समीक्षा

सी.एस.आई.आर. – राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली–110012

जुलाई, 2014 – जून, 2015 (संयुक्तांक)

खण्ड – 35, अंक – 2 खण्ड – 36, अंक – 1

सी एस आई आर – राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला
नई दिल्ली

गुणवत्ता नीति

अन्तरराष्ट्रीय मानकों के अनुरूप बनाए गए राष्ट्रीय मापन मानकों को सतत् अनुसंधान और विकास द्वारा स्थापित करना, उनका रख–रखाव करना और उनका उन्नयन करना।

आई एस/आई एस ओ/आई ई सी 17025:2005 के अनुसार शीर्ष स्तर का अंशांकन प्रदान करना एवं मानकों के प्रसार का कार्य करना जिससे गुणवत्ता प्रणाली का सजगता और दक्षता से पालन करते हुए मापों की अनुमार्गणीयता को बनाये रखना।

उद्देश्य

1. पूर्व निर्धारित अवधि में अंशांकन और परीक्षण का कार्य पूरा करना जिससे ग्राहक भी पूर्णतया संतुष्ट हों।
2. सभी अंशांकन व परीक्षण से सम्बन्धित कार्मिकों को गुणवत्ता प्रणाली की नीतियों और कार्य विधियों के प्रलेखन और कार्यान्वयन से अवगत कराना।

डा. दिनेश कुमार असवाल

निदेशक

समीक्षा

(राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला की अर्द्धवार्षिक हिन्दी पत्रिका)

जुलाई, 2014 – जून, 2015 (संयुक्तांक)

खण्ड – 35, अंक – 2 **खण्ड – 36, अंक – 1**

ऊर्जा संचयन भौतिकी प्रभाग विशेषांक

संरक्षक :

डॉ. ए. सेनगुप्ता, कार्यकारी निदेशक

संपादक मण्डल :

1. **डॉ. विजय नारायण ओझा, मुख्य वैज्ञानिक**
2. **डॉ. एच के सिंह, प्रधान वैज्ञानिक**
3. **डॉ. बिपिन कुमार गुप्ता, वैज्ञानिक**
4. **श्रीमती मंजु, हिन्दी अधिकारी**
5. **श्री जय नारायण उपाध्याय, हिन्दी अधिकारी एवं संयोजक**

विशेष आभार :

डॉ. एस.एस. राजपूत, मुख्य वैज्ञानिक

डॉ. ओ.एस. पंवार, मुख्य वैज्ञानिक

सीएसआईआर – राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला

डॉ. के.एस. कृष्णन मार्ग,

नई दिल्ली – 110012

मुद्रक :

इण्डिया ऑफसेट प्रैस, नई दिल्ली – 110064; दूरभाष : +91 11 28116494

इस अंक में

पृष्ठ सं

1. **निदेशक की लेखनी से** 3

2. परमाण्वीय स्तर निक्षेपण : सौर सेल अनुप्रयोग हेतु निम्न तापीय बजट अभितापन युक्त एल्युमीनियम ऑक्साइड फिल्में – *डॉ. वंदना एवं डॉ. पी के सिंह* 5

3. कार्बनिक ठोस अवस्था प्रकाश – व्यवस्था – *डॉ. रितु श्रीवास्तव* 8

4. प्लाज़्मा सहायक आण्विक बीम एपीटेक्सी का उपयोग कर ऐपीटेक्सीयल नाइट्राईड फिल्मों को विकसित करना – *नेहा अग्रवाल, शिबिन कृष्णा टी सी, ललित गोस्वामी एवं डॉ. गोविन्द गुप्ता* 10

5. ऊर्जा सक्षम तंत्रों के अनुप्रयोगों के लिए तृतीय–नाइट्राइड संरचनाओं के पृष्ठ एवं अंतरापृष्ठ का विश्लेषण – *मोनू मिश्रा, साकेत विहारी एवं डॉ. गोविन्द गुप्ता* 12

6. बहुरूपकीय कार्बन तनु फिल्म – *ओ एस पंवार* 14

7. अक्रिस्टलीय एवं माइक्रो क्रिस्टलीय सिलिकॉन तनु परत और सौर सेल – *कल्पना लोधी, मानसी शर्मा, दीपिका चौधरी, सुचेता जुनेजा, एस सुधाकर, और सुशील कुमार* 18

8. थर्मोइलेक्ट्रिक युक्ति : ऊर्जा संरक्षण का एक माध्यम – *कृति त्यागी, भास्कर गहतोड़ी, बी. शिवैया, एम सरवनन एवं अजय धर* 24

9. ऊर्जा अनुप्रयोगों हेतु विशिष्ट पदार्थ तथा उपकरण – *डॉ. टी डी सेनगुट्टुवन* 26

10. वर्तमान अनुसंधान गतिविधियाँ – *डॉ. के.एम.के. श्रीवत्स* 27

11. समूह–III नाइट्राइड्स के संवर्धन हेतु लेज़र आण्विक बीम एपीटेक्सी – *डॉ. एम. सेंथिल कुमार एवं डॉ. सुनिल सिंह कुशवाहा* 29

12. हिन्दी पखवाड़ा समारोह, 2014 31

13. राष्ट्रीय संगोष्ठी (मापिकी एवं मापन मानकों का सामाजिक तथा औद्योगिक विकास में योगदान) 32

14. विश्व मापिकी एवं राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी दिवस, 2015 34

15. राष्ट्रीय विज्ञान दिवस समारोह, 2015 35

16. भारत के संविधान में राजभाषा से संबंधित संवैधानिक प्रावधान 36

17. **अन्य स्थायी स्तंभ** 38

नोट : इस अंक में प्रकाशित आलेखों में अभिव्यक्त विचारों अथवा चित्रों के लिए लेखक उत्तरदायी हैं।

निदेशक की लेखनी से

ऊर्जा संचयन भौतिकी (पीईएच) प्रभाग का प्राथमिक कार्य "सी एस आई आर मेगा ऊर्जा मिशन पहल" अर्थात् सी एस आई आर – टैपसन (नेटवर्क के माध्यम से सौर ऊर्जा के उपयोग हेतु प्रौद्योगिकी तथा उत्पाद) कार्यक्रम के तहत नवोन्नत वैज्ञानिक तथा प्रौद्योगिकीय अनुसंधान तथा विकास कार्य करना है। सी एस आई आर टैपसन प्रायोजित परियोजनाओं के अंतर्गत विभिन्न क्षेत्रों जैसे ऑर्गेनिक फोटोवोल्टीय (NWP-54), क्रिस्टलीय तथा पॉलीक्रिस्टलीय सिलिकन सोलर सेल (NWP-55), अक्रिस्टलीय/माइक्रो/नैनोक्रिस्टलीय Si तथा CIGS सोलर सेल (एम एन आई ई प्रायोजित परियोजना GAP113532) तथा अजैविक एवं जैविक प्रकाश उत्सर्जी उपकरण (NWP-55) में अनुसंधान तथा विकास कार्य किया गया। इसके अतिरिक्त उच्च ऊर्जा क्षमता वाले पदार्थों के विकास के लिए अनुसंधान किए जा रहे हैं। (PSC-0109)

ओ एल पी–120132 के अंतर्गत कुछ अत्यंत महत्त्वपूर्ण गतिविधियों में अनुसंधान तथा विकास कार्य किया गया है; जिसमें ताप–वैद्युत–बल्क नैनो तथा तनु फिल्में, पॉलीमॉरफिक कार्बन तनु फिल्में तथा प्रकाशिक तनु फिल्में सम्मिलित हैं। इसके अलावा संयुक्त "भारत – यू.के. ऊर्जा पहल" के तहत "एक्सिटॉनिक सौर सेल की कुशलता तथा उत्पादन क्षमता का विकास (एपैक्स)" शीर्षक वाली संयुक्त परियोजना पर अनुसंधान तथा विकास कार्य प्रगति पर है जिसमें दो देशों से लगभग 10 प्रमुख संस्थान भाग ले रहे हैं तथा सी एस आई आर – एन पी एल अग्रणी प्रयोगशाला है।

परावर्तित PT B7 : PC 70 BM पर आधारित इनवर्टिड सौर सेल, जो PCE ~ 8.9 % का प्रदर्शन करता है, का विकास पॉलीमर सौर सेल (पीईसी) में एक अभिनव योगदान है। उपकरणों के जीवन–काल के संबंध में, उपकरण को प्रावृत्त (Encapsulation) करने के साथ–साथ विस्तृत Ca इंटरफेस परत को समाविष्ट करने तथा devide lifetime >2000 hrs तक स्थिर रहने योग्य पाया गया। यह आविष्कार पेटेंट प्रक्रिया के अधीन है। सिलिकन सौर सेल के क्षेत्र में, परमाण्विक परत निक्षेपण (ALD) तकनीक का उपयोग कर निक्षेपित की गयी तापीय तथा प्लाज्मा Al_2O_3 फिल्म के उपयोग द्वारा नवोन्नत सतह पुनर्संयोजन वेग (SRV) मूल्यों (<10cm/S) का प्रापण किया गया। सिलिकन सतह पैसिवेशन के लिए यह महत्त्वपूर्ण है तथा सिलिकन सौर सेल पर इनके अनुप्रयोग से उपकरण की क्षमता विशेषतः तनु सिलिकन, वैफर आधारित सौर सेल में सुधार होगा। सिल्वर सहायता एकल चरण रसायन नक्काशी द्वारा प्राप्त लम्बवत् सिलिकन नैनो तार (SiNW) के वृहद् क्षेत्र संविरचना के संरूपण बलगति विज्ञान की जाँच की गयी। (पिछले कुछ समय में एन पी एल में यह प्रक्रिया विकसित की गयी)। SiNW व्यूह के अत्यधिक निम्न परावर्तक सतहें नवीन फोटोवोल्टिक आर्किटेक्चर में प्रभावी प्रकाश अवशोषी पदार्थ के रूप में उल्लेखनीय क्षमता रखती है। VHFPECVD प्रणाली का उपयोग

कर अक्रिस्टलीय/माइक्रोक्रिस्टलीय सिलिकन तनु फिल्मों p-i-n सौर सेल हेतु 4 इंच x4 इंच सबस्ट्रेट पर निक्षेपित किया गया। CIGSe तथा CZTS में, फिल्मों का सौर सेल की संविरचना हेतु प्रक्रिया इष्टतमीकरण के लिए कोलाइली मार्ग तथा उनके अभिलक्षणन द्वारा संश्लेषित किया गया। माईक्रोन आकार के सिलिकन फिल्म HWCVD तकनीक द्वारा CeO_2 बफ़र सकग्रह का उपयोग करते हुए सौर सैल के उपयोग हेतु बनायी गयी। इसके अतिरिक्त, (I) पारदर्शी चालकत्व तथा एफईटी डीवाइसेस के लिए FCVA तकनीक द्वारा एक और दो सतह गेफिन जो DST GAP140932 में किया गया है। ग्रेफिन, (ii) क्षेत्र – उत्सर्जन के लिए MWPECVD तकनीक द्वारा CNT – ग्रेफिन जैसे हाइब्रिड फिल्मों का संश्लेषण किया गया। (iii) नैनोक्रिस्टलित अक्रिस्टलीय कार्बन फिल्में (iv) मादित क्षेत्रसिलिकन एवं सिलिकॉन कार्बाइड फिल्म सौर सेल हेतु बिना किसी विषैली गैस का उपयोग किए। अत्यधिक मादित n-टाईप सिलिकन सबस्ट्रेट तथा लम्बवत् ओ एल ई टी (VOLET) पर P13/टेट्रासीन का उपयोग कर एम्बीपोलर क्षेत्र प्रभाव ट्रांजिस्टर की संविरचना की गयी है। इसके साथ ही, अवरक्त थर्मोग्राफी के उपयोग कर तापमान मापन द्वारा जूल तापन का मात्रात्मक विश्लेषण तथा आर्गेनिक प्रकाश उत्सर्जी डायोड (OLEDs) का ताप आकलन तथा उपकरण जीवन काल के साथ उनका सह–संबंध स्थापित किया गया है। विभिन्न सबस्ट्रेट तापमानों तथा आर एफ शक्ति पर सम तथा विषम ऐपीटेक्सीय GaN एवं InGaN फिल्मों की वृद्धि आर एफ प्लाज्मा एम बी ई के उपयोग द्वारा हुई है। थर्मोइल्कट्रिक पदार्थ (Bi_2Te_3, NiFe आदि) जो Chemical synthesis द्वारा बनाए जो waste ऊष्मा का उपयोग करते हुए नवीन ऊर्जा के लिए प्रयोग हो रहे है।

इस प्रभाग में कुछ नई सुविधाओं का सृजन भी किया गया है, जिनमें ओ पी वी उपकरणों के अभिलक्षणन हेतु सौर अनुकारी, ओ एल ई डी अभिलक्षणन सैट–अप, क्षणिक अवशोषण स्पेक्ट्रोस्कोपी सैट–अप आदि सम्मिलित हैं।

ए सेनगुप्ता

डॉ. ए. सेनगुप्ता
कार्यकारी निदेशक
सी एस आई आर – एन पी एल

2. परमाण्वीय स्तर निक्षेपण : सौर सेल अनुप्रयोग हेतु निम्न तापीय बजट अभितापन युक्त एल्युमीनियम ऑक्साइड फिल्में

डॉ. वंदना एवं डॉ. पी के सिंह

परमाण्वीय स्तर निक्षेपण (ALD) एक वाष्प–कला निक्षेपण तकनीक है जिसमें अति तनु फिल्मों को एक के बाद एक संचालित किए गए दो अर्ध–चक्रों की पुनरावृत्ति द्वारा विशेष रूप से संश्लेषित किया जाता है। ए एल डी, वृद्धि का परमाण्वीय परत परिशुद्धता प्रदान करती है, क्योंकि दो अर्ध–चक्रों के दौरान स्पीशिज डोज्ड की प्रतिक्रिया स्वयं को सीमित करने वाली है। परिणामस्वरूप जब पर्याप्त प्रीकर्सर (Precursor) तथा अभिकारक प्रजातियों को डोज किया जाता है; ए एल डी फिल्म वृद्धि, अभिवाह आश्रित नहीं है, जैसा कि अन्य निक्षेपण तकनीकों जैसे रासायनिक वाष्प निक्षेपण (सीवीडी) तथा भौतिक वाष्प निक्षेपण (पीवीडी) आदि में किया जाता है। ए एल डी से संबंधित वृद्धि दर को वृद्धि प्रति चक्र (GPC) के रूप में व्यक्त किया जाता है; जो 0.05 – 0.1nm प्रति चक्र के परास में है। यह सुनिश्चित करने के लिए कि केवल ए एल डी पृष्ठीय अभिक्रिया हो तथा सी वी डी जैसी अभिक्रियाएँ न हो, जो रिएक्टर में प्रीकर्सर तथा अभिकारक की उपस्थिति में संभव है, अवशिष्ट प्रीकर्सर अथवा अभिकारक प्रजाति को हटाने के लिए प्रत्येक अर्धचक्र के पश्चात् एक शुद्धिकरण चरण निष्पादित किया जाता है। ए एल डी के दौरान, अभिकरण सामान्य एक गैस जैसे ऑक्सीजन अथवा एक वाष्प जैसे जल होता है और पृष्ठीय अभिक्रियाएँ, हल्के उच्च सबस्ट्रेट तापमानों (~150 - 350°C) द्वारा तापीय रूप से चालित होती हैं। अतः इस पद्धति को तापीय एएलडी भी कहा गया है। फिल्म की मोटाई पर परमाण्वीय नियंत्रण के अतिरिक्त, एएलडी में स्वतः सीमित अर्ध–चक्र, बड़े सबस्ट्रेट में समरूप निक्षेपण तथा उच्च आयाम अनुपाती संरचनाओं में कनॅफर्मल (Conformal) निक्षेपण जब तक कि डोजिंग तथा शुद्धिकरण काल पर्याप्त दीर्घ हैं, की सुविधा प्रदान करते हैं।

सामान्यतः ए एल डी प्रणाली में ऑक्सीकारक के साथ (i) तापीय जिसमें जल को ऑक्सीजन स्रोत के रूप में इस्तेमाल किया जाता है, (ii) प्लाज़्मा जिसमें ऑक्सीजन, नाइट्रोजन अथवा हाइड्रोजन अथवा इनके संयोजनों को अभिकारक गैसों के रूप में इस्तेमाल किया जाता है और (iii) ओजोन जो कि प्राथमिक ऑक्सीजन स्रोत है, के चयन की स्वतंत्रता होती है।

