERB license for operation. The facility also has ISO 9001 and ISO 13485 quality management system certifications. This is the first facility of its kind in India for providing e-beam sterilization service to the medical device industry. The sterility test on the irradiated items has confirmed successful achievement of desired sterility assurance level. The facility also caters to gem industry for colour modification of the gems.

C.4. विकिरण प्रौद्योगिकी

कृषि विकिरण प्रसंस्करण सुविधा – एआरपीएफ, इंदौर:

इलेक्ट्रॉन बीम विकिरण प्रसंस्करण सुविधा (ARPF) को चिकित्सा उपकरणों (सर्जिकल दस्ताने, सिरिंज, आईवी कैनुला आदि) के विसंक्रमण के लिए उद्योग क्षेत्र हेतु उपलब्ध करवाया गया है। यह चिकित्सा उपकरणों को उनकी पैकिंग में ही (बक्से खोले बिना) विसंक्रमित कर सकता है, जिससे पुनः संक्रमण की किसी भी संभावना को समाप्त किया जा सकता है। इस सुविधा को जोखिम वर्ग-बी के चिकित्सा उपकरणों के विकिरण प्रसंस्करण के लिए एफडीए लाइसेंस और संचालन के लिए एईआरबी लाइसेंस प्राप्त है। सुविधा में ISO: 9001 और ISO:13485 गुणवत्ता प्रबंधन प्रणाली प्रमाणन भी हैं। चिकित्सा उपकरण उद्योग को ई-बीम विसंक्रमण सेवा प्रदान करने के लिए यह भारत में अपनी तरह की पहली सुविधा है। विकिरित वस्तुओं पर विसंक्रमण परीक्षण ने वांछित स्तर की सफल उपलब्धि की पुष्टि की है। यह सुविधा रत्नों के रंग संशोधन के लिए रत्न उद्योग को भी उपयोगी है।

Development of 9.5 MeV, 10 kW Linac for food irradiation:

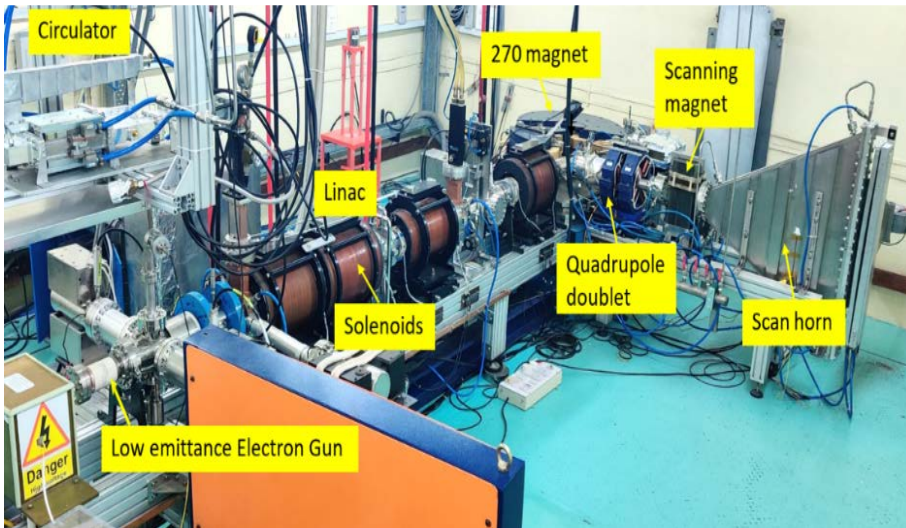
RRCAT has developed a 9.5 MeV; 10 kW linac for food irradiation. This linac has maximum electron energy limiting system to meet the regulatory limit of 10 MeV for food irradiation. This linac has been tested for non-stop operation of 32 hours at full rated beam power for food irradiation using volumetric dosimetry on coriander powder and Poha.

An incubation agreement has been signed for technological scale performance studies of RRCAT industrial linac, KIRTI-1010, (at 10 MeV, 10 kW rating) for E-beam sterilization of medical devices in Indian industrial environment.