1990 के आरंभ से ही विभिन्न सौर ऊर्जा अनुप्रयोगों हेतु एएलडी के इस्तेमाल पर अनुसंधान किया गया। क्रिस्टलीय सिलिकन (c-Si) सौर सेल, कॉपर इंडियम गैलियम सेलेनाइड (CIGS) सौर सेल, कार्बनिक प्रकाशवोल्टीय (OPV) सौर सेल, वर्ण–सुग्राहीकृत सौर सेल (DSSC) तथा कई नैनो संरचनात्मक सौर सेल अवधारणों या अवधारणाओं हेतु एएलडी की उपयोगिता पर व्यापक अनुसंधान किया गया है। निम्नलिखित भाग में सिलिकन सौर सेल में एएलडी का विवरण दिया गया है : –

c-Si सौर सेल हेतु पृष्ठीय निष्क्रियण परतें

c-Si सौर सेल अनुसंधान तथा विकास का केन्द्र सौर ऊर्जा सिस्टम लागत को कम करना है जिसके लिए दो योजनाओं पर कार्य किया जा रहा है; (I) सेल मोटाई में कमी (सिलिकन पदार्थ की gm/W उपयोगिता बढ़ाने तथा अपेक्षाकृत पतले सिलिकन सौर सेल हेतु) और (ii) उपकरण क्षमता को सुधारना। दोनों उद्देश्यों के लिए, c-Si इंटरफेस पर विद्युत हानियों को कम करना अत्यंत महत्त्वपूर्ण है जिसे प्रभावी पृष्ठीय निक्रिष्यता परतों द्वारा ही हासिल किया जा सकता है। सेल डिजाइन के आधार पर इन निष्क्रियण परतों को Si सौलर सेल के सामने वाले अथवा पिछले भाग पर लगाया जा सकता है। पारपंरिक (c-Si) सौर सेलों में, सम्पर्क ज्वालन प्रक्रिया में पश्च–पृष्ठीय–क्षेत्र (BSF) तक जाने वाले पिछले भाग पर स्क्रिन प्रिंटिड एल्यूमीनियम धात्वीकरण किया जाता है। यह Al-BSF पिछले भाग पर अल्पांश आवेश वाहक

के पुर्नसंयोजन को कम करता है। यद्यपि इस प्रौद्योगिकी को पीवी इंडस्ट्री में बड़े स्तर पर प्रयुक्त किया है तथापि यह 150 μm से कम मोटाई वाले भावी पीढ़ी के सेलों हेतु उपयुक्त नहीं है। इतने पतले वेफरों के लिए, Al-BSF के अनुप्रयोग के परिणामस्वरूप अस्वीकार्य वेफर बोइंग (bowing) तथा उच्च पुनर्संयोजन हानि होती है। अतः परावैद्युत से निष्क्रय किए गए पिछले भाग द्वारा Al-BSF को प्रतिस्थापित करने के लिए विकल्पों की खोज ही वर्तमान अनुसंधान का विषय है। विद्युत गुणवत्ता (अर्थात् निष्क्रियण गुणधर्मों), में सुधार के अलावा, परावैद्युत पृष्ठीय निष्क्रियण परतें सेल के पश्चभाग पर होने वाली प्रकाशिक हानियों (अर्थात् संबंधित आंतरिक परावर्तन) को कम करने में भी योगदान कर सकती हैं। Al_2O_3 को सर्वाधिक उदीयमान पृष्ठीय निष्क्रियण पदार्थों में से एक माना गया है। पृष्ठीय निष्क्रियण का दक्षतांक, पृष्ठीय पुनर्संयोजन वेग है जिसमें अनुमान अत्यंत पतली Al_2O_3 फिल्म के निक्षेपण के पश्चात् अल्पांश वाहकों के जीवनकाल से लगाया जाता है। मापित अल्पांश वाहक जीवनकाल (τ_{eff}) मूल्य में वेफर पृष्ठों/सतहों से संबंधित समष्टि (τ_s) तथा पुनर्संयोजन जीवकाल (τ_b) का योगदान है जो इस प्रकार संबंधित है।

$$1/\tau_{eff} = 1/\tau_b + 1/\tau_s$$

जहाँ τ_s; $(D_p\beta^2)^{-1}$ के बराबर है तथा जो इसके विपरीत संबंध $\beta \tan(\beta d/2) = S/D_p$ के माध्यम से पृष्ठीय पुनर्संयोजन वेग S से संबंधित है।

एन पी एल का सिलिकन सौर समूह, सौर सेलों में अनुप्रयोगों हेतु सिलिकन के पृष्ठीय निष्क्रियण के लिए प्रक्रिया विकसित कर रहा है। इसके लिए एक एएलडी रिएक्टर (मॉडल : R200, M/s Picosun, Finland) में तापीय प्रक्रिया के साथ प्रीकर्सर के रूप में ट्राईमिथाइलेलुमिनुम [TMA, Al $(CH_3)_3$] तथा H_2O (18.3 MΩ का विआयनीकृत जल) का उपयोग कर Al_2O_3 तनु फिल्में विकसित की गयी।

ये फिल्में अभिविन्यास तथा प्रतिरोधकता (5±0.5Ωcm) के फ्लोट जोन (FZ) n- तथा p-Si (325 ± 10μm मोटाई वाले) सबस्ट्रेट पर विकसित की गयी। सबस्ट्रेट तापमान (T_{sub}) 300ºC नियत किया जाता है। ALD प्रणाली में एक निक्षेपण चक्र में दो अर्धचक्र सम्मिलित होते हैं; पहला टी एम ए स्पंद तथा दूसरा H_2O स्पंद तथा प्रत्येक अर्ध चक्र को नाइट्रोजन शुद्धिकरण चरण द्वारा अलग किया जाता है। प्रत्येक चक्र के दौरान पदार्थ की एक एकलपरत निर्मित हो जाती है तथा चक्रों की संख्या में वृद्धि के साथ एकल परतें भी एक के ऊपर एक बनती जाती है। पिछले भाग में फिल्म की समान मोटाई विकसित की जाती है। द्रुत तापीय प्रक्रमण (RTP) के उपयोग द्वारा नाइट्रोजन परिवेश में 400ºC पर निक्षेपण अनिलिन (Tanl) (सामान्य पाठ्यक्रम के अध्ययन के दौरान प्रयुक्त तथा इष्टतमीकृत) किया जाता है। ए एफ एम तथा एस ई एम अध्ययनों से स्पष्ट होता है कि ए एल डी निक्षेपित फिल्में अत्यंत समरूप तथा एकसमान होती है। प्रक्रमण चक्रों में वृद्धि के साथ फिल्म की मोटाई में एक रैखिक विकास (@0.09nm/cycle) देखी गयी जो अत्यधिक नियिंत्रित फिल्म विकास की ओर संकेत करता है। अल्पांश वाहक जीवनकाल का मापन सिंटन जीवनकाल परीक्षक की सहायता से किया गया जो इस पैरामीटर का एक प्रभाव औसत मूल्य है। अन्तःक्षेपण स्तर (Δn) एक बृहद् परास ($10^{13} < \Delta n < 10^{-16}$ cm^{-3}) में विभिन्न हो सकते हैं। यह प्रणाली (i) स्थायीकल्प दशा प्रकाश–चालकत्व (ii) क्षणिक प्रकाश चालकत्व क्षय मोड में कार्य करती है।

चित्र 1 – ए एल डी सिस्टम

सारणी–1 में मापित अल्पांश वाहक जीवनकाल तथा विभिन्न मोटाई वाली फिल्मों के अनुरूप अनुमानित SRV मूल्यों का सार दिया गया है। यह देखा गया है कि फिल्म की मोटाई में वृद्धि करने से पृष्ठीय सक्रियण में सुधार आता है तथा इस प्रकार निक्षेपित मोटी फिल्मों में अच्छा पृष्ठीय सक्रियण प्राप्त होता है। उदाहरण के लिए, नमूने S_1 (सारणी 1, n-Si) में निम्नतम SRV मूल्य (< 10cm/s) प्राप्त होता है। n तथा p-Si दोनों में समान प्रवृत्ति देखी गयी।

सारणी–1 : नमूनों का विवरण, n-Si पर निर्मित Al_2O_3 के अपवर्तक सूचकांक सहित प्रीकर्सर चक्रों तथा तद्नुरूप फिल्म की मोटाई (Al_2O_3), मापित अल्पांश वाहक जीवनकाल (τ_{eff}) तथा अंतः निक्षेपण स्तर पर, $\Delta n=1x10^{15}cm^{-3}$; निक्षेपित नमूनों के लिए पृष्ठीय पुनर्संयोजन वेग (SRV) मूल्यों का निकटतम अनुमान।

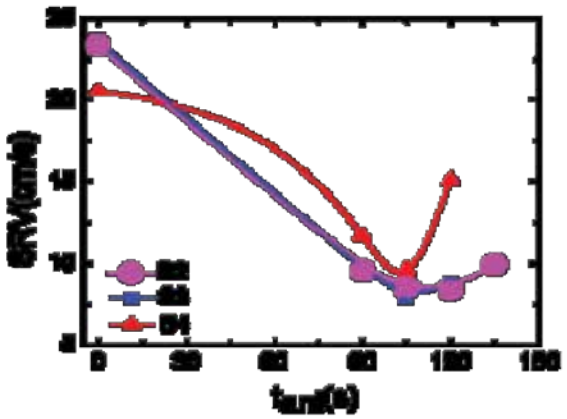
Sample	No. of cycles	Thickness (nm)	Refractive Index	n-Si		p-Si	
				τ_{eff} (µs)	SRV (cm/s)	τ_{eff} (µs)	SRV (cm/s)
Bare				18	902.8	1.5	10833
S_1	1000	93	1.65	2244	7.2	819.8	19.8
S_2	500	48.02	1.64	1102	14.74	678.1	23.9
S_3	300	30.06	1.62	824.4	19.7	430.4	37.8
S_4	100	11.15	1.53	470.6	34.5	337.0	48.3
S_5	50	7.2	1.5	102.6	158.4	148.6	109.4

फिल्म निसाद इष्टतमीकरण (Film Sintering Optimization)

फिल्म अनिलिन परिस्थितियों के इष्टतमीकरण हेतु द्रुत तापीय प्रक्रमण तकनीक (RTP) का उपयोग किया जाता है जो कि एक निम्न तापीय बजट प्रक्रिया है। प्रयोग के एक दिए गए सैट हेतु, अनिलिन तापमान (T_{anl}) 400°C पर नियत किया गया तथा अनिलिन समय (T_{anl}) भिन्न रखा गया।

अनिलिन अवधि के साथ S_2, S_3 तथा S_4 नमूनों हेतु पृष्ठीय पुनर्संयोजन वेग मूल्य ~105s पर निम्नतम तथा निम्न तथा उच्च tanl; दोनों पर SRV में वृद्धि दर्शाते हैं; जैसाकि चित्र–2 में देखा जा सकता है।

Al_2O_3 के फिल्मों की सहायता से सिलिकन पृष्ठीय सक्रियण, क्षेत्र तथा रसायन के संयुक्त प्रभाव का परिणाम है जिसे क्रमशः नियत आवेश घनत्व तथा इंटरफेस दोष घनत्व (detect density) के रूप में वर्णित किया गया है। क्षेत्र प्रभाव सक्रियण Si/Al_2O_3 इंटरफेस के निकट स्थित स्थिर आवेशों द्वारा उपलब्ध करवाया जाता है। रसायन सक्रियण, इंटरफेस पर हाइड्रोजिनिकरण, फिल्म Si-O बंधन पुनर्व्यस्थापन (bond rearrangement) तथा अतिरिक्त ऑक्साइड वृद्धि जो अकेले तथा संयुक्त स्तर पर कार्य कर सकते हैं, के कारण होता है। (टी.ए.ली, इस. रफेल, एम.टूसी, वाई मैन सुती, सी. सैमुन्डसैट, एस.डे यूलीस, एल, सेरेनली तथा ए. कूंवास, सौर ऊर्जा मेरर सेल, 2011, 95, 69–72)। MIS संरचनाएं, इस प्रकार निक्षेपित तथा अनील की गयी फिल्मों पर की जाती है जिसमें आगे की ओर पोल्का डॉट संरचनाएं, एल्युमीनियम धातु की तनु परतों द्वारा सृजित की जाती हैं तथा पिछला भाग Al फिल्मों द्वारा पूर्णतः अवेष्टित तथा C - V - मापन द्वारा अभिलक्षित होता है। पृष्ठीय सक्रियण की गुणवत्ता क्षेत्र प्रभाव तथा रसायन सक्रियण के मध्य होने वाली अदला बदली है तथा सर्वोत्तम सक्रियण (अधिकतम τ_{eff} अथवा न्यूनतम SRV) को तभी प्राप्त किया जा सकता है जब Q_F तथा D_{it} दो अर्हक प्राचल, समान अनिलिन तापमान पर अपने–अपने उच्चतम तथा निम्नतम मूल्यों को प्राप्त कर लेते हैं।



चित्र – 2 n-Si नमूनों t_{dep} = 300°C तथा T_{anl} = 400°C, के लिए और S_2, S_3 and S_4 यथा निक्षेपित तथा 90, 105 एवं 120s अनिलित, के लिए अंतःक्षेपण स्तर के कार्य के रूप में मापित SRV।

3. कार्बनिक ठोस अवस्था प्रकाश – व्यवस्था

डॉ. रितु श्रीवास्तव

किसी भी देश के लिए यह अपेक्षित है कि वह दीर्घकालीन ऊर्जा सुरक्षा हासिल करने के लिए, पर्यावरणीय रक्षा तथा सुरक्षा को बनाए रखते हुए उच्च ऊर्जा उत्पादन तथा संरक्षण करें। विश्व भर में कुल उत्पादित विद्युत का 1/5 भाग की खपत प्रकाश करने पर ही होती है जिससे लगभग 19mt कार्बन डाइऑक्साइड उत्पन्न होती है जो काफी हद तक ग्लोबल वार्मिंग का कारण बनती है। वर्तमान में ऊर्जा बचाने के लिए हम सी एफ एल का उपयोग कर सकते हैं। हालांकि मर्करी से होने वाला पर्यावरणीय प्रदूषण सी एफ एल की एक कमी है। कुशल, प्रभावी तथा पर्यावरण अनुकूल प्रकाश व्यवस्था की खोज के कारण ठोस अवस्था प्रकाश (एस एस एल) का आगमन हुआ, जो अपनी अभूतपूर्व प्रभाविता, अत्यधिक निम्न विद्युत खपत, प्रकाश उत्सर्जन की गुणवत्ता, दीर्घकालीन जीवन तथा स्थिरता के कारण विश्व बाजार पर हावी होने वाली है। प्रकाशोत्सर्जी डायोड (LEDs), वर्तमान सी आर टी, एल सी डी डिस्प्ले तथा प्रतिदीप्त (फ्लोरेसेन्ट) ट्यूब जैसे श्वेत प्रकाश स्रोतों को प्रतिस्थापित करने के लिए तैयार है। III-V सम्मिश्र अर्धचालक आधारित अकार्बनिक एल ई डी निकट भविष्य में पारंपरिक तापदीप्त तथा प्रतिदीप्त लैम्प को प्रतिस्थापित करने में समर्थ है।

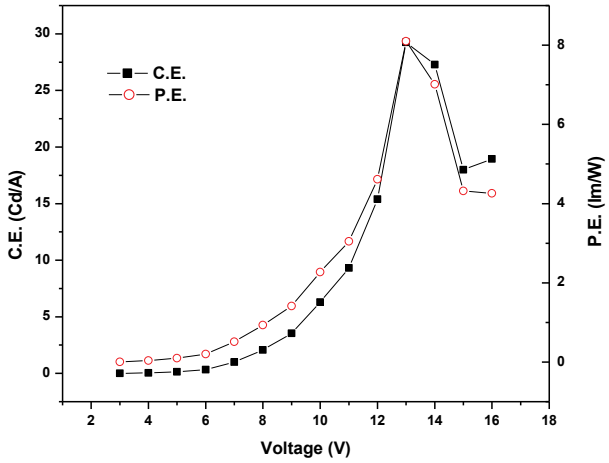
पारम्परिक प्रौद्योगिकियों को छोड़कर ठोस अवस्था उपकरणों पर आधारित नवीन प्रकाश व्यवस्था प्रौद्योगिकी अपनाने से देश के लिए भारी मात्रा में ऊर्जा की बचत की जा सकती है। एलईडी का सौर रिचार्जेबल बैटरी के साथ एकीकरण ग्रामीण प्रकाश–व्यवस्था उपयोग हेतु अत्यधिक महत्त्वपूर्ण सिद्ध हो सकता है। ठोस अवस्था प्रकाश प्रौद्योगिकी अन्य काफी महत्त्वपूर्ण अनुप्रयोग जैसे जल शुद्धिकरण हेतु यूवी–एलईडी प्रणालियों का विकास करने में भी सहायता करेगी। यद्यपि एसएसएल की सैद्धांतिक ज्योति दक्षता 673 lum/watt है तथापि वर्तमान एसएसएल उपकरण केवल 30-40 lum/watt दक्षता देने में समर्थ है तथा उनका जीवनकाल भी बहुत कम है। अतः ज्योति तीव्रता, परिचालन काल, प्रकाश गुणवत्ता, लागत, विविधता तथा रक्षा के क्षेत्र में विकास तथा अनुसंधान की काफी संभावना है।

सामान्य प्रदीप्ति अनुप्रयोगों हेतु ओएलईडी प्रौद्योगिकी विकास की प्रारम्भिक किन्तु समीक्षात्मक चरण में है। यद्यपि वर्तमान में डिस्प्ले अनुप्रयोगों हेतु प्रयुक्त ओएलईडी का व्यावसायीकरण किया जा रहा है। विशेषज्ञों का मानना है कि पूंजी के भारी निवेश के बिना, सामान्य प्रदीप्ति अनुप्रयोगों हेतु विकसित ओएलईडी प्रौद्योगिकियों का 2015 तक व्यावसायीकरण नहीं किया जा सकता। वर्तमान में केवल एक ..... (niche) ओएलईडी लैम्प मौजूद है। यह उच्च लागत पर तथा सीमित मात्रा में उत्पादित किया गया।

यद्यपि इस प्रौद्योगिकी का काफी कार्य खोजपूर्ण तथा व्यावसायीकरण से दूर है तथापि उद्योग, अनुसंधान संस्थानों तथा शैक्षणिक क्षेत्र में अनुसंधान किए जा रहे हैं। उदाहरण के तौर पर, जनरल इलैक्ट्रिक, ओसराम सिल्वेनिया तथा फिलिप्स इलेक्ट्रॉनिक्स के ठोस अवस्था प्रभाग अनुसंधान में भाग ले रहे हैं। श्वेत प्रकाश ओएलईडी के वास्तविक रूप लेने पर उन्हें इस बाजार में हिस्सा बनाने के लिए स्थापित कर रहे हैं। वर्तमान में सबसे अच्छे प्रयोगशाला ओएलईडी उपकरणों की क्षमता लगभग 102 lm/W है।

कई राष्ट्रीय तथा शैक्षणिक संस्थानों में ओएलईडी पदार्थों पर अनुसंधान कार्य किया जा रहा है। सी एस आई आर प्रयोगशालाओं में, एन सी एल पुणे, सी एल आर आई, चेन्नई, सीईसीआरआई कराइकुड़ी, एनआईएसटी, त्रिवेन्द्रम तथा आईआईसीटी, हैदराबाद कार्बनिक विद्युत उपकणों हेतु नवीन कार्बनिक पदार्थों के संश्लेषण पर कार्य कर रही है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली ने वर्ष 2000 से कार्बनिक प्रकाश उत्सर्जी डायोड के विकास को एक मुख्य गतिविधि का हिस्सा बनाया है तथा पदार्थ संश्लेषण एवं उपकरण संविरचना में काफी प्रगति की है। एन पी एल

ने लघु अणुओं के साथ–साथ संयुग्मित पॉलीमर उत्सर्जी नीले, हरे, पीले, नारंगी तथा लाल रंगों पर आधारित ओएलईडी उपकरणों की संविरचना की है। एन पी एल में ओएलईडी संविरचना तथा अभिलक्षणन सुविधा उपलब्ध है जो 10वीं तथा 11वीं पंचवर्षीय योजना के दौरान विकसित की गयी है। अधिकतम 24 lm/watt क्षमता युक्त $Ir(ppy)_3$ पर आधारित ओएलईडी का सतत चल जीवनकाल 400 घंटे तथा शेल्फ जीवन 4000 घंटे पाया गया। एन पी एल ने कार्बनिक प्रतिदीप्ति तथा विद्युत–स्फुरदीप्त पदार्थों पर आधारित प्रारंभिक WOLED आदिप्ररूप का प्रदर्शन किया है। तीन (आरजीबी) उत्सर्जन क्षेत्रों का उपयोग कर की संविरचना का अभिविन्यास है अधिकतम विद्युत क्षमता : 8lm/w at 13V के साथ ITO/BCzVBi (5%) मादित सीबीपी (नीला) / $Ir(ppy)_3$ मादित सीबीपी (5%)(हरा) / Ir(acae) मादित सीबीपी (लाल) / BAlq/LiF/Al, सीआईई निर्देशांक हैं (0.32, 0.32), अधिकतम धारा क्षमता : 13V पर 29.23 Cd/A तथा अधिकतम तीव्रता : 13V पर 10000 Cd/m^2 है।



चित्र : तीन (आरजीबी) उत्सर्जन क्षेत्रों का उपयोग करने वाले WOLEDs

मानव संसाधन विकास समूह

(जुलाई–दिसंबर, 2014 के दौरान मुख्य गतिविधियां)

1. **शोध छात्रों का नियोजन, पी एच डी हेतु पंजीकरण तथा अन्य सहायता :–**

   इस अवधि में 37 शोध छात्रों (जे आर एफ / एस आर एफ) ने एन पी एल ज्वाइन किया, फलस्वरूप 31.12.2014 तक एन पी एल में शोध छात्रों की कुल संख्या 134 है।

2. **एन पी एल में विद्यार्थियों के लिए प्रशिक्षण का आयोजन :–**

   इस अवधि में कुल 17 विद्यार्थियों को उनकी शैक्षणिक डिग्री से संबंधित विषयों में प्रयोगशाला के वरिष्ठ वैज्ञानिकों के मार्गदर्शन में प्रशिक्षण प्रदान किया गया।

3. **सम्मेलन / समान आयोजनों में भाग लेने हेतु एन पी एल स्टाफ सदस्यों की प्रतिनियुक्ति :–**

   इस अवधि में देश भर में आयोजित विभिन्न सम्मेलनों / समान आयोजनों तथा तथा विभिन्न प्रशिक्षण कार्यक्रमों में भाग लेने हेतु 178 एन पी एल वैज्ञानिकों तथा शोध अध्येताओं सहित स्टाफ सदस्यों को नामित किया गया।

4. **ए सी एस आई आर तथा एकीकृत एम. टेक कार्यक्रम संबंधित गतिविधियां :–**

   इस अवधि में पी.एच.डी कार्यक्रम के तहत अगस्त, 2014 बैच में 37 विद्यार्थी पंजीकृत किए गए तथा एकीकृत एम.टेक – पी.एच.डी. (आईएमपी) कार्यक्रम के तहत सत्र अगस्त, 2014 में 9 विद्यार्थी पंजीकृत किए गए। फलस्वरूप दिसम्बर, 2014 में एसीएसआईआर में पंजीकृत छात्रों की कुल संख्या 119 तथा एकीकृत एम.टेक – पी.एच.डी. में पंजीकृत छात्रों की कुल संख्या 16 है।

4. प्लाज़्मा सहायक आण्विक बीम एपीटेक्सी का उपयोग कर ऐपीटेक्सीयल नाइट्राईड फिल्मों को विकसित करना

नेहा अग्रवाल, शिबिन कृष्णा टी सी, ललित गोस्वामी एवं डॉ. गोविन्द गुप्ता

प्लाज़्मा सहायक आण्विक बीम एपीटेक्सी (पी ए एम बी ई) उच्च निर्वात या अति उच्च निर्वात (10^{-8} पास्कल) में कार्य करने वाली प्रणाली है। इस प्रणाली में अति शुद्ध तृतीय समूह तत्त्वों जैसे गैलियम, एल्युमीनियम, इंडियम अथवा अन्य समान समूह के तत्त्वों को अलग–अलग पात्रों (नुडसन सैल) में तापमान बढ़ाकर उनके वाष्पित रूप में धीरे–धीरे परिवर्तित कर लिया जाता है। ये वाष्पित तत्त्व बाद में सबस्ट्रेट पर संघनित कर लिए जाते हैं, जहाँ ये एक दूसरे के साथ मिलकर प्रतिक्रिया करते हैं। बीम शब्द से अभिप्रायः यह है कि ये वाष्पित परमाणु अति उच्च निर्वात में तब तक एक दूसरे के साथ प्रतिक्रिया नहीं करते जब तक ये अपने पात्रों से निकल कर सबस्ट्रेट की सतह पर नहीं पहुंच जाते।

प्लाज़्मा सहायक आण्विक बीम एपीटैक्सी का सबसे महत्त्वपूर्ण पहलू इन तत्त्वों को अति धीमी गति से जमा करना है जोकि इन तत्त्वों की फिल्मों को ऐपीटेक्सीयली विकसित करता है। प्लाज़्मा एम बी ई द्वारा विकसित की गयी फिल्मों (परतों) को अति धीमी जमावदर तथा अन्य तकनीकों की समान अति शुद्ध स्तर प्राप्त करने हेतु अनुपातित तुलना में उत्तम वैक्यूम (निर्वात) की आवश्यकता होती है।

प्लाज़्मा सहायक आण्विक बीम एपीटेक्सी में वाहक गैसों की अनुपस्थिति एवं अति उच्च निर्वात वातावरण के फलस्वरूप उच्चतम शुद्धता युक्त परतें (फिल्में) विकसित की जाती है। इसका उपयोग उच्च गुणवत्ता एवं अत्यंत सुसज्जित (क्रिस्टलीय) तृतीय नाइट्राइड पदार्थों वाली परतों (फिल्मों) को विकसित करने में होता है। यह प्रणाली विभिन्न पदार्थों को विकसित करने वाली समीकरण एवं मापदण्डों को यथार्थ रूप में नियंत्रित करती है। श्रमदक्षता वाली रूप रेखा, अत्यंत उच्चतम पदार्थ एवं अत्यंत विश्वसनीयता जैसे गुण इस प्रणाली को सफल एवं कारगर बनाते हैं।

चित्र 1 : सी एस आई आर – एन पी एल में स्थापित "प्लाज़्मा सहायक आण्विक बीम एपीटेक्सी प्रणाली"

इस प्रणाली को समझने हेतु, इसे तीन मुख्य भागों में बांटा गया है। जो इस प्रकार हैं :–

1. लोड़–लॉक कक्ष (उपकरण में 6 वेफर्स वाले कैसेट एवं प्लेटन को लाने तथा ले जाने हेतु)
2. बफर कक्ष (वेफर्स को संग्रह एवं शुद्ध करने हेतु)
3. विकास कक्ष (अर्धचालक एवं मिश्रित पदार्थों की एपीटेक्सीयल फिल्म का विकास करने हेतु)

अन्य मुख्य भाग जैसे :–

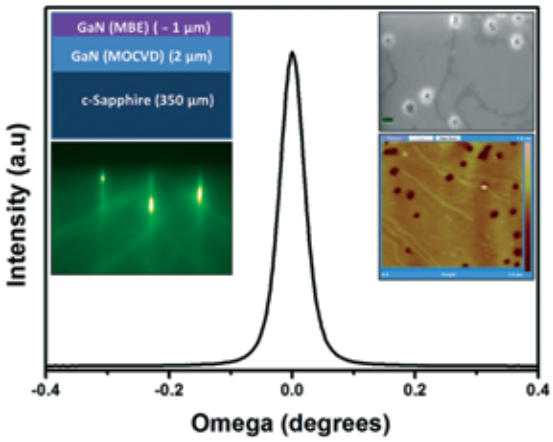
- → विभिन्न निर्वात पम्प और गेट वाल्व (अति उच्च निर्वात प्राप्त करने हेतु)
- → एक लिफ्ट (वेफर्स वाली कैसेट को लोड लॉक एवं बफर कक्ष में लाने–ले जाने हेतु)
- → एक चुंबकीय स्थानांतरण भुजा (बफर और विकास कक्ष के बीच वेफर्स को स्थानांतरित करने हेतु)

विकास कक्ष : विकास कक्ष एक ऊर्ध्वाधर उच्च निर्वात रिएक्टर है जिसमें 11 इफ्युजन पात्र होते हैं जोकि विभिन्न पदार्थों जैसे गैलियम, एल्युमीनियम, इंडियम, एंटीमनी, सिलिकॉन, मैग्नीशियम एवं नाइट्रोजन प्लाज़्मा स्रोत से सुसज्जित होते हैं।

आर.एच.ई.ई.डी. (प्रतिबिंब उच्च ऊर्जा इलेक्ट्रॉन विवर्तन): आर.एच.ई.ई.डी. प्रणाली फिल्मों के बनने की प्रक्रिया के दौरान (क्रिस्टलीय) सुव्यवस्थित परतों के विकास पर नजर रखने के लिए उपयोग किया जाता है।

आर.जी.ए. (अवशिष्ट गैस विश्लेषक), एक घूर्णन मैनिपुलेटर, एक प्रवाह नापक, एक क्रायों पम्पिंग प्रणाली क्रायोपैनल एवं विकास कक्ष में देखने हेतु अनेक पारदर्शी खिड़की, आर. एच. ई. ई. डी (प्रतिबिंब उच्च ऊर्जा इलेक्ट्रान विवर्तन) अक्सर स्वस्थानी (इन–सीटू) एपीटेक्सीयल परतों के विकास की निगरानी के लिए प्रयोग किया जाता है।

प्रत्येक नुड़सन सैल के सामने संगणक नियंत्रित शटर प्रत्येक परत की मोटाई के एक सटीक नियंत्रण की अनुमति देता है। इस प्रकार की प्रणाली क्वांटम बिन्दु एवं क्वांटम कुएं जैसे नैनो संरचनाओं को विकसित करने की अनुमति देता है। इस तरह की परतें अब अनेकों अर्धचालक उपकरणों जैसे :– प्रकाश उत्सर्जक डायोड़, अर्धचालक लेजर आदि का महत्त्वपूर्ण हिस्सा हैं।



चित्र 2 : एक्स–रे रॉकिंग कर्व (0002) प्लेन के साथ मानचित्र एक विकसित संरचना दिखाता है (ऊपर बायें कोने से), पी.ए.एम.बी.ई. द्वारा विकसित किया गया एक संरचना आर.एच.ई.ई.डी. पैटर्न, ए.एफ.एम. छवि और एफ.ई.एस.ई.एम. छवि को घड़ी की विपरीत दिशा में दिखाता है।

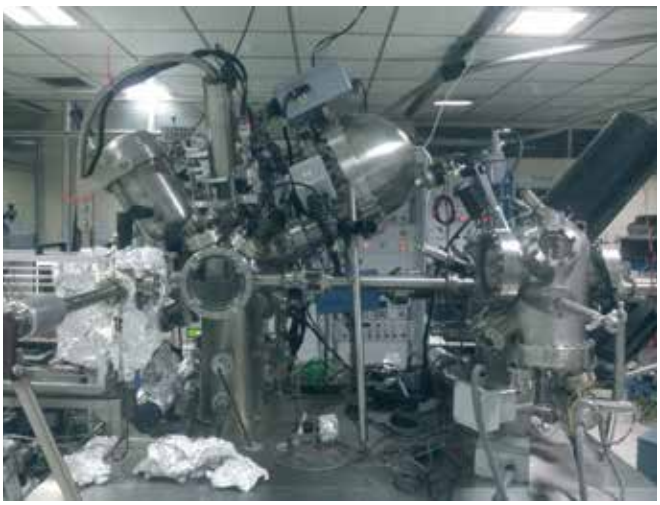
हाल ही में, गैलियम नाइट्राइड की अनेक फिल्मों एवं संरचनाओं को प्लाज़्मा सहायक आण्विक बीम एपीटैक्सी प्रणाली का उपयोग कर विकसित किया गया है। विकसित की जा रही फिल्में (परतें) उच्च निर्वात (इन–सीटू) में होती है और प्रतिबिंब उच्च ऊर्जा इलेक्ट्रान तकनीक द्वारा इन फिल्मों के विकास की निगरानी की जाती है। इन विकसित परतों के गुणों, स्वभाव (जैसे की संरचनात्मक, रूपात्मक और प्रकाशीय गुण) एक्स सीटू में विभिन्न तकनीकों द्वारा पता लगाया जाता है, जैसे :– उच्च विभेदन एक्स–रे विवर्तन (एच.आर.एक्स.आर.डी.), परमाणु बल सूक्ष्मदर्शी (ए.एफ.एम), फील्ड उर्त्सजन स्कैनिकंग इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी (एफ.ई.एस.ई.एम.), फोटोलुमिनिसेंस (पी.एल.), रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी आदि।