खाद्य विकिरण के लिए 9.5 MeV, 10 kW Linac का विकास:

राराप्रपौके ने खाद्य विकिरण के लिए 9.5 MeV; 10 kW लिनैक विकसित किया है। इस लिनैक में खाद्य विकिरण के लिए 10 MeV की नियामक सीमा को पूरा करने के लिए अधिकतम इलेक्ट्रॉन ऊर्जा नियंत्रण प्रणाली है। धनिया पाउडर और पोहा पर वॉल्यूमेट्रिक डोसिमेट्री का उपयोग करके खाद्य विकिरण के लिए पूर्ण रेड बीम पावर पर 32 घंटे के अविरत प्रचालन के लिए इस लिनैक का परीक्षण किया गया है।

चिकित्सा उपकरणों के ई-बीम विसंक्रमण के लिए आरआरकेट औद्योगिक लिनाक, कीर्ति-1010, (10 MeV, 10 kW रेटिंग पर) के भारतीय औद्योगिक वातावरण में तकनीकी पैमाने के परीक्षण के लिए एक इनक्यूबेशन समझौते पर हस्ताक्षर किए गए हैं।



9.5 MeV, 10 kW food irradiation Linac
9.5 MeV, 10 kW खाद्य विकिरण लिनाक



KIRTI - 1010
कीर्ति -1010

D. Technology transfer and collaborative research

Chinese patent for "Portable refrigeration system based on liquid Nitrogen for transporting refrigerated goods"

A certificate of invention patent has been granted to DAE. The invention relates to a new technology developed at RRCAT for transportation of fruits and vegetables, carried out in a specially developed refrigerated container which is cooled by using liquid Nitrogen. New technology is highly eco-friendly. The technology has been proven to be quite economical during road trials as compared to the refrigerated trucks prevailing in the industry.

Agni Rakshak - Raman optical fiber based distributed fire sensor system :

'Agni-Rakshak' is a Raman optical fiber distributed temperature sensor system that can detect distributed and local fire events over long lengths. It basically measures the distributed temperature over long lengths (up to few hundred meters or more) along the sensing fiber. Here, the optical fiber itself acts as an array of distributed sensing elements. The system is very useful in detecting the onset of fire by sensing the heat. It has the capability to provide the information about the location, width and temperature of the fire zone to

D. प्रौद्योगिकी हस्तांतरण और सहयोगी अनुसंधान

"प्रशीतित वस्तुओं के परिवहन के लिए तरल नाइट्रोजन पर आधारित पोर्टेबल प्रशीतन प्रणाली" के लिए चीनी पेटेंट :

पऊवि को चीन देश का आविष्कार पेटेंट प्रमाण पत्र दिया गया है। यह आविष्कार फलों और सब्जियों के परिवहन के लिए राराप्रप्रौके में विकसित एक नई तकनीक से संबंधित है, जो विशेष रूप से विकसित प्रशीतित कंटेनर में किया जाता है जिसे तरल नाइट्रोजन का उपयोग करके ठंडा किया जाता है। नई तकनीक पर्यावरण के अनुकूल है। सड़क परीक्षणों के दौरान प्रचलित प्रशीतित ट्रकों की तुलना में यह तकनीक काफी किफायती सिद्ध हुई है।

अग्नि रक्षक - एक रमन ऑप्टिकल फाइबर वितरित तापमान संवेदक प्रणाली :