विकसित परत (फिल्म) की संरचनात्मक गुणवत्ता और क्रिस्टलीयता एच आर एक्स आर डी द्वारा पता लगाई जाती है। जहां गैलियम नाइट्राईड परत (फिल्म) की तीव्र एवं संकीर्ण शिखर से अत्यधिक क्रिस्टलीय प्रकृति के साथ ही कम विस्थापन घनत्व का पता चलता है (10^7 सेमी.$^{-2}$ के श्रेणी में)। मजबूत किकुची लाइनों के साथ रेखादार (आर एच ई ई डी) पेटर्न गैलियम नाइट्राईड एपीलेयर की दो–आयामी विकास की पुष्टि करता है। एफ ई एस ई एम एवं ए एफ एम द्वारा जांच कर गैलियम नाइट्राईड फिल्म की सतह का काफी चिकना एवं कम पिट्स घनत्व (10^8 सेमी.$^{-2}$ श्रेणी में) तथा स्टेप प्रवाह के विकास को दर्शाता है।

5. ऊर्जा सक्षम तंत्रों के अनुप्रयोगों के लिए तृतीय–नाइट्राइड संरचनाओं के पृष्ठ एवं अंतरापृष्ठ का विश्लेषण

मोनू मिश्रा, साकेत विहारी एवं डॉ. गोविन्द गुप्ता

किसी पदार्थ का पृष्ठ एवं अंतरापृष्ठ उसके आसपास के परिवेश एवं परिवेश के साथ पारस्परिक प्रभाव की सीमा को परिभाषित करता है। परमाणु के स्तर पर, थोक की तुलना में सतह के परमाणु के रासायनिक परिवेश कम से कम होते हैं, जिसके फलस्वरूप पृष्ठीय परमाणु जिनके परिवर्तित परमाणु एवं इलेक्ट्रॉनिक संरचनाएं होती है, उच्च रासायनिक प्रतिक्रियाशीलता दर्शाती है। इस गुण के कारण पृष्ठ एवं अंतरापृष्ठ प्रकृति में भौतिक, रासायनिक जैविक प्रक्रियाओं तथा तकनीकी अनुप्रयोगों के लिए पसंदीदा विषय बन गया है। पृष्ठ एवं अंतरापृष्ठ पर ही वास्तविक प्रक्रिया होती है, जिसकी वजह से कई तकनीकी अनुप्रयोगों में थोक पदार्थ के गुणों के स्थान पर पृष्ठीय गुण को महत्त्व दिया गया है। आज की समस्याओं को देखते हुऐ तथा नई तकनीकियों को विकसित करने के लिए नए पदार्थों को एकीकृत और कार्यान्वित करने की आवश्यकता के साथ पृष्ठ एवं अंतरापृष्ठों के गुणों का अध्ययन (मौलिक एवं प्रायोगिक) अत्यंत महत्त्वपूर्ण स्थान रखता हैं। जिससे संघनित पदार्थ भौतिक के अंदर पृष्ठ एवं अंतरापृष्ठ के अध्ययन का महत्त्व काफी बढ़ गया है।



चित्र 1 सी एस आई आर – राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में स्थापित बहुतकनीक पृष्ठ विश्लेषण उपकरण

सी एस आई आर – राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के पृष्ठीय भौतिकी एवं नैनोस्ट्रकचर हेट्रोएपीटेक्सी प्रयोगशाला उच्च निर्वात आधारित OMICRON बहुतकनीक पृष्ठ विश्लेषण उपकरण से सुसज्जित है। यह उच्च परिशुद्धता के साथ पृष्ठ एवं अंतरापृष्ठ के अध्ययन के लिए एक बहुत ही परिष्कृत उपकरण है।

इस उपकरण में कई समर्थित सुविधाओं के साथ आठ पृष्ठ संवेदनशील तकनीकों को सम्मिलित किया गया है। वर्तमान में इस उपकरण को पृष्ठ एवं कुशल उपकरणों की पीढ़ी में, तृतीय–नाइट्राईड अर्धचालक पदार्थों के अंतरापृष्ठ के विश्लेषण करने के लिए समर्पित किया गया है। यह उपकरण तीन अति उच्च निर्वात कक्षों क्रमशः प्रवेश, योजन और विश्लेषण कक्षों को मिलाकर बनता है। छः नमूनों को एक ही समय पर एक साथ प्रवेश कराया जा सकता है। इस उपकरण में कई तरह के उच्च निर्वात प्राप्त करने वाले पम्प लगे हुऐ हैं। कक्षों को गेट वाल्व के द्वारा पम्प तथा एक दूसरे से अलग करने का प्रबंध किया होता है। ये सभी कक्ष अति उच्च निर्वात को धारण करते हैं। इन कक्षों का परिचय निम्नलिखित है :–

अ) योजन कक्ष चार तकनीकों से सुसज्जित होता है :–

i) परिवर्तनशील तापमान – परमाणु बल सूक्ष्मदर्शी

ii) परिवर्तनशील तापमान – स्कैनिंग टनलिंग सूक्ष्मदर्शी

iii) निम्न ऊर्जा इलेक्ट्रॉन विवर्तन

iv) ओजे इलेक्ट्रॉन स्पेक्ट्रोस्कोपी

ब) विश्लेषण कक्ष चार तकनीकों से सुसज्जित होता है :–

i) एक्स–रे फोटो इलेक्ट्रॉन स्पेक्ट्रोस्कोपी

ii) अल्ट्रा वायलेट फोटो इलेक्ट्रॉन स्पेक्ट्रोस्कोपी

iii) आयन स्कैटरिंग स्पेक्ट्रोस्कोपी

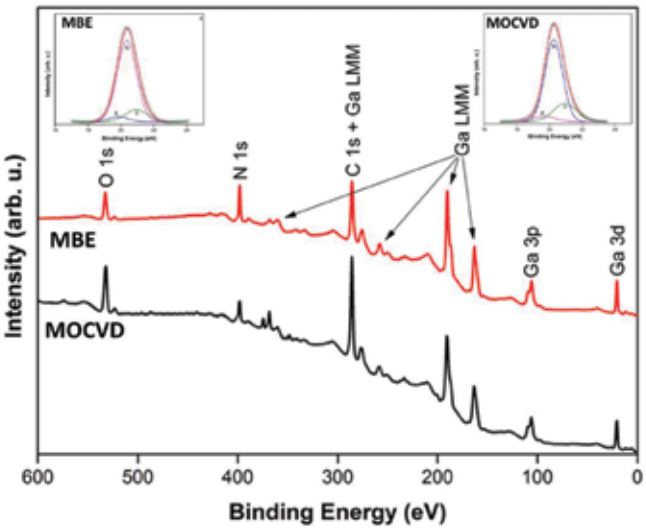
iv) स्कैनिंग ओजे सूक्ष्मदर्शी

इसके अलावा मोनोक्रोमेटर, स्पटर गन और आवेश निष्फलक गन भी है।

दोनो कक्षों में नमूनों को प्रत्यक्ष एवं अप्रत्यक्ष रूप से गर्म एवं ठण्डा करके 77-1100°K तक का तापमान प्राप्त किया जा सकता है। यहां नमूनों की स्थिति निश्चित करने के लिए पांच अक्षीय उच्च परिशुद्धता वाला मैनीपुलेटर लगा होता है।

तृतीय–नाइट्राईड अर्धचालक पदार्थों के अनुठे प्रकाशीय एवं विद्युतीय गुण, आधुनिक उपकरण के क्षेत्र में आकर्षक क्षमता का प्रदर्शन करता है। इसका अनुप्रयोग दृश्य एवं अल्ट्रावायलेट लेजर, प्रकाश उत्सर्जक डायोड, उच्च तापमान एवं आवृत्ति संसूचक, ट्रांजिस्टर और फोटोवोल्टायिक यंत्रों में किया जाता है। इन पदार्थों की प्रकृति पायरेइलेक्ट्रीक ध्रुवीकरण का प्रदर्शन करते हैं। तृतीय–नाइट्राइड आधारित महान यंत्रों के निर्माण के लिए पृष्ठ के गुणों की पूरी समझ, अत्यंत महत्त्व रखती है। तृतीय–नाइट्राईड की पृष्ठ एवं अंतरापृष्ठ कई अनोखे तथ्यों को दर्शाती है, जैसे – नेटिव ऑक्साईड, बैंड बेंडिंग, सतही दोष/स्थिति, FERMI तल पीनींग, द्विआयामीय इलेक्ट्रॉन गैस का निर्माण तथा वैलंस बैंड अनुचित्रित की अंसगति आदि। ये विभिन्न तकनीकी मुद्दों जैसे धातुओं के पृष्ठ का सम्पर्क, रिसाव धारा, धारा पतन, काल्पनिक गेट का निर्माण, उच्च संपर्क प्रतिरोध के गठन आदि में सहायक होता है। यह किसी भी यंत्र के कार्य को भी बताने में सहायक होता है। यह देखा गया है कि इन पदार्थों के पृष्ठ एवं अंतरापृष्ठ, विकास तकनीक, गतिविज्ञान और सबस्ट्रेट के गुणों के आधार पर भिन्न–भिन्न होता है। नेटिव आक्साइड, बैंड बेंडिंग एवं पृष्ठीय दोष या स्थिति, Schottky बाधा ऊंचाई को प्रभावित कर सकता है, जो धारा के पतन और यंत्र के विफलता का कारण बनता है। Schottky बाधा ऊंचाई तापायनिक उत्सर्जन में सहायक होता है। अतः इन पृष्ठ एवं अंतरापृष्ठ के गुणों की समझ को विकसित करना अनिवार्य हो जाता है। एक्स–रे फोटो इलेक्ट्रॉन स्पेक्ट्रोस्कोपी से मोलेकुलर बीम एपीटेक्सी और एम.ओ.सी.सी.डी. द्वारा बनाई गयी गैलियम नाइट्राईड की फिल्म पर हाइड्रोक्लोरिक अम्ल उपचार और तापीय अभितापन के प्रभाव की जांच करने के लिए नियुक्त किया गया है। प्रमुख संदूषको (कार्बन एवं ऑक्सीजन) को सफलतापूर्वक एक महत्त्वपूर्ण स्तर तक हटाया गया है और अवशिष्ट ऑक्सीजन की एक न्यूनतम स्तर के साथ कार्बन मुक्त स्वच्छ पृष्ठ भी प्राप्त किया गया है।

ऐसा देखा गया है मोलेकुलर बीम ऐपीटैक्सी द्वारा बनायी गयी फिल्म एम.ओ.सी.वी.डी. द्वारा बनायी गयी फिल्म को तुलना में अधिक कुशलता से स्वच्छ किया जा सकता है तथा अवशिष्ट ऑक्सीजन की मात्रा को भी कम किया जा सकता है।



चित्र 2 : एक्स–रे फोटो इलेक्ट्रॉन स्पेक्ट्रोस्कोपी द्वारा मोलेकुलर बीम एपीटेक्सी और एम.ओ.सी.सी.डी. द्वारा बनाई गयी गैलियम नाइट्राईड फिल्म का विश्लेषण (सर्वे स्कैन) ऊपर चित्र में दिखाया गया है; इनसेट चित्र में गैलियम 3डी) कोर स्तर स्पेक्ट्रा दिखाया गया है।

750°C से ऊपर के तापमान पर एम.ओ.सी.वी.डी. द्वारा बनायी गयी फिल्म अभितापमान करने पर धात्विक गैलियम दिखना शुरू हो जाता है। एम.ओ.सी.वी.डी. द्वारा बनायी गयी गैलियम नाइट्राईड फिल्म में धातु गैलियम की उपस्थिति के कारण वैलेंस बैंड स्पेक्ट्रा उसे पृष्ठीय अवस्था के Fermi तल पर चित्रित होने लगता है। इन प्रयोगों से मोलीकुलर बीम एपीटेक्सी एवं एम.ओ.सी.डी. द्वारा गैलियम नाइट्राईड फिल्म पर एक नव व्युत्पन्न स्वच्छ प्रक्रिया का तुलनात्मक विश्लेषण किया गया है तथा स्वच्छ गैलियम नाइट्राईड की रससमीकरणमिति का अध्ययन किया गया है।

6. बहुरूपकीय कार्बन तनु फिल्म

ओ एस पंवार

29 मई, 2012 में पूर्व निदेशक प्रो. आर. सी. बुधानी ने पोलिमोरफिक कार्बन थिन फिल्म ग्रुप बनाया, जिसकी मुख्य अनुसंधान गतिविधियाँ इस प्रकार हैं

प्रमुख गतिविधि फिल्टर किए कैथोडीक वैक्यूम आर्क द्वारा (FCVA) और माइक्रोवेव प्लाज़्मा एन्हांस्ड रासायनिक वाष्प जमाव (MWPECVD) तकनीक द्वारा ग्रौफीन संश्लेषण हैं : अन्य संबंधित कार्य इस प्रकार हैं :–

i) फिल्टर्ड कैथोडीक वैक्यूम आर्क (FCVA) और माइक्रोवेव प्लाज़्मा एन्हांस्ड रसायनिक वाष्प जमाव (MWPECVD) तकनीकी द्वारा ग्राफिन सश्लेषण।

ii) ग्राफिन कैरेक्टाराइजेशन और ग्राफिन आधारित डिवाइसीस की खोज की गयी।

iii) डिपाज़ित (i) अक्रिस्टलीय कार्बन (a-C) फ़िल्मों FCVA तकनीक द्वारा, (ii) a-C एम्बेडेड नैनोक्रिस्टलीय साथ संशोाधित आर्क आधारित तकनीक से, (iii) बोरोन और फॉस्फोरस डोपड माइक्रो और नैनो सिलिकॉन और सिलिकॉन कार्बाइड फिल्म FCVA तकनीक द्वारा और (iv) नैनोडायमण्ड और अन्य नैनो कार्बन संरचनाएं MWPECVD तकनीकी द्वारा

iv) हमारे पास FCVA और MWPECVD डीपॉजिसन सुविधाएँ और कैरेक्टाराइलेशन में फील्ड उत्सर्जन और नैनो इंडेंटेशन मापन सुविधा उपलब्ध है।

(अ) फिल्ट्रड कथोडिक वैक्यूम आर्क डिपोजिसन सिस्टम

एक भौतिक वाष्प जमाव सुविधा को "फिल्ट्रड कथोडिक वैक्यूम आर्क" (FCVA) कहा जाता है, जो कि कस्टम डिजाइन और राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला (NPL) (सीएसआईआर समाचार खण्ड 56, संख्या 9, 15 मई, 2006 तथा समीक्षा खण्ड 26 जुलाई–दिसम्बर, 2006, अक–2, राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला में देश में ही विकसित की गयी है। इस प्रणाली (अ) पानी से ठण्डा कैथोड और एनोड, (ब) मैक्रो कणों को हटाने के लिए, एस मोड़ चुंबकीय फिल्टर और 8 इंच का एसएस डिपोजिसन कक्ष होता है। डिपोजिसन कक्ष में ~$1x10^{-6}$ मिलीबार का एक आधार के दबाव को प्राप्त करने के लिए सक्षम है जो कि रोटरी पम्प द्वारा समर्थित दो टर्बो आणविक पम्प से प्राप्त करते है। डी सी बिजली की आपूर्ति से चुंबकीय फिल्टर में 350 गैस का एक चुंबकी क्षेत्र हासिल करते हैं। एक डी सी 0-30V आर्क आपूर्ति के उपयोग से ~200A की आर्क धारा देने में सक्षम हैं जिसकी शुरूआत एक यांत्रिक स्ट्राइकर से करते है। इस तकनीक में, फिल्म को कमरे के तापमान पर कम गलनांक प्लास्टिक सहित किसी भी सब्सट्रेट पर अत्यधिक आयनित प्लाज्मा के संघनन से डिपाजीत कर सकते है। प्रक्रिया उच्च निर्वात में या कम दबाव गैसीय वातावरण में कार्बन, कुछ अर्धचालकों, सुपरकडक्टर जैसे धातु, सिरेमिक, हीरे जैसे कार्बन फिल्मों का डिपोजिसन किया जा सकता है। इस प्रणाली को एन पी एल में विकसित किया गया है जिसे शुद्ध और हाइड्रोजन या नाइट्रोजन डोपेड टेटराहेडरल अक्रिस्टलीय कार्बन फिल्म (ta-C) बनाने के लिए उपयोग किया जाता है। इस सिस्टम में दो परिवर्तन किए गए हैं और अब इसी सिटम में – कैथोडिक जेट कार्बन आर्क' (CJCA) और 'एनोदिक जैट कार्बन आर्क' (ATCA) जैसे अनोखी विधियों का भी समावेश किया गया है। (1) अक्रिस्टलीय कार्बन फिल्म इस नवीन स्टिम से नैनोक्रिस्टलित अक्रिस्टलीय कार्बन फिल्में बनाई जाती हैं।

फिल्ट्रड कथोडिक वैक्यूम आर्क डिपोजिसन सिस्टम

(1) इस नैनोक्रिस्टलीय कार्बन फिल्मों में उच्च कठोरता (hardness), श्रेष्ठ फील्ड उत्सर्जन क्षमता, बेहतर प्रकाश डिटेकंशन जैसे गुण विद्यमान होते हैं। इन फिल्मों में अमोनिया गैस डिटेक्शन के भी गुण होते हैं।

(2) अक्रिस्टलीय कार्बन फिल्म के उपयोग वर्तमान समय में कार्बन फिल्मों का उपयोग सिलिकन सोलर सेल की ऊपरी परत के रूप में भी हो रहा है। सिलिकन आधारित सोलर सेल (solar cell) का उपयोग कई साल से हो रहा है। हर क्षेत्र में बढ़ती ऊर्जा जरूरतों और घटतें पारम्परिक ऊर्जा संसाधनों के कारण सोलर सेल के उपयोग को प्रोत्साहन भी मिल रहा है। सोलर सेल धूल, मिट्टी, पानी, केमिकल्स, मैकेनिकल से अत्यधिक ताप, आद्रता और अत्यधिक ऊर्जा वाले प्रोटान और इलेक्ट्रॉन के प्रभाव में भी क्षरित होते है और उसकी दक्षता कम होने लगती है। परिवर्तित कैथोडिक वैक्यूम आर्क विधि से डिपाजिट कार्बन फिल्म मेकेनिकल दृष्टि से अत्यन्त कठोर (hard) होती है। ये फिल्में केमिकल्स, मेकेनिकल स्क्रेच, अत्यधिक ताप, आद्रता के प्रभाव में भी स्थिर बनी रहती है। ये तनु परतें सोलर क्षेत्र (300–900 नैनो मीटर) के लिए 90% तक पारदर्शक होती है। इन फिल्मों के अपवर्तनांक (refrative index) और ऑप्टिकल ऊर्जा (optical band gap) अंतराल को प्रयोगों द्वारा आसानी से परिवर्तित किया जा सकता है। इन कार्बन फिल्म का अपवर्तनांक" 1.9 से 2.3 eV तक, ऑप्टिकल ऊर्जा अंतराल का मान 1.5 से 3.1 eV तक परिवर्तित किया जा सका है। 1mN के भार पर नैनोक्रिस्टलित कार्बन फिल्मों की कठोरता (hardness) 30 से 49 GPa तक मापी गयी है। इन फिल्मों को सोलर सैल के ऊपरी परत में प्रयोग कर सेल के क्षरण को काफी हद तक कम किया जा सकता है। कार्बन फिल्मों का कम अपवर्तनांक परार्वतन हानि को भी कम करता है और ज्यादे ऑटिकल ऊर्जा अंतराल अवशोषण हानि को कम करता है। साथ ही इन कार्बन फिल्मों की उच्च कठोरता सोलर सेल के ऊपरी परत में उपयोग करने से सेल की क्षमता में वृद्धि होती है।

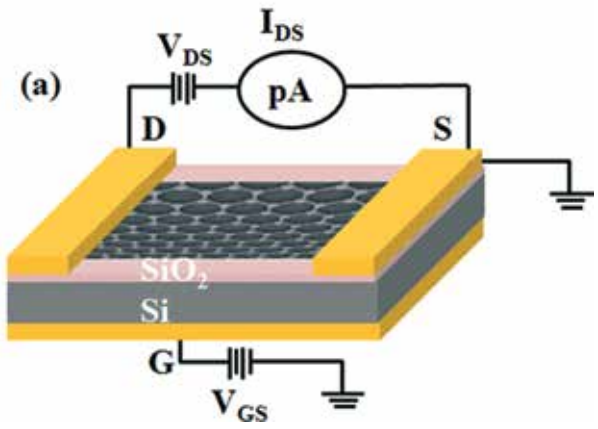
(3) सिलिकन और सिलिकॉन कार्बाइड फिल्म (Silicon and SiC film)

अभी पिछले कुछ वर्षों में इसी फिल्न्टरड कैथोडिक वैक्यूम आर्क (FCVA) सिस्टम का उपयोग करते हुए बिना किसी विषैली (hazardness) गैस (जैसे साइलेन (SiH_4) फासफिन (PH_3) और डाईबोरेन (B_2H_6) का उपयोग किए हुए फोसफोरस डोपड सिलिकन और सिलिकन कार्बाइड फिल्में बनायी गयी है। इन विधि से डिपाजिट सिलिकन ओर सिलिकन कार्बाइड फिल्मों के गुण पारम्परिक PECVD विधि से डिपाजिट फिल्मों के गुण के समतुल्य (बराबर) होते हैं। इस विधि का प्रयोग करते हुए बोरान डोपड सिलिकन फिल्म भी बनायी गयी है। फिल्डरड कैथोडिक वैक्यूम आर्क (FCVA) सिस्टम से इस प्रकार की सिलिकन फिल्म बनाने के लिए फोसफोरस या बोरान डोपड ठोस सिलिकन (ingot) का उपयोग कैथोड की तरह प्रयोग में लाई है। सिलिकन कार्बाइड बनाने के लिए आर्क के निकट एसीटिलीन (C_2H_2) गैस की उपस्थिति से आरकिंग करते हैं। इस प्रकार से डिपाजिट फिल्मों के गुणों को और उन्नत करने के लिए विभिन्न प्रकार के प्रयोग किए जा रहे हैं।

(4) ग्राफीन और उसकी डीवाइसस (Graphene and Graphene based devices)

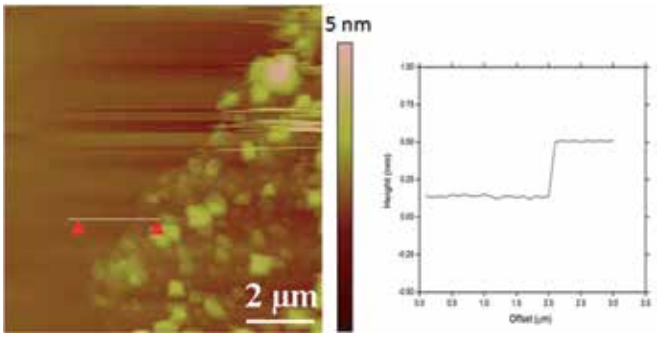
एफ सी वी ए तकनीक का प्रयोग ग्राफीन जैसे अद्भूत पदार्थ को बनाने में भी किया गया है। इस तकनीक में निकिल जैसे धातु के आधार (सब्सट्रेट) पर उच्च निर्वात में अक्रिस्टलीय कार्बन फिल्म बनाने के पश्चात् 800ºC पर 10 से 15 मिनट तक कार्बन फिल्म को तपाकर बहुपरतीय ग्राफीन फिल्म में परिवर्तित किया जाता है। रासायनिक निक्षारण विधि से बहुपरतीय ग्राफीन को अपेक्षित आधार पर स्थानान्तरित (transfer) किया जाता है। अक्रिस्टलीय कार्बन फिल्म की मोटाई को नियंत्रित किया जा सकता है। एक नैनोमीटर कार्बन फिल्म से एकलपरत ग्राफीन फिल्म बनायी गयी है। एकलपरत ग्राफीन फिल्म की पारगम्यता 97% और प्रतिरोधकता 450 Ω/cm^2 परिकलित की गयी है। इसके अतिरिकत 3 नैनोमीटर कार्बन फिल्म से 4 या 5 परत ग्राफीन फिल्म बनायी गयी है जिसको एच आर टी ई एम (HRTCM) तकनीक से सत्यापित किया गया है। 3 नैनोमीटर कार्बन फिल्म से प्राप्त बहुपरतीय ग्राफीन का उपयोग करते हुए फील्ड इफेक्ट ट्रांजिस्टर (FET) भी बनाया गया है जिसकी गतिशीलता 750 सेमी^{2}/वोल्ट–सेकण्ड पायी गयी है। ग्राफीन फिल्म की संरचनात्मक गुण का अध्ययन करने के लिए रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी का प्रयोग किया जाता है। ग्राफीन फिल्म के रमन स्पेक्ट्रम में तीन मुख्य

पीक होती है। सबसे पहली पीक 1350 से.मी$^{-1}$ के करीब होती है जिसे D पीक कहते है और वह ग्राफीन फिल्म में उपस्थित त्रुटि (defects) प्रदर्शित करती है। दूसरी और तीसरी पीक क्रमशः 1580 सेमी$^{-1}$ (G) तथा 2700 सेमी$^{-1}$ (2D) के करीब होती है जिस ग्राफीन फिल्म में षटकोणीय समरूपता को प्रदर्शित करती है।



ग्राफीन का फील्ड इफेक्ट ट्रांजिस्टर

ग्राफीन फिल्म में त्रुटि/दोष को दूर करने के लिए कार्बन फिल्म बनाने से पहले, निकिल धातु सब्सट्रेट को 800ºC पर हाईड्रोजन गैसे में तपाया (Annual) जाता है। इस विधि से प्राप्त एकलपरत ग्राफीन फिल्म में I_D/I_G का मान 0.1, I_{2D}/I_G का मान 2 या 3 तथा $FWHM_{2D}$ क्रमशः 40 सेमी$^{-1}$ अवकलित किया गया है। ग्राफीन/सिलिकान हेट्रोजंक्शन सौर सेल बनाने के लिए एवं फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर (FET) एक–दो परत ग्राफीन प्रयोग करते हुए प्रयास किए जा रहे है।



एक परत ग्राफीन

माइक्रोवेव प्लाज़्मा एन्हास्ड रासायनिक वाष्प दबाव (MWPECVD) सिस्टम द्वारा हमने प्रैशर (Pressure) 5 से 30 Torr एवं तापमान (Temperature) को बदलकर फिल्म निकिल धातु सब्सट्रेट (substrate) डिपोजित करी। इसमें हमें 550-750ºC कार्बन नैनो टयूब के साथ ग्राफीन जैसी हाइब्रिड नैनोकार्बन फिल्म मिली है जिसका FESEM और HRTEM से confirm किया गया जिसका उपयोग अमोनिया सेन्सिंग में किया गया है, मीथेन गैस को कार्बन सोर्स के रूप में उपयोग किया गया है और आर्गन, हाइड्रोजन को कैरियर गैस के रूप में उपयोग किया है, डायोड कान्फिगरेशन में, इसके द्वारा इलैक्ट्रॉन फील्ड उत्सर्जन का अध्ययन किया गया है, टर्न आन फिल्ड (Eturn-on) (जिस फिल्ड पर करंट 1µA/cm^2 है) सब्सस्ट्रेड बायस (Bias) बढ़ाने के साथ 5.5 से 1.9 V/µm तक इम्प्रूव हुआ है, फिल्म इन्हांसमेंट कारक (β) की 925 से 4770 तक बढ़ा है, निगेटिव सब्स्ट्रेट बायस बढ़ाने से कार्बन नैनो ट्यूब की कल्सट्रिंग और घनत्व भी बढ़ रहा है। सभी फिल्म को 450ºC सब्स्ट्रेट तापमान पर डिपोजिट किया गया है। उपस्थित पाजिटिव आयन का पलक्स व आयन ऊर्जा बढ़ जाती है और कार्बन नैनो ट्यूब की ग्रोथ हेतु कार्बन सप्लाई भी बढ़ जाती है, आयन (CH_3^+ आदि) के इम्पेंक्ट से, प्लाज़्मा में उपस्थित गैस का आयोनाइजेशन बढ़ जाता है, ये सभी फेक्टर, बायस बढ़ाने के साथ कार्बन नैनो ट्यूब के कलस्टरिंग और घनत्व (density) बढ़ाने में मदद करते हैं, संक्षेप में सब्स्ट्रेट बायस के साथ कार्बन नैनो ट्यूब के स्ट्रक्युरअल और इलेक्ट्रॉन फील्ड उत्सर्जन का अध्ययन किया गया है।

इस CNT-graphene हाइब्रिड की रमन स्पेक्ट्रम में चार पीक पायी गयी जो 1350 (D पीक), 1560 (D पीक), 2700 (2D peak और 2930 cm^{-1} (डी + जी पीक) पायी गयी।

sp^2 बंधित कार्बन एटम कमरे के तापमान पर कार्बन का सबसे स्थिर रूप है और स्तरित कार्बन अपररूप में से अधिकांश हाइब्रिडाइज्ड होते हैं। ग्राफीन, कार्बन नैनो ट्यूब, ग्रेफाइट, कार्बन अपररूप हैं। अपने असाधारण विद्युतीय, आप्टिकल, यांत्रिक, वैद्युत रासायनिक गुणों के कारण, कार्बन नैनो ट्यूब, एक महत्त्वपूर्ण कार्बन अपररूप है, अधातु जैसे सिलिकॉन, क्वार्टज (quartz) आदि सब्स्ट्रेट, कार्बन नैनोट्यूब के ग्रोथ में उपयोग में लाए जाते हैं इन्हें प्रयोग में इलेक्ट्रोड की भाँति उपयोग नहीं किया जा सकता है, सुपरकैपेसिटर, फ्यूल सेल, बैटरी, इलैक्ट्रॉन फील्ड एमीटर आदि प्रयोग के लिए कंडक्टिंग सब्स्ट्रेट उपयोग होता है, कार्बन नैनो ट्यूब का सीधे बल्क धातु पर संश्लेषण से सब्स्ट्रेट व कार्बन नैनो ट्यूब के बीच

कांटेक्ट प्रतिरोध कम होता है, एडहेसन (adhesion) उन्नत होता है और कार्बन नैनो ट्यूब व सब्स्ट्रेट के बीच के इन्टरफेस (interface) का ओहमिक व्यवहार, उन्नत इलैक्ट्रॉन ट्रांसपोर्ट में मदद करता है, डाइरेक्ट (direct) धातु सब्स्ट्रेट पर कार्बन नैनो ट्यूब के संश्लेषण से, अवशेष कैटालिस्ट धातु नैनोपार्टिकल की समस्या भी समाप्त हो जाती है। हमने सबस्ट्रेट बायस प्रेरित लावर जैसे कलस्टर्ड कार्बन नैनो ट्यूब का सीधे बल्क निकिल पर संश्लेषण किया है। विभिन्न सब्स्ट्रेट बायास (Bias) 0, -150, -250, -350V उपयोग किया गया है।

नई परियोजनाएँ

(01 जुलाई 2014 से 31 दिसम्बर 2014 तक)

क्र.सं.	परियोजना का शीर्षक	संस्था	परियोजना प्रमुख
1.	संवर्धित सौर रूपातंरण हेतु नवीन फुलरीन (Fullerene) आधारित सहसंयोजी दाता–ग्राही	विज्ञान एवं अभियांत्रिकी अनुसंधान बोर्ड (डीएसटी)	डॉ. रचना कुमार
2.	फिल्टरित कैथोडिक निर्वात ऑर्क तकनीक द्वारा विस्तृत क्षेत्र ग्रैफीन का संश्लेषण	विज्ञान एवं अभियांत्रिकी अनुसंधान बोर्ड (डीएसटी)	डॉ. ओ एस पंवार
3.	पदार्थ गतिकी के अन्वेषण हेतु वायु प्लाज्मा के उपयोग से ब्रॉडबैण्ड टेराहर्ट्ज स्पंद की उत्पत्ति	विज्ञान एवं अभियांत्रिकी अनुसंधान बोर्ड (डीएसटी)	डॉ. मुकेश जेवरिया
4.	एकल आयन अटर्बियम के प्रगहण हेतु भारत में प्रकाशिक आवृत्ति मानक के निर्माण हेतु एक आयन जालक (Trap) की अभिकल्पना, संविरचना तथा अभिलक्षण	विज्ञान एवं अभियांत्रिकी अनुसंधान बोर्ड (डीएसटी)	डॉ. शुभदीप डे
5.	विद्युत–स्थैतिक सुरक्षा तथा विद्युत चुंबकीय विकिरणों के परिरक्षण हेतु ग्रैफीन आधारित संरंध्रित नैनों कम्पोजिट की अभिकल्पना	विज्ञान एवं अभियांत्रिकी अनुसंधान बोर्ड (डीएसटी)	डॉ. प्रवीन सैनी
6.	भूकम्प पूर्वानुमान अध्ययनों हेतु आयनसोंडे, जीपीएस, तथा सोडार (SODAR) समर्थित अवश्रव्य के समर्थ अनुप्रयोग का अन्वेषण करना	पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय	डॉ. ए के उपाध्याय

नवीन परामर्शी परियोजना

क्र.सं.	परियोजना का शीर्षक	संस्था	परियोजना प्रमुख
01	रेलों/परीक्षण ब्लाकों के कृत्रिम मानक त्रुटियों का प्रमाणीकरण	मैसर्स फिसीमेक (Physimech) इंस्टूमेंटेशन (पी) लिमिटेड, हैदराबाद	डॉ. के पी चौधरी