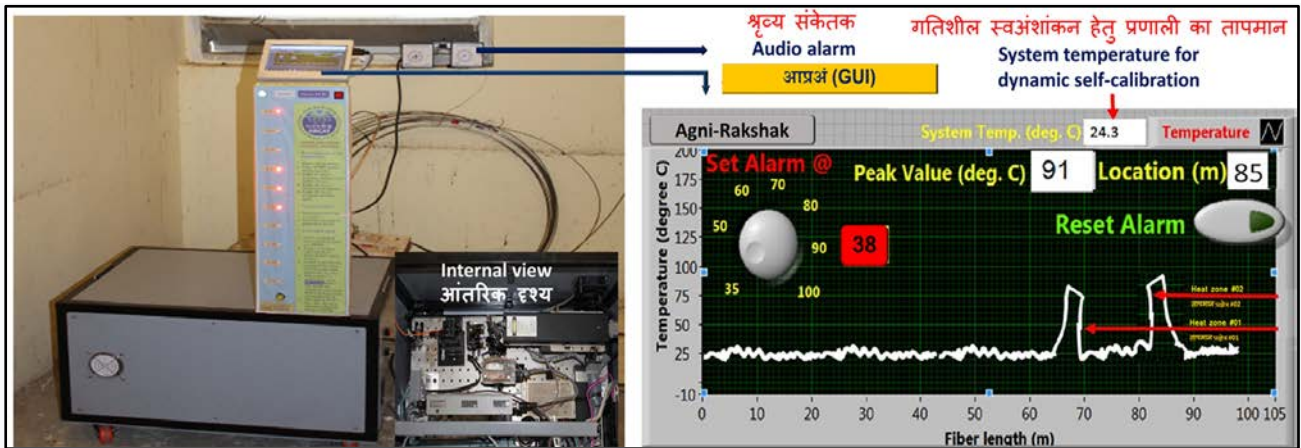
'अग्नि-रक्षक' एक रमन ऑप्टिकल फाइबर वितरित तापमान संवेदक प्रणाली है जो लंबी दूरी पर वितरित और स्थानीय आग की घटनाओं का पता लगा सकती है। यह मूल रूप से सेंसिंग फाइबर के साथ बड़ी लंबाई (कुछ सौ मीटर या उससे अधिक तक) में वितरित तापमान को मापती है। यहाँ, ऑप्टिकल फाइबर ही वितरित संवेदन तंतुओं की एक सारणी के रूप में कार्य करता है। ऊष्मा को भांप कर आग लगने का पता लगाने में प्रणाली बहुत उपयोगी है। इसमें अग्नि क्षेत्र के स्थान, प्रसार और तापमान के बारे में जानकारी

which the sensing fiber is subjected to. The system can generate the audio-visual alarms for various fire zones in the fiber. 'Agni-Rakshak' has its applications in fire monitoring in hospitals, buildings, road & rail tunnels, stations, cable trays of power cables, high capacity transformers, coal conveyors, warehouse and storage, cement industry, oil & gas Industry, Nuclear industry and sensitive installations etc.

The technology was transferred to "Technica Fibre Tech Pvt. Ltd., New Delhi" on Feb. 21st 2023.

प्रदान करने की क्षमता है,। यह फाइबर में विभिन्न फायर जोन के लिए दृक श्रव्य अलार्म उत्पन्न कर सकती है। अस्पतालों, इमारतों, सड़क और रेल सुरंगों, स्टेशनों, बिजली केबलों की केबल ट्रे, उच्च क्षमता वाले ट्रांसफार्मर, कोयला कन्वेयर, गोदाम और भंडारण, सीमेंट उद्योग, तेल और गैस उद्योग, परमाणु उद्योग और संवेदनशील प्रतिष्ठान आदि में आग की निगरानी में 'अग्नि-रक्षक' के अनुप्रयोग हैं।

अग्नि रक्षक प्रौद्योगिकी को "टेक्निका फाइबर टेक प्रा. लि. लिमिटेड, नई दिल्ली" 21 फरवरी 2023 को हस्तांतरित किया गया ।



Agni-Rakshak developed at RRCAT
राराप्रप्रौके में विकसित "अग्नि रक्षक"

Graphical user interface of Agni-Rakshak
अग्नि-रक्षक का ग्राफिकल यूजर इंटरफेस

Technology of Sheetal Vahak Yantra (SHIVAY):

The technology of Sheetal Vahak Yantra (SHIVAY) was transferred to "Furmech Engineers, Indore" Ltd., Indore on March 14th 2023. This technology transfer will facilitate the development of Liquid Nitrogen based refrigerated containers. They have targeted the

शीतल वाहक यंत्र की प्रौद्योगिकी (शिवाय):

शीतल वाहक यंत्र (शिवाय) की प्रौद्योगिकी 14 मार्च 2023 को "फर्मैक इंजीनियर्स, इंदौर" लिमिटेड, इंदौर को हस्तांतरित की गई थी । यह प्रौद्योगिकी हस्तांतरण तरल नाइट्रोजन आधारित प्रशीतित कंटेनरों के विकास की सुविधा प्रदान करेगा। फलों और सब्जियों के प्रशीतित परिवहन के

refrigerated transport of milk products with the help of these containers as well as manufacturing these containers for fruits and vegetables transport.