7. अक्रिस्टलीय एवं माइक्रो क्रिस्टलीय सिलिकॉन तनु परत और सौर सेल

कल्पना लोधी, मानसी शर्मा, दीपिका चौधरी, सुचेता जुनेजा, एस सुधाकर, और सुशील कुमार

परिचय

अक्रिस्टलीय सिलिकॉन आधारित सोलर सेल के विभिन्न तनु परतों को प्लाज्मा प्रक्रिया द्वारा संश्लेषित किया जाता है इसके लिए SiH_4, PH_3, B_2H_6, H_2 आदि गैसों का प्रयोग किया जाता है। हाइड्रोजनीकृत अक्रिस्टलीय सिलिकॉन (a-Si:H) आधारित पदार्थ और सौर सेल प्रौद्योगिकी पिछले तीन दशकों से प्रचलित है, और दूसरी ओर नैनो/माइक्रो सूक्ष्म क्रिस्टलीय सिलिकॉन (μc/nc-Si:H) पतली फिल्म आधारित सौर सेल अपेक्षाकृत नया है। जो कि हाल के समय वैज्ञानिक और औद्योगिक अनुसंधान में एक विषय के रूप में अधिक ध्यान केंद्रित कर रहा है। इन प्रयासों के परिणाम स्वरुप अब तक 10% स्थिर दक्षता के वृहद क्षेत्रफल के अक्रिस्टलीय हाइड्रोजनीकृत तनु परत सिलिकॉन सौर सेलों और सौर पैनलों के निर्माण की पद्धति और अनुसांगिक उपकरण अब व्यवसाहिक रूप में उपलब्ध हैं। प्रारंभिक वर्षों में a-Si:H/μc-Si:H सिलिकॉन पतली फिल्म, अनुसंधान के क्षेत्र में प्रतिष्ठित नहीं थे। इन दो पदार्थों के बीच असमानताओं ने a-Si:H/μc-Si:H के उत्पादन के लिए अनुकूल पैरामीटर की प्रक्रिया में रुचि जगाई। आंतरिक nc/μc-Si:H आधारित पदार्थ बिना स्टैबलेर व्रोन्स्क प्रभाव (photodegradation) के अपने स्थिर दक्षता के कारण सौर सेलों के लिए होनहार पदार्थ के रूप में उभरा है।

यह अच्छी तरह से ज्ञात है कि a-Si:H में metastable दोषों का निर्माण प्रकाश अवशोषण के तहत स्टैबलेर व्रोन्स्क प्रभाव पाया जाता है। a-Si:H फिल्मों के मेटास्टेबिलिटी अनाकार नेटवर्क संरचना और हाइड्रोजन पदार्थ से सीधे संबंधित हैं। अनाकार मैट्रिक्स में सिलिकॉन nanocrystallites के साथ संरचना में सुधार nc-Si:H फिल्म में मुख्य भूमिका निभा रहा है। यह फिल्मों की photoelectrical गुण और बेहतर स्थिरता दोनों हासिल करने के लिए स्फटिकता को नियंत्रित करना आवश्यक है। डेपोजिशन प्रक्रिया के दौरान मापदंड फिल्म के गुण तय करने में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। (हाइड्रोजनीकृत सिलिकॉन फिल्मों की प्रक्रिया में रेडियो फ्रीक्वेंसी (आरएफ) और बहुत ही उच्च आवृत्ति (वीएचएफ) की सहायता से प्लाज्मा परिष्कृत रासायनिक वाष्प जमाव (PECVD) प्रक्रिया का उपयोग कर महत्वपूर्ण अनुसंधान किये गए हैं।) वीएचएफ PECVD का मुख्य लाभ उच्च विकास दर पर आयन ऊर्जा बमबारी में कमी करने की वजह से डिवाइस गुणवत्ता वाली फिल्मों को जमा किया जा सकता है।

सौर किरणों को पूर्णतया सिलिकॉन की तनु परतो में निहित करने के लिए माइक्रोमोर्फ (Micromorph a-Si:H/μc-Si:H) सौर सेलों का विकास किया जा रहा है। इस निकाय में अक्रिस्टलीय हाइड्रोजिनेटेड सिलिकॉन तनु परतों और क्रिस्टलीय तनु परतों का उपयोग किया जाता है। ये दोनों प्रकार की परतों का संश्लेषण RF/VHF-PECVD के द्वारा किया जाता है।

ठोस क्रिस्टलीय सिलिकॉन वेफर पर विभिन्न अक्रिस्टलीय सिलिकॉन तनु परतों को समाहित कर, एक विशेष संरचना पद्धति के द्वारा हिट (HIT) सौर सेलों का आविर्भाव हुआ। इस दिशा में अनेक प्रयास किये जा रहे हैं। अक्रिस्टलीय सिलिकॉन सौर सेलों को ऊर्जा के एक स्रोत से हटकर और अनेक प्रकार से उपयोग में लाया जा रहा है।

(सीएसआईआर–एनपीएल में हमारा लक्ष्य प्रौद्योगिकी के लिए बुनियादी a-Si:H/μc-Si:H फिल्मों से PECVD प्रक्रियाओं पर आधारित प्रभावी लागत उच्च दक्षता आधारित सिलिकॉन पतली फिल्म (Micromorph, a-Si:H/μc-Si:H) सौर फोटोवोल्टिक तकनीक विकसित करना है।) माइक्रोक्रिस्टलाइन सिलिकॉन (μc-Si:H) उच्च स्थिरता होने से आकारहीन सिलिकॉन के लिए एक वैकल्पिक पदार्थ हो सकता है, लेकिन इसकी सौर सेलों में थोड़ी मोटी परतों में आवश्यकता है। तो, μc-Si:H फिल्मों के लिए डेपोजिशन प्रौद्योगिकी के साथ उच्च विकास दर का उपयोग करने की जरूरत है जो बहुत उच्च आवृत्ति (वीएचएफ) PECVD

प्रक्रिया के माध्यम से संभव है। इससे निश्चित रूप से इस प्रक्रिया के throughput में वृद्धि होगी। जहाँ तक पतली फिल्म सिलिकॉन सौर सेल की दक्षता में वृद्धि का संबंध है, इस तरह के उन्नत अवधारणाओं प्रयोग के द्वारा सुधार किया जा सकता है जैसे ऊपर/ नीचे रूपांतरण, plasmonic प्रकाश को फँसाने, वर्गीकृत परतों की संरचना के रूप में, आदि।

प्रारंभिक अनुसंधान

अक्रिस्टलीय अर्धचालकों पर अनुसंधान के लिए हाइड्रोजनीकृत अक्रिस्टलीय सिलिकॉन (a-Si:H) काफी बाद में आया इन अक्रिस्टलीय अर्धचालक में रिसर्च का एक मुख्य कारण यह था कि कैसे गैर क्रिस्टलीय संरचना के विकार इलेक्ट्रॉनिक गुणों को प्रभावित करते हैं। a-Si:H 1960 के दशक के आखिरी में बनाया गया था। उस समय यह sputtering के द्वारा या थर्मल वाष्पीकरण द्वारा तैयार किया जाता था, जो हाइड्रोजन के बिना अक्रिस्टलीय सिलिकॉन, पर शोध किया जाता था। Unhydrogenated पदार्थ डोपिंग, photoconductivity और एक उपयोगी अर्धचालक के अन्य वांछनीय विशेषताओं को रोकता है जो एक बहुत ही उच्च घनत्व दोष है। इलेक्ट्रॉनिक माप ज्यादातर दोषों की स्थिति के माध्यम से चालन की जांच तक ही सीमित थे। अक्रिस्टलीय सिलिकॉन के उच्च घनत्व दोष के कारण इनका उपयोग इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों के लिए नहीं हो पता था इसीलिए इसके दोषों को नष्ट करने के लिए sputtering प्रणाली में हाइड्रोजन को प्रयुक्त किया गया। हाइड्रोजन photoconductivity, कम दोष घनत्व और डोपिंग, सुधार का कारण बना।

हाइड्रोजनीकृत अक्रिस्टलीय सिलिकॉनः सूत्र में साधारण हालांकि (a-Si:H), परन्तु विशिष्ट गुणों के साथ एक अत्यधिक जटिल पदार्थ है जिसके फलस्वरूप इसने व्यापक वैज्ञानिक रूचि जगाई और तकनीकी अनुप्रयोगों की एक किस्म के लिए प्रेरित किया है। हाइड्रोजनीकृत सिलिकॉन फिल्मों की प्रक्रिया में प्लाज्मा परिष्कृत रासायनिक वाष्प जमाव (PECVD) की प्रक्रिया का उपयोग कर महत्वपूर्ण अनुसंधान किये गए हैं। a-Si:H के विकास में एक महत्वपूर्ण मोड़ः 1975 में आया जब प्रक्रिया में phosphine या diborane गैस की वृद्धि द्वारा एन–प्रकार या पी–प्रकार डोपिंग की गयी थी।

अक्रिस्टलीय सिलिकॉन तनु फिल्म

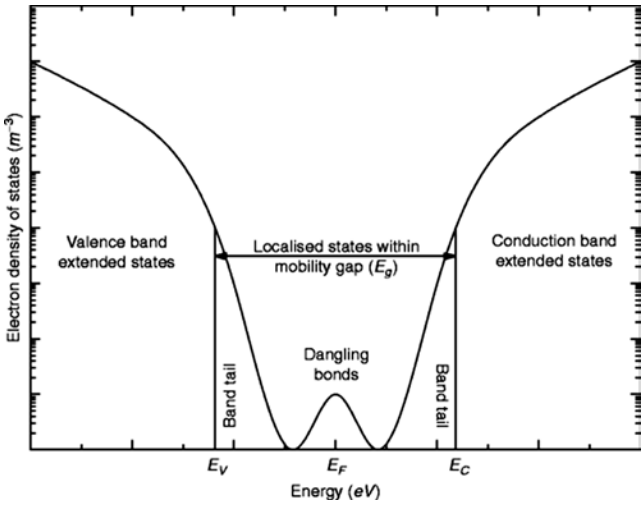
अक्रिस्टलीय सिलिकॉन, सिलिकॉन की गैर क्रिस्टलीय रूप है। अक्रिस्टलीय सिलिकॉन तनु फिल्म के रूप में जाना जाता है। कुछ ऊर्जा और सब्सट्रेट / सतह पर अपनी संक्षेपण के माध्यम से सिलिकॉन परमाणुओं, आयनों, अणु, कण, प्रजातियों आदि का प्रयोग अक्रिस्टलीय सिलिकॉन तनु फिल्म निर्माण में किया जाता है।

सिलिकॉन सामान्य रूप से टेट्राहेड्रल चार पड़ोसी सिलिकॉन परमाणुओं से बंधा हुआ है। यह भी अक्रिस्टलीय सिलिकॉन के अंतर्गत आता है; हालांकि, यह क्रिस्टलीय सिलिकॉन के रूप में एक सतत क्रिस्टलीय जाली गठित नहीं करता है। परन्तु इसका तात्पर्य यह नहीं है की यह अक्रिस्टलीय सिलिकॉन पूरी तरह से परमाणु पैमाने पर विकार है। अक्रिस्टलीय सिलिकॉन का केवल फोटो सेंसर, सौर सेल और बड़े क्षेत्र फ्लैट डिस्प्ले में ही मौजूद एवं संभावित उपयोग नहीं है बल्कि इसके सहज अव्यवस्थित प्रकृति के कारण इसकी उपस्थिति नयी तकनीकी और वैज्ञानिकी के लिए चुनौती है। इस क्षेत्र में अनुसंधान पदार्थ में इलेक्ट्रॉनिक और photonic प्रक्रियाओं को समझने के लिए और अनुकरण और इन पदार्थों से निर्मित उपकरणों के संचालन का अनुकूलन करने के संख्यात्मक मॉडल विकसित करने के लिए प्रयोगात्मक और कंप्यूटर मॉडलिंग दोनों का उपयोग किया जा रहा है।

अक्रिस्टलीय सिलिकॉन में इलेक्ट्रॉनिक परिवहन

अवस्था का घनत्व स्थानीय और गैर स्थानीय अवस्था के संयोजन के रूप में परिभाषित किया जा सकता है। स्थानीय अवस्था, पदार्थों के बैंड अंतराल में ऊर्जा के स्तर और फंसे हुयी सतह के रूप में निचले बंधे हुए किनारों पर दिखाई देते हैं। क्रिस्टलीय–जैसे पदार्थ के लिए इलेक्ट्रॉन की अवस्थाओं का घनत्व valance और चालन बैंड के रूप में केवल गैर–स्थानीयकृत स्तर होते हैं। इस मॉडल में Valance और चालन बैंड नीचे की ओर से ओवरलैप कर रहे हैं, इसके अर्थात इस पदार्थ के कुछ क्षेत्रों में, valance बैंड में एक इलेक्ट्रॉन में, पदार्थ के दूसरे हिस्से में एक मुक्त अवस्था में एक अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन की तुलना में अधिक ऊर्जा हो सकती है। कुछ इलेक्ट्रान बैलेंस बैंड की ऊपरी सतह से चालन बैंड की निचली सतह में

स्थानिक अलग अवस्थाओं में चले जाते हैं। फर्मी स्तर इस प्रकार के अंतराल के केंद्र के पास गिर जाता है। चालन बैंड अवस्था प्राकृतिक रूप से खाली हैं, और बैलेंस बैंड की अवस्था प्राकृतिक रूप से एलेक्ट्रोनो से अधिकृत है। और ये सभी आवेशित अवस्थाएं E_f ऊपर और नीचे इलेक्ट्रॉन और होल के लिए कुशल ट्रैपिंग केंद्र के रूप कार्य करती हैं। गतिशील अवस्थाओं के बंध अल्प दूरी के कारण बाहर निकल जाते हैं। जबकि डेंगलिंग बंध मध्य अंतराल के आसपास दिखाई देते हैं बिन्दुदार वक्र एक क्रिस्टल में समकक्ष अवस्थाओं को दर्शाता है



चित्र 1 : क्रिस्टलीय सिलिकॉन में ऊर्जा बनाम अवस्थाओं के घनत्व और गतिशीलता को दर्शाता है।

क्रिस्टलीय सिलिकॉन से अधिक अक्रिस्टलीय सिलिकॉन का लाभ

क्रिस्टलीय सिलिकॉन से अधिक अक्रिस्टलीय सिलिकॉन के मुख्य लाभ में से एक यह है कि यह बड़े क्षेत्रों पर अधिक समरूप है। वैसे तो अक्रिस्टलीय सिलिकॉन, स्वाभाविक रूप से दोषों से परिपूर्ण होने के बाद से, पदार्थ के समग्र विशेषताओं को जबरदस्त रूप से प्रभावित नहीं करते। इसके अलावा, यह PECVD (प्लाज्मा परिष्कृत रासायनिक वाष्प जमाव) का उपयोग कर बड़े क्षेत्रों पर जमा किया जा सकता है यह तथ्य क्रिस्टलीय सिलिकॉन की तुलना में यह एक बहुत बड़ा फायदा देता है। अक्रिस्टलीय सिलिकॉन थिन फिल्म ट्रांजिस्टर (TFTs), में सक्रिय परत के रूप में प्रयोग किया जाता है जो कि बड़े क्षेत्र इलेक्ट्रॉनिक्स अनुप्रयोगों में इस्तेमाल किया जाता है, मुख्यतः LCDs के लिए। अक्रिस्टलीय सिलिकॉन बड़े क्षेत्र पर सौर सेल के लिए उपयोग किया जाता है। जब calculators में इस्तेमाल छोटे सौर सेल बहुत वर्षों a-Si:H के साथ बनाया गया है। a-Si:H बहुत कम तापमान (275 डिग्री सेल्सियस से भी कम) पर जमा किया जा सकता है। जो कि न केवल कांच पर अपितु प्लास्टिक के लिए भी उपयुक्त है। अक्रिस्टलीय सिलिकॉन की बारम्बार प्रसंस्करण क्षमता के कारण इस पर वर्तमान समय में बहुत अधिक ध्यान दिया जा रहा है, जिसके द्वारा सर्किट प्लास्टिक या धातु foils की लंबी चादरों पर मुद्रित कर रहे हैं। इस प्रसंस्करण तकनीक का आधुनिक क्रिस्टलीय अर्धचालक विनिर्माण की तुलना में सस्ता होने की उम्मीद है। क्रिस्टलीय सिलिकॉन आम तौर पर अक्रिस्टलीय सिलिकॉन की तुलना में बेहतर विद्युत के गुण है, लेकिन हाल के वर्षों में इस क्षेत्र में शोधकर्ताओं ने कुछ हद तक इस अंतर को कम करने के लिए सक्षम प्रयास किये हैं।