साथ-साथ इन कंटेनरों की मदद से दुग्ध उत्पादों के प्रशीतित परिवहन को भी लक्षित किया है।



Sheetal Vahak Yantra (SHIVAY) on road trials.
शीतल वाहन यंत्र (शिवाय) सड़क परीक्षण पर।

Technology under incubation

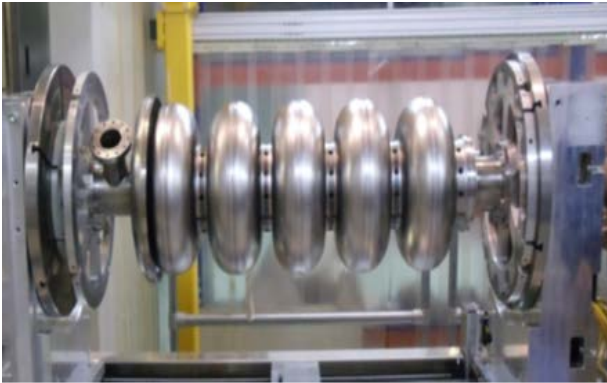
- The technology of “Laser additive manufacturing system using powder-fed Direct Energy Deposition (LAM-PF-DED)”(Twashta त्वष्टा) is under incubation with 3 agencies viz., “Vfuse Metal4 Manufacturing Pvt. Ltd. Bhopal”, “Ideas AM System (iAMS), Mumbai” and “Lokesh Machines Limited, Hyderabad” respectively.
- The technology of Circumferential TIG Welding–Special Purpose Machine (CTW-SPM)is under incubation with “Metal and Membrane Pvt Ltd. Rau Indore”.

प्रौद्योगिकी उद्भवन :

- एडिटिव मैनुफैक्चरिंग सिस्टम यूजिंग पाउडर-फेड डायरेक्ट एनर्जी डिपोजिशन (एलएएम-पीएफ-डीईडी) त्वष्टा की प्रौद्योगिकी "वीफ्यूज मेटल4 मैनुफैक्चरिंग प्रा. लिमिटेड भोपाल", "आइडियाज AM सिस्टम (iAMS), मुंबई" और "लोकेश मशीन लिमिटेड, हैदराबाद" को इनक्यूबेशन केंद्र, राराप्रौके द्वारा हस्तांतरित की गई ।
- "लेसर सर्कमफेरेंशियल" टिग वेल्डिंगस्पेशल - "एसपीएम-सीटीडब्ल्यू" परपज मशीनकी प्रौद्योगिकी का हस्तांतरण मेटल एंड मेम्ब्रेन " प्राइवेट लिमिटेड, राऊ इंदोरके साथ इनक्यूबेशन " के तहत है।

Development of $\beta=0.92$ 650 MHz RRCAT's Superconducting RF Cavities for assembly in prototype Cryo-Module of PIP-II at Fermi lab:

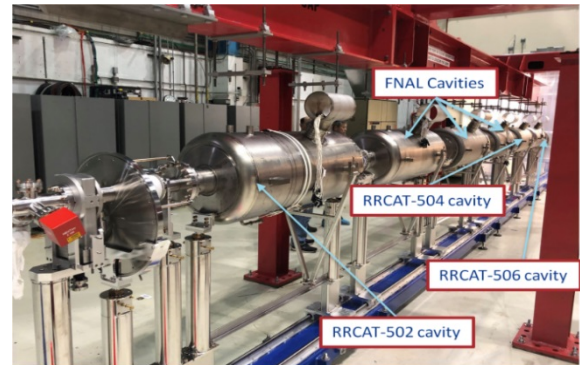
RRCAT has developed Super Conducting Radio Frequency (SCRF) related various technologies and infrastructures for future proton accelerators of DAE. Three HB650 cavities have been qualified for assembly in Proton Improvement Program-II (PIP-II) prototype Cryo-Module (pCM) at Fermi lab. Successful integration of 650 MHz cavities in pCM is an important milestone towards development of superconducting technologies for accelerator.