प्रयोगात्मक कार्यप्रणाली

हमारे पास विभिन्न निक्षेपण प्रणालियां तथा इन–हाउस अभिलक्षणन सुविधा है। हाल ही में सीएसआईआर–एनपीएल में, हम ने एक पच्चीस साल पुराने गैर कार्यात्मक बहु चैम्बर PECVD यन्त्र का अक्रिस्टलीय एवं माइक्रो क्रिस्टलीय सिलिकॉन फिल्मों के विकास के लिए नवीनीकरण किया तथा अनेक प्रयासों के पश्चात् इसे एक नया जीवन दिया गया (चित्र–2) तथा इसके साथ ही सौर सेल हेतु धात्विक तथा अन्य परतों के निक्षेपण के लिए कण–क्षेपण तथा तापीय वाष्पीकरण प्रणालियाँ भी उपलब्ध है। हमारे पास विभिन्न अभिलक्षणन सुविधाएं भी उपलब्ध हैं, जैसे IV-CV, तापमान आश्रित अदीप्त तथा प्रकाशिक चालकता सौर अनुकारी, सुई आधारित थिकनेस प्रोफाइलोमीटर प्रतिबल मापन व्यवस्था, प्रकाशतापीय विक्षेपण स्पेक्ट्रोस्कोपी (पी डी एस) तथा स्थिर प्रकाश विद्युत धारा पद्धति (सी पी एम) आदि।

बहु चैम्बर PECVD यन्त्र गुणवत्ता के लिए पी–टाइप, आंतरिक तथा एन–टाईप अक्रिस्टलीय सिलिकॉन आधारित अर्धचालक पदार्थ तथा एक लोड–लॉक कक्ष के निक्षेपण हेतु तीन प्रक्रम कक्ष होते हैं। इस यन्त्र को लगभग 25 वर्ष पूर्व (द्वारा मैसर्स जी एस आई, यू एस ए) प्राप्त किया गया था। हालांकि यह यन्त्र पूर्व में

सक्षम एकल संधि अक्रिस्टलीय सिलिकॉन p-i-n संरचना वाले सौर सेलों तथा मॉड्यूल (क्षेत्रः 10 x 10 cm^2) को संविरचित करने की क्षमता का प्रदर्शन कर चुकी है। इस यन्त्र का उपयोग p-i-n a-Si:H तथा µc-Si:H फिल्मों के निक्षेपण हेतु किया जा रहा है ताकि सक्षम (>10%) टैनड्म जंक्शन माइक्रोमॉर्फ सौर सेल संविरचित की जा सके।

चित्र 2 : अक्रिस्टली तथा माइक्रो/ नैनो क्रिस्टली सिलिकॉन की p-i-n परतों (10 - 10 cm^2 क्षेत्र) के निक्षेपण हेतु बहु–कक्षीय PECVD यन्त्र।

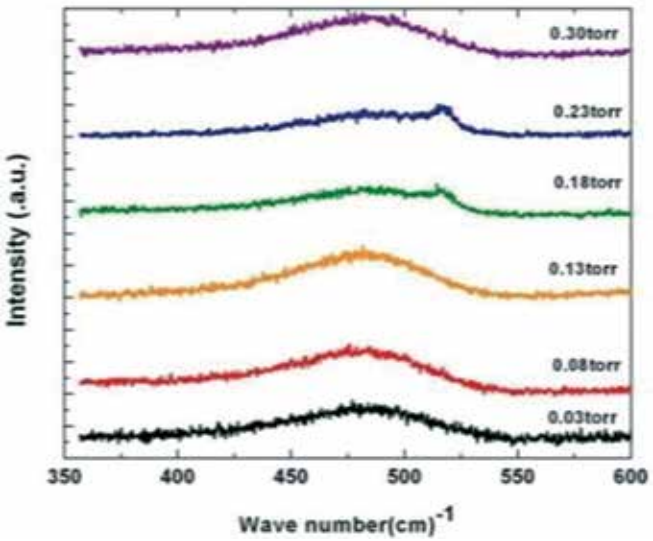
प्रक्रिया में इन परतों को रेडियो आवृत्ति (13.56 मेगाहर्ट्ज आरएफ) और बहुत ही उच्च आवृत्ति (वीएचएफ; 27.12 मेगाहर्ट्ज और 60 मेगाहर्ट्ज) का उपयोग कर 1 इंच x 1 इंच से 4 इंच x 4 इंच तक के विभिन्न आकारों के substrates पर जमा किये जाते है। इसके बाद एकल जंक्शन पिन सौर सेल बनाये गए और इन सेलों की दक्षता (η) 100 mW/cm^2 पर TCO (ऊपर से संपर्क और Al पीछे संपर्क के रूप में) पर जमा 1 इंच x 1 इंच और 4 इंच x 4 इंच पिन परतों में इकाई सेल की 5.46% मापी गयी। इन बनायीं गयी परतों और सौर सेलों के गुणों से संबंधित महत्वपूर्ण परिणाम में से कुछ यहाँ प्रस्तुत कर रहे हैं। हमने संख्यात्मक सिमुलेशन द्वारा भी PIN और hetrojunction विन्यास में a-Si:H/µc-Si:H के आधार पर विभिन्न सौर सेल उपकरणों को समझने के लिए प्रयास किए हैं।

अक्रिस्टलीय एवं माइक्रो क्रिस्टलीय सिलिकॉन तनु परत और सौर सेल

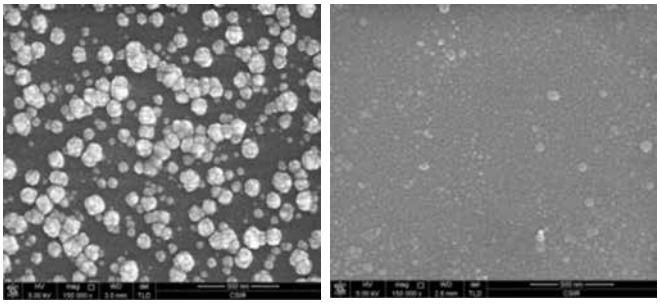
यहाँ हम विभिन्न प्रक्रिया मापदंडों जैसे कार्यान्वित शक्ति, प्रक्रिया दबाव, तापमान, गैस प्रवाह, गैसों का तनुकरण (हाइड्रोजन और आर्गन), आवृत्ति (13.56 मेगाहर्ट्ज, 27.12 मेगाहर्ट्ज और 60 मेगाहर्ट्ज) आदि का प्रभाव प्लाज्मा स्थिति पर देख रहे है, जो a-Si:H/µc-Si:H पतली फिल्मों के संरचनात्मक, विद्युत और ऑप्टिकल गुणों को प्रभावित करती हैं। इन फिल्मों के लक्षणों के लिए लेजर रमन स्पेक्ट्रोस्कोपी, यूवी विजिबल स्पेक्ट्रोस्कोपी, एफटीआईआर स्पेक्ट्रोस्कोपी, केर्रेंट वोल्टेज माप, फोटो और अंधेरे चालकता माप आदि किए गए।

परिणाम

विभिन्न दबावों (0.03 Torr 0.3 Torr की रेंज) में जमा अक्रिस्टलीय और माइक्रोक्रिस्टलाइन सिलिकॉन फिल्मों की रमन स्पेक्ट्रा से यह स्पष्ट रूप से पता चला है कि फिल्मों 0.23 Torr पर जमा और 0.18 Torr क्रिस्टलीय पदार्थ शामिल है। अन्य दबाव पर जमा फिल्मों प्रकृति में मुख्य रूप से अक्रिस्टलीय थे। चित्र 4 (क) 0.23 Torr (ख) 0.13 Torr दबाव पर जमा सिलिकॉन पतली फिल्मों के SEM माइक्रोग्राफ दिखाता है।



चित्र 3: विभिन्न दबावों में जमा सिलिकॉन पतली फिल्मों की रमन स्पेक्ट्रा

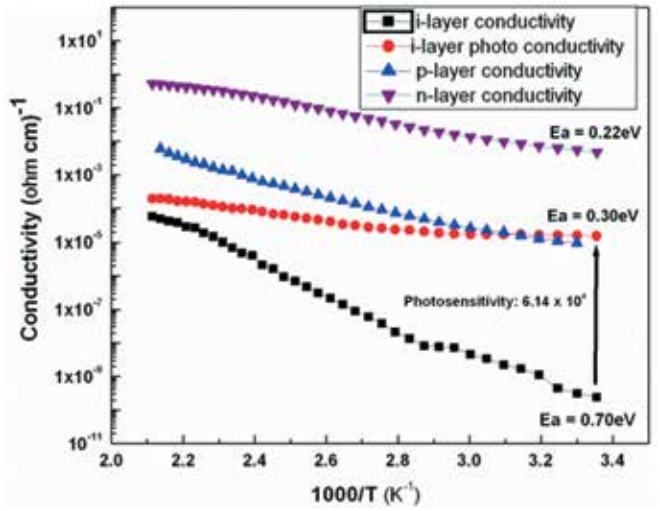


(क) (ख)

चित्र 4: (क) 0.23 Torr (ख) 0.13 Torr दबाव पर जमा सिलिकॉन पतली फिल्मों के SEM माइक्रोग्राफ

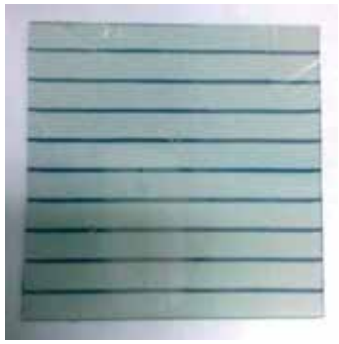
इष्टतम स्थिति के तहत जमा फिल्मों में डोपिंग (एन एंड पी दोनों प्रकार) और विश्लेषण भी किया गया है। इसके बाद उनके बैंड अंतराल और परिवहन गुणों के आधार पर a-Si:H की अनुकूलित पी परतों का उपयोग कर कुछ p-i-n सौर सेल बनाये गए थे :

अलग– अलग प्रक्रिया की स्थिति के तहत p-i-n परतें जमा की गयीं चित्र में कुछ विशिष्ट फिल्मों की σ_d:conductivity ($\Omega^{-1}cm^{-1}$) चालकता σ_{ph}: photoconductivity ($\Omega^{-1}cm^{-1}$) और E_a: सक्रियण ऊर्जा (eV) को दिखाया गया है।

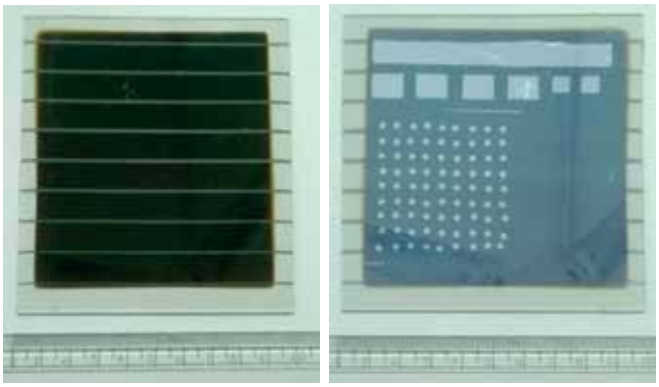


चित्र 5 : तापमान के एक प्रकार्य के रूप में P,I,N परतों की चालकता

TCO ग्लास सब्सट्रेट (4 इंच x 4 इंच) पर सौर सेलों के ऊपर के संपर्क (चित्र 6) के लिए एल्यूमिनियम ग्रिड लाइन बनाये गए थे (चौड़ाई 1 मिमी और पंक्तियों के बीच का अंतर 9 मिमी) थे। तब (चित्र 7 क) अनुकूलित p-i-n परतें (विभिन्न अनुकूलित प्रक्रिया के तहत क्रमिक रूप से) जमा की गयीं।



चित्र 6 : TCO ग्लास सब्सट्रेट (4 इंच X 4 इंच) पर जमा एल्यूमिनियम ग्रिड लाइन।



(क) (ख)

चित्र 7: (क) Al ग्रिड लाइनों के साथ TCO कांच सब्सट्रेट (4 इंच एक्स 4 इंच) पर जमा माइक्रोक्रिस्टलाइन सिलिकॉन की p-i-n परत (ऊपर के संपर्क के रूप में)। (ख) Al पीछे के संपर्क के रूप में (वास्तव में यह चित्र 5 का पृष्ठ है) माइक्रोक्रिस्टलाइन सिलिकॉन की p-i-n परतों पर जमा किया।

अल्युमिनियम माइक्रोक्रिस्टलाइन सिलिकॉन की p-i-n परतों पर (चित्र 7 ख : विभिन्न आकार सेल क्षेत्र के रूप में परिभाषित, प्रत्येक सेल को डाइमंड स्क्राइबर द्वारा अलग किया गया है) पीछे संपर्क के रूप में जमा है। यहाँ पर देखा गया कि 4 इंच x 4 इंच पर विभिन्न स्थानों पर किए गए सौर सेलों की रूपांतरित दक्षता में गैर एकरूपता है। यह सिलिकॉन परतों के मिश्रित चरण संरचनाओं (अक्रिस्टलीय और माइक्रोक्रिस्टलाइन संरचनाओं से मिलकर) की वजह से हो सकता है। कुछ सौर सेलों की विशिष्ट मापदंडों पर विशेषताओं को तालिका 1 में उल्लेख कर रहे हैं।

तालिका 1 : सौर सेल विशेषताओं के विशिष्ट मानदंड।

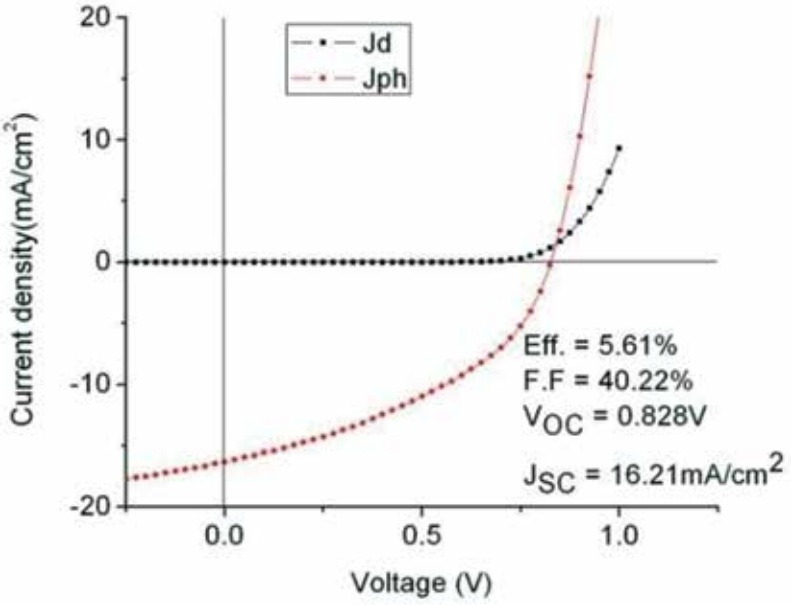
Solar Cells	I_{Sc} (mA/cm^2)	V_{oc} (V)	FF (%)	η (%)
1	16.21	0.828	44.22	5.61
2	26.52	0.848	37.58	8.45
3	11.41	0.822	31.13	2.93
4	12.69	0.816	33.03	3.42
5	14.77	0.81	42.45	5.07
6	4.35	0.828	30.54	1.09

परतों के अनुकूलन का कार्य आगे प्रगति पर है। अक्रिस्टलीय और microcrystalline सिलिकॉन के लिए P,I,N परतों के लिए प्रक्रिया की स्थिति अनुकूलित करने के बाद, हम 4 इंच x 4 इंच के इस क्षेत्र पर Micromorph p-i-n सौर सेलों और मॉड्यूल के निर्माण लिए आगे बढ़ेंगे।

सीएसआईआर–एनपीएल में सिमुलेशन का काम भी एकल जंक्शन अक्रिस्टलीय और माइक्रोक्रिस्टलाइन PIN सिलिकॉन की समझ और दक्षता में सुधार के लिए और साथ ही heterojunction (HJ) और आंतरिक परत (प्रभावित) के साथ HJ सौर सेलों को एक आयामी सहायता प्राप्त AFORS- HET सॉफ्टवेयर द्वारा कंप्यूटर पर किया जा रहा है।

µc-Si:H के PIN परतों के बैंड अंतराल के अनुकूलित मान, 1.5 eV, 1.4 eV और 1.5 eV पाए गए और उनकी मोटाई क्रमशः 5 nm, 2000 nm और 20 nm पायी गयी। N_a (acceptor concentration) और N_d (Donar concentration) के अनुकूल मान का भी प्रदर्शन किया और µc-Si:H के लिए N_a और N_d 10^{20} सेमी^{3} पर उच्चतम दक्षता 17% मिली। यह अध्ययन मौजूदा µc-Si:H सौर सेल प्रौद्योगिकी के साथ जुड़े मुद्दों को हल करने के लिए उपयोगी होगा और वर्तमान परियोजना में प्रस्तावित उच्च दक्षता Micromorph सौर सेलों के उत्पादन में मदद मिल सकती है।