5-cell 650 MHz SCRF bare cavity.
5-सेल 650 MHz, अनावृत्त 5-सेल SCRF गुहा ।

फर्मी लैब में PIP-II के प्रोटोटाइप क्रायो-मॉड्यूल में असेंबली के लिए $\beta = 0.92$, 650 MHz राराप्रपौके के सुपरकंडक्टिंग आरएफ कैविटीज का विकास:

राराप्रपौके ने पऊवि के भविष्य के प्रोटॉन त्वरक के लिए सुपर कंडक्टिंग रेडियो फ्रीक्वेंसी (SCRF) से संबंधित विभिन्न प्रौद्योगिकियों और बुनियादी ढांचे को विकसित किया है। फर्मी लैब में प्रोटॉन सुधार कार्यक्रम-II (PIP-II) प्रोटोटाइप क्रायो-मॉड्यूल (पीसीएम) में असेंबली के लिए तीन HB650 गुहाओं को योग्य बनाया गया है। pCM में 650 MHz, गुहाओं का सफल एकीकरण त्वरक के लिए सुपरकंडक्टिंग प्रौद्योगिकियों के विकास की दिशा में एक महत्वपूर्ण मील का पत्थर है।



String assembly for pCM of PIP-II with 3 cavities from RRCAT, India and 3 from Fermi lab, USA .

RRCAT की 3 और फर्मी लैब, USA की 3 गुहाओ सह पीआईपी-II के pCM की स्ट्रिंग असेंबली

E. Infrastructure

Deployment of parallel scientific computing applications:

Deployment of various software packages for parallel scientific computing applications on Kshitij-5 High Performance Computing Cluster (HPCC) has been completed. Important ones are Comsol 6.0 for Synchrotrons Utilization, Amber version 22.0 for BARC Beam lines, Quantum Espresso with GPU support version 7.1 for Theoretical, Computational Physics and Smilei version 4.7 for Laser Physics Applications, WIEN2k-21, PHONO3py, BoltzTraP2, Xmgrace - 0.26, XCrySDen, Vasp-5.4.4 with wannier 90-2.1.0 and Siesta-4.1.5.

Development of Indigenous gas tungsten arc welding (GTAW) process for austenitic SS:

RRCAT has developed a GTAW process to produce fully austenitic weld metal only by addition of controlled amount of Nitrogen in the shield gas (Argon) while joining austenitic stainless steels. A low-cost industry deployable binary gas mixing system (BGMS) has also been developed so as to fully indigenise the technology.

E. अवसंरचना

समानांतर वैज्ञानिक कंप्यूटिंग अनुप्रयोगों की तैनाती:

क्षितिज-5 उच्च प्रदर्शन कम्प्यूटिंग क्लस्टर (HPCC) पर समानांतर वैज्ञानिक कंप्यूटिंग अनुप्रयोगों के लिए विभिन्न सॉफ्टवेयर पैकेजों की तैनाती पूरी हो गई है। जिनमें सिंक्रोट्रॉन उपयोग के लिए Comsol 6.0, बीएआरसी बीम लाइनों के लिए Amber संस्करण 22.0, सैद्धांतिक, कम्प्यूटेशनल भौतिकी के लिए जीपीयू समर्थन संस्करण 7.1 के साथ Quantum Espresso और लेसर भौतिकी अनुप्रयोगों के लिए स्माइली संस्करण 4.7, WIEN2k-21, PHONO3py, BoltzTraP2, Xmgrace-0.26, XCrySDen, Vasp-5.4.4 के साथ wannier 90-2.1.0 और Siesta -4.1.5 , महत्वपूर्ण हैं।

ऑस्टेनिटिक एसएस के लिए स्वदेशी गैस टंगस्टन आर्क वेल्डिंग (GTAW) प्रक्रिया का विकास:

राराप्रौके ने ऑस्टेनिटिक स्टेनलेस स्टील्स को जोड़ने हेतु शील्ड गैस (आर्गन) में नाइट्रोजन की नियंत्रित मात्रा को मिलाकर पूरी तरह से ऑस्टेनिटिक वेल्ड धातु का उत्पादन करने के लिए एक GTAW प्रक्रिया विकसित की है। प्रौद्योगिकी को पूरी तरह से स्वदेशी बनाने के लिए एक कम लागत वाले उद्योग तैनाती योग्य बाइनरी गैस मिक्सिंग सिस्टम (BGMS) भी विकसित किया गया है।



GTA welding of vacuum chamber using Binary Gas Mixing System (BGMS)
बाइनरी गैस मिक्सिंग सिस्टम का उपयोग करके वैक्यूम कक्ष की जीटीए वेल्डिंग

Fabrication of coaxial triple walled discharge tube:

Fabrication of coaxial triple walled discharge tube for development of glass tube based CO₂ laser was carried out.

समाक्षीय ट्रिपल दीवार निर्वहन ट्यूब का निर्माण:

ग्लास ट्यूब आधारित CO₂ लेसर के विकास के लिए समाक्षीय ट्रिपल वॉल्ड डिस्चार्ज ट्यूब का निर्माण किया गया।



Full length tube developed for CO₂ Laser
CO₂ लेसर हेतु विकसित पूर्ण नलिका



End joint showing Tungsten Electrode
टंगस्टेन इलेक्ट्रोड वाली अन्त्य जोड़

F. Other activities:

Activities of BARC Training school:

14 Trainee Scientific officers (TSOs) from the batch OCES-2021 have completed one-year orientation program and have been placed in RRCAT, BARC and VECC respectively. In the new batch (OCES-2022) there are 6 TSOs.

Activities of Homi Bhabha National Institute (HBNI) :

14 Ph.D. degrees and 10 M. Tech. degrees have been granted under HBNI program of RRCAT. New 14 students have joined as JRF for Ph.D. program. Presently, 51 external students are pursuing Ph.D. program in different disciplines. 20 officers are pursuing M. Tech. Degree program from RRCAT.

G. Public Outreach activities:

Setting up of Light Exploratorium at RRCAT:

Under Azadi ka Amrit Mahotsav, a state-of-the-art museum named 'Light Exploratorium' has been set up so as to inspire the students for research in the field of "light science" and to kindle the curiosity of the young minds. It was inaugurated by Padma Vibhushan Dr. Anil Kakodkar, Chancellor, HBNI on Friday, 8th July 2022.

F. अन्य गतिविधियाँ:

बीएआरसी प्रशिक्षण स्कूल की गतिविधियाँ:

ओसीईएस-2021 बैच के 14 प्रशिक्षु वैज्ञानिक अधिकारियों (TSO) ने एक वर्ष का प्रशिक्षण पाठ्यक्रम पूरा कर लिया है और उन्हें क्रमशः राराप्रौद्योगिकी, बीएआरसी और वीईसीसी में नियुक्त किया गया है। नए बैच (ओसीईएस-2022) में 6 प्रशिक्षु हैं।

होमी भाभा राष्ट्रीय संस्थान (एचबीएनआई) की गतिविधियाँ:

राराप्रौद्योगिकी के एचबीएनआई कार्यक्रम के तहत 14 Ph.D. डिग्री और 10 M. Tech. की डिग्री प्रदान की गई। Ph.D. कार्यक्रम के लिए JRF के रूप में नए 14 छात्र शामिल हुए हैं। वर्तमान में, 51 बाहरी छात्र विभिन्न विषयों में Ph.D. कार्यक्रम में सम्मिलित हैं। रारा प्रौद्योगिकी से 20 अधिकारी M. Tech. डिग्री प्रोग्राम में शामिल हैं।

G. सार्वजनिक जनसम्पर्क गतिविधियाँ:

राराप्रौद्योगिकी में लाइट एक्सप्लोरेटोरियम की स्थापना:

आजादी का अमृत महोत्सव के तहत, 'लाइट एक्सप्लोरेटोरियम' नामक एक अत्याधुनिक संग्रहालय स्थापित किया गया है ताकि छात्रों को "प्रकाश विज्ञान" के क्षेत्र में अनुसंधान के लिए प्रेरित किया जा सके और युवा मन की जिज्ञासा पैदा की जा सके। इसका उद्घाटन शुक्रवार, 8 जुलाई 2022 को पद्म विभूषण डॉ अनिल काकोडकर, कुलपति, एचबीएनआई ने किया।



Light Exploratorium inaugurated by Dr. Anil Kakodkar at Sukhniwas Palace, RRCAT, Indore.
सुखनिवास पैलेस, इंदौर में डॉ. अनिल काकोडकर द्वारा लाइट एक्सप्लोरेटोरियम का उद्घाटन

DAE Iconic Week Celebrations at RRCAT:

DAE Iconic Week was celebrated under Azadi Ka Amrit Mahotsav. Talks on "Indian Freedom Struggle and Science" and "Satyagraha of Indian Scientists during British Rule" were arranged during the inaugural session. A meeting on DAE incubation program was organized where around 70 representatives from MSME participated. Another meeting was organized at RRCAT to introduce farmers to the liquid nitrogen based refrigerated transportation technology developed at RRCAT and named as Sheetal Vahak Yantra (SHIVAY).

Several teams from RRCAT visited different schools in Indore district during DAE Iconic Week to spread scientific and health awareness. More than 1000 school students of 13 schools participated in program. A separate camp was organised in which the photonics based compact and

रा.रा.प्र.प्रौ.के में पऊवि आइकॉनिक सप्ताह समारोह:

आजादी का अमृत महोत्सव के तहत पऊवि आइकॉनिक सप्ताह मनाया गया। उद्घाटन सत्र के दौरान "भारतीय स्वतंत्रता संग्राम और विज्ञान" और "ब्रिटिश शासन के दौरान भारतीय वैज्ञानिकों का सत्याग्रह" पर वार्ता आयोजित की गई थी। पऊवि इनक्यूबेशन कार्यक्रम पर एक बैठक आयोजित की गई थी, जिसमें MSME के लगभग 70 प्रतिनिधियों ने भाग लिया था। रा.रा.प्र.प्रौ.के में किसानों को, तरल नाइट्रोजन आधारित प्रशीतित परिवहन प्रौद्योगिकी जिसका नाम शीतल वाहन यंत्र (शिवाय) रखा गया, से परिचित कराने के लिए एक अन्य बैठक आयोजित की गई थी।

रा.रा.प्र.प्रौ.के की कई टीमों ने पऊवि आइकॉनिक सप्ताह के दौरान इंदौर जिले के विभिन्न स्कूलों का दौरा किया और वैज्ञानिक और स्वास्थ्य जागरूकता फैलाई। कार्यक्रम में 13 स्कूलों के 1000 से अधिक स्कूली छात्रों ने भाग लिया। एक अलग शिविर का आयोजन किया गया था जिसमें रा.रा.प्र.प्रौ.के में विकसित फोटोनिकस आधारित कॉम्पैक्ट और पोर्टेबल कैंसर स्क्रीनिंग डिवाइस "ऑनकोडायग्नोस्कोप" का उपयोग 150

portable cancer screening device “Oncodiagnoscope”, developed at RRCAT was used to screen over 150 individuals.

RRCAT celebrated the National Science Day - 2022 in an online mode under the “Azadi Ka Amrit Mahotsav”. More than 650 students and teachers participated from 42 schools and 12 colleges in and around Indore through the online program.

से अधिक व्यक्तियों की स्क्रीनिंग के लिए किया गया था।

राराप्रौके ने "आजादी का अमृत महोत्सव" के तहत राष्ट्रीय विज्ञान दिवस - 2022 ऑनलाइन मोड में मनाया। ऑनलाइन कार्यक्रम के माध्यम से इंदौर और उसके आसपास के 42 स्कूलों और 12 कॉलेजों के 650 से अधिक छात्रों और शिक्षकों ने भाग लिया।



Awareness camp at Gawali Palasiya, Mhow
गवली पलासिया, महू में जागरूकता शिविर

Homi Bhabha Birthday celebration:

A six-day event beginning on 30 October, 2022 was organized jointly by RRCAT and Vigyan Bharti (VIBHA) commemorative of Dr Homi J. Bhabha’s contribution in Nation Building. The concluding event was held on November 4,

होमी भाभा का जन्मदिन समारोह:

राष्ट्र निर्माण में डॉ. होमी जे. भाभा के योगदान की स्मृति में राराप्रौके और विज्ञान भारती (विभा) द्वारा संयुक्त रूप से दिनांक 30 अक्टूबर, 2022 से छह दिवसीय कार्यक्रम का आयोजन किया गया। समापन कार्यक्रम 4 नवंबर, 2022 को राराप्रौके में हुआ। विभा के अध्यक्ष डॉ

2022. Dr. Shekhar C. Mande, President, VIBHA was the Chief Guest and Dr. Shivram B. Bhoje, former Director, IGCAR was the Guest of Honour.

शेखर मांडे मुख्य अतिथि थे और IGCAR के पूर्व निदेशक डॉ शिवराम बी भोजे सम्मानित अतिथि थे।

H. Administration and Accounts / प्रशासन एवं लेखा :

In all 151 new RTI applications were received and 142 have been disposed off. Previous balance was 106.

कुल मिलाकर 151 नए आरटीआई आवेदन प्राप्त हुए और 142 का निपटान कर दिया गया है। पिछला बैलेंस 106 था।

The status of C&AG and IIW audit paras during 2022-23 is as under:

2022-23 के दौरान सी एंड एजी और आईआईडब्ल्यू ऑडिट पैरा की स्थिति निम्नानुसार है:

C & AG AUDIT सी एंड एजी ऑडिट			
No. of Paras as on 01.04.2022	No. of Paras added after 01.04.2022	No. of paras closed	Balance No. of paras
30	0	16	14

IIW – AUDIT IIW - लेखा परीक्षा			
No. of Paras as on 01.04.2022	No. of Paras added after 01.04.2022	No. of paras closed	Balance No. of paras
71	15	13	73

I. राजभाषा गतिविधियाँ :

- दिनांक 26.07.2022 को केंद्र में वैज्ञानिक संगोष्ठी का आयोजन किया गया | इस संगोष्ठी में परमाणु ऊर्जा विभाग के विभिन्न संस्थानों के लगभग 100 अधिकारियों/कर्मचारियों ने भाग लिया, संगोष्ठी का प्रसारण ऑन लाइन विडियो कॉन्फ्रेंसिंग द्वारा भी किया गया |
- केंद्र में दिनांक 08.12.2022 से 10.12.2022 तक पऊवि, मुम्बई और राराप्रौके के तत्वावधान में राजभाषा अनुभव आदान-प्रदान कार्यशाला का सफलतापूर्वक आयोजन किया गया। इसमें पऊवि की इकाईयों/ सहायता प्राप्त संस्थानों/उपक्रमों एवं राजा रामन्ना प्रगत प्रौद्योगिकी केन्द्र, इंदौर,के प्रतिनिधियों ने भाग लिया।

**J. अनुसूचित जाति, अनुसूचित जन जाति एवं अन्य पिछड़ा वर्ग का प्रतिनिधित्व /
Representation of Scheduled Castes, Scheduled Tribes and Other Backward
Classes:**

GROUPS	Representation of SC/ST/OBC (as on 01.01.2023)			
	Total No. of employees	SCs	STs	OBCs
GROUP A	865	83	36	143
GROUP B	276	49	21	103
GROUP C	276	39	81	54
Total	1417	171	138	300

- ❖ अनुसूचित जाति, अनुसूचित जन जाति एवं अन्य पिछड़ा वर्ग के आरक्षण क्रियान्वयन हेतु परमाणु ऊर्जा विभाग के दिशा निर्देशों का अनुपालन किया जाता है।
- ❖ Implementation of reservation policy for Scheduled Caste, Scheduled Tribes and Other Backward Classes is as per Department of Atomic Energy guidelines.



कीर्ति 1010
KIRTI 1010

राजा रामन्ना प्रगत प्रौद्योगिकी केन्द्र, इंदौर
Raja Ramanna Centre for Advanced Technology
Indore