अनुकूल सुधार के द्वारा, हमने जाना की bifacial HIT सौर सेल में emitter परत, ऊपरी I परत और c-Si के वेफर मोटाई क्रमशः 6 एनएम, 3 एनएम और 200 माइक्रोन, पर 27.02% की रिकॉर्ड दक्षता प्राप्त हुयी। सभी सेल संरचनाओं की emitter परत और ऊपरी। परत क्रमशः 6 एनएम और 3 एनएम, की मोटाई पर उच्चतम दक्षता उत्पन्न हुयी। हालांकि, इष्टतम c-Si आधारित वेफर की मोटाई विभिन्न सेल संरचनाओं के अनुसार विविध किया गया था; साधारणतय HJ और HIT सेलों पर 300 माइक्रोन पर बीएसएफ परत के साथ, 58 माइक्रोन, HJ सेल पर बीएसएफ परत के साथ 98 माइक्रोन, उच्चतम दक्षता दर्शायी गयी। इन अनुकूल मापदंडों से कम लागत उच्च दक्षता HJ और HIT सौर सेल प्रौद्योगिकी के निर्माण में मदद हो सकती है।

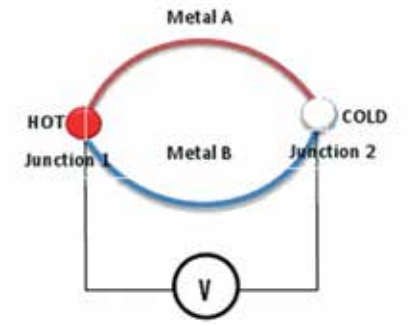


चित्र –8 : एकल सेल की I-V विशेषताओं को दिखाया गया है।

8. थर्मोइलेक्ट्रिक युक्ति : ऊर्जा संरक्षण का एक माध्यम

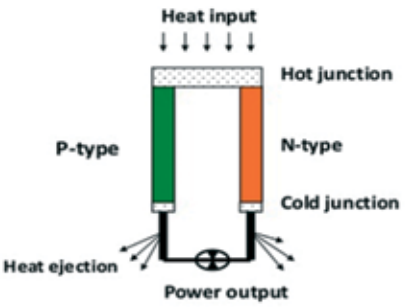
कृति त्यागी, भास्कर गहतोड़ी, बी. शिवैया, एम. सरवनन एवं अजय धर

थर्मोइलेक्ट्रिक पदार्थ ऊष्मा ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में तब्दील करने में सक्षम होते हैं। अतः व्यर्थ जाने वाली ऊष्मीय ऊर्जा को भी उपयोग में लाया जा सकता है। इस प्रक्रिया से ऊर्जा संकट का हल ढूंढने में एक विकल्प मिल सकता है।



चित्र – 1 : Seebeck प्रभाव [1]

थर्मोइलेक्ट्रिक पदार्थ सीबैक (Seebeck) के सिद्धांत पर कार्य करते हैं (चित्र–1), जिसके अनुसार किसी भी दो भिन्न अर्द्धचालक में तापमान अंतराल होने की वजह से वोल्टेज का अन्तर उत्पन्न होता है। एक सरलतम थर्मोइलेक्ट्रिक जेनरेटर में n-type एवं p-type तत्त्व होते हैं, जो विद्युतीय श्रेणी में तथा ऊष्मीय समांतर में जुड़े होते हैं। एक तरफ से ऊष्मा प्रदान की जाती है और दूसरी तरफ से अस्वीकृत की जाती है। (चित्र–2) गर्म एवं ठण्डे जंक्शन की तापमान प्रवणता के अनुपात में विद्युत प्रवाह उत्पादित होता है। किसी भी थर्मोइलेक्ट्रिक जेनरेटर की सक्षमता निम्न है :–



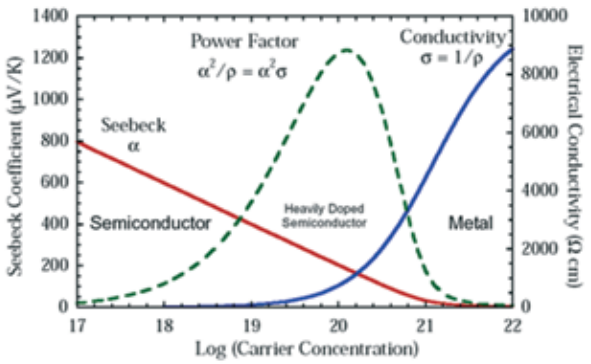
चित्र – 2 : थर्मोइलेक्ट्रिक युक्ति के संचालन का आधार [2]

$$\eta = \frac{T_{hot} - T_{cold}}{T_{hot}} * \frac{\sqrt{1+ZT_{avg.}} - 1}{\sqrt{1+ZT_{avg.}} + \frac{T_{cold}}{T_{hot}}} \quad 1$$

ऊपर दिए गए सूत्र के अनुसार सक्षमता एक आयामरहित figure-of-merit (ZT) पर निर्भर है। ज्यादा ZT होने पर थर्मोइलेक्ट्रिक जेनरेटर की सक्षमता ज्यादा निश्चित है। ZT की परिभाषा निम्नलिखित सूत्र से दी जाती है :–

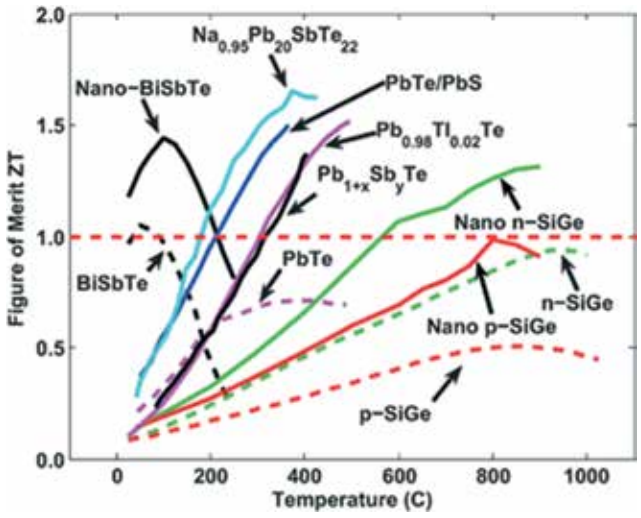
$$ZT = \frac{S^2\sigma}{\kappa}T \quad 2$$

सूत्र (2) के अनुसार किसी भी पदार्थ को अच्छा थर्मोइलेक्ट्रिक होने के लिए सीबैक गुणांक (Seebeck coefficient) (S), विद्युत चालकता (electrical conductivity) (σ) ज्यादा होने चाहिए तथा ऊष्मीय चालकता (Thermal conductivey) (k) कम होनी चाहिए। ये सारे गुण किसी एक पदार्थ में एक साथ मिलना असंभव है। अनुकूलन करने पर यह विदित होता है कि highly doped narrow band gap semiconductors अच्छे थर्मोइलेक्ट्रिक साबित हो सकते हैं। (चित्र–3) विभिन्न समूहों द्वारा ZT बढ़ाने के अलग–अलग तरीके अपनाए गए, जिनमें से नैनोस्ट्रक्चरिंग (nanostructuring) सफलतम उपाय है।



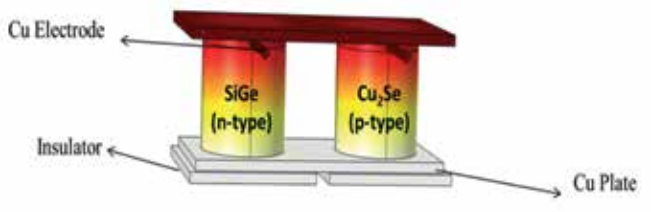
चित्र – 3 : (सीबैक) गुणांक एवं विद्युत चालकता का वाहन एकाग्रता के साथ परिवर्तन [3]

नैनोस्ट्रक्चरिंग (Nanostructuring) करने से पदार्थ में grain boundaries बढ़ जाती हैं, परिणामतः फोनोन (phonon) स्कैटर हो जाते हैं और k कम होता है तथा इलेक्ट्रॉन का mean free path कम होने से वे स्कैटर नहीं होते और पदार्थ के वैद्युत गुण बरकरार रहते हैं। इस तकनीक से अलग–अलग पदार्थों के ZT में बढ़ोत्तरी पायी गयी है। (चित्र–4) हाल ही में नैनो स्ट्रक्चरिंग (nano structuring) प्रचलित हुआ है। Liu et al ने [4] Cu_2Se पदार्थ की ZT 1000 K पर 1.5 बल्क रूप में प्राप्त की। हमारे धातु एवं मिश्र धातु विभाग (Metals & Alloys) में नैनोस्ट्रक्चर्ड रूप में Cu_2Se पदार्थ बनाया गया जिसकी ZT value 1000 K पर 2.1 है [5]। नैनोस्ट्रक्चरिंग (Nanostructuring) करने के लिए Cu_2Se को High Energy ball milling के अधीन किया गया जिसमें balls के तीव्र गति में एक दूसरे से टकराने के प्रभाव से पदार्थ कणों (material particles) का आकार छोटा हो जाता है। Fracturing agent के रूप में Stearic Acid का उपयोग होता है तथा यह पदार्थ की Rewelding रोकने में भी उपयोगी है। इसके बाद पदार्थ का घनत्व बढ़ाने के लिए spark plasma Sintering (SPS) किया गया। SPS में कुछ ही मिनटों में उच्च तापमान प्राप्त होता है, जिससे की पदार्थ की वृद्धि पर रोक लगती है और उसका आकार नैनो सीमा में ही रहता है।



चित्र : 4 : थर्मोइलेक्ट्रिक पदार्थ के ZT का तापमान के साथ परिवर्तन [6]

Cu_2Se एक p-type पदार्थ है। अभी तक इसका n-type सहयोगी पदार्थ नहीं बनाया जा सका है। अतः n-type की कमी पूरी करने के लिए SiGe n-type का प्रयोग किया गया। [7] n-type SiGe तथा p-type Cu_2Se का इस्तेमाल करके उपकरणों का निर्माण किया गया। (चित्र–5) हाल में हम इस उपकरण की सक्षमता बढ़ाने में कार्यरत हैं। साथ ही, हमारे समूह में Mg_2Si, MnSi, SnSe, Bi_2Te_3, Sb_2Te_3 इत्यादि पर भी काम हो रहा है।



चित्र : 5 : थर्मोइलेक्ट्रिक युक्ति

संदर्भ :–

1. www.electrical engineering – gate.com
2. Ref: http://www.electronicproducts.com/
3. thermoelectric.Matsci.northwestern.edu
4. एच. लियू, एक्स शी, एल. झांग डब्ल्यू झांग, एल. चेन, क्यू. ली, सी वहेर, टी. डे, जी. जे. स्नाइडर, नैचर मैटेरियल 11(11012), 422–425
5. बी. गहतोरी, एस. बातुला, के त्यागी, एम. जयसिम्हाद्री, ए. के. श्रीवास्तव, सुखबीर सिंह, आर सी बुधानी, अजय धर, नैनो इनर्जी 13, (2015), 36–46
6. ए. जे. मिन्निच एम. एस. ड्रेसेलाहॉउ, जेड. एफ. रेन एंड जी. चेन, 2009, 2, 466
7. एस. बातुला, एम जयसिंम्हाद्री, बी. गहतोड़ी, एन के सिंघ, के. त्यागी, ए.के. श्रीवास्तव, अजय धर, अनुप्रयुक्त भौतिकी 7 (2015), 29

9. ऊर्जा अनुप्रयोगों हेतु विशिष्ट पदार्थ तथा उपकरण

डॉ. टी डी सेनगुट्टुवन

भौतिकी एवं ऊर्जा संचयन प्रभाग के अन्तर्गत यह गतिविधि मुख्यतः दो प्रकार की गतिविधियों से संबंधित है, जो इस प्रकार हैं :– 100 डिग्री से. से 300 डिग्री से. के परास में ऊर्जा संचयन हेतु निम्न तापमान ताप–वैद्युत पदार्थ का निर्माण इस उद्देश्य हेतु, यह समूह कैल्कोजिनाइड (Chalcogenide) आधारित ताप–वैद्युत पदार्थों जैसे Bi_2Te_3 तथा Sb_2Te_3 पर कार्य करता है। ये पदार्थ रासायनिक संश्लेषण तथा इसके पश्चात् हार्ड प्रेस तथा स्फुलिंग प्लाज़्मा सिंटरिंग के उपयोग से संपीडन प्रक्रिया द्वारा तैयार किए जाते हैं। इस समूह का उद्देश्य रेचन व्यवस्था (Exhaust System) के अंतिम सिरे से अपशिष्ट ऊष्मा का उपयोग तथा ग्रामीण घरेलू प्रकाश–व्यवस्था हेतु करना है।

इसकी दूसरी गतिविधि केन्द्रित आयन किरण–पुंज व्यवस्था के उपयोग से नैनो संविरचना है। इसका मुख्य उद्देश्य पदार्थ के मूलभूत पहलुओं जैसे Nife की व्युत्क्रमण गतिकी का अध्ययन तथा Bi_2Se_3 आधारित फोटो संसूचकों के विकास के तरीकों का अध्ययन करना है। इनका उपयोग उन्नत फोटोनिक्स अनुप्रयोगों में किया जाता है।

कार्यशाला

राजभाषा विभाग, गृह मंत्रालय, भारत सरकार के दिशा–निर्देशों का अनुपालन सुनिश्चित करते हुए प्रयोगशाला में प्रशासन के अधिकारियों/कर्मचारियों के लिए दिनांक 18.06.2015 को एक अर्द्ध–दिवसीय कार्यशाला का आयोजन किया गया। कार्यशाला में अधिकारियों/कर्मचारियों को 'यूनिकोड' विषय पर अद्यतन जानकारी प्रदान करने के लिए डॉ. बिश्वनाथ झा, सहायक निदेशक, केन्द्रीय हिन्दी प्रशिक्षण संस्थान को आमंत्रित किया गया था। डॉ. झा ने भारत सरकार के आदेशों/निर्देशों का उल्लेख करते हुए दिन–प्रतिदिन के सरकारी कामकाज में हिन्दी प्रयोग की अनिवार्यता पर चर्चा करते हुए अपने स्वयं के अनुभव भी साझा किए। इस कार्यशाला में डॉ. झा ने यूनिकोड में कम्प्यूटर पर टंकण के लिए फोनेटिक व इंस्क्रिप्ट विधियों को विस्तार से समझाया।

डॉ. झा ने कार्यशाला में प्रतिभागियों द्वारा पूछे गए प्रश्नों का समाधान किया व उपस्थित सदस्यों से व्यक्तिगत रूप से चर्चा की। कार्यशाला में लगभग 25 अधिकारियों/कर्मचारियों ने भाग लिया। इस प्रकार यह कार्यशाला अपने उद्देश्य में अत्यंत सफल रही।

डॉ. बिश्वनाथ झा, सहायक निदेशक, केन्द्रीय हिन्दी प्रशिक्षण संस्थान, नई दिल्ली कार्यालय में व्याख्यान देते हुए।

10. वर्तमान अनुसंधान गतिविधियाँ

डॉ. के.एम.के. श्रीवत्स

I मुख्य गतिविधि :– सौर सेलो अनुप्रयोग हेतु बहुक्रिस्टलीय सिलिकॉन (Poly-Si) तनु फिल्मों का विकास :

हमारा प्रयास सौर सेलो के अनुप्रयोग हेतु द्विअक्षीय तथा लोचशील धातु सबस्ट्रेट पर बडे आकार की तथा मोटी (माइक्रोन आकार की) और उपकरण के प्रयोग हेतु गुणवत्ता की बहुक्रिस्टलीय सिलिकॉन तनु फिल्मों की प्रक्रिया के विकास पर केन्द्रित है।

(i) गर्म तार द्वारा रासायनिक प्रक्रिया (Hot-wire CVD) प्रणाली :–

उपर्युक्त उद्देश्य हेतु, हमने एक देशी तथा सम्पूर्ण गर्म तार द्वारा रासायनिक प्रक्रिया प्रणाली की संरचना तथा विकास किया है। गर्म तार सीवीडी (HW-CVD) तकनीकी उच्च निक्षेपण दर से उच्चतम गैस का प्रयोग करके उच्च गुणवत्ता उपकरण हेतु तनु फिल्में बनाने में सक्षम है तथा इससे बहुत बड़े आकार की सतह पर सफलतापूर्वक फिल्म बनायी जा सकती है।

(ii) विकास प्रक्रिया गतिविधि : अत्यधिक क्रिस्टलीय प्रकृति युक्त तथा अधिकांश 50–100 माइक्रोन आकार के ग्रेन वाली पॉली क्रिस्टलीय सिलिकॉन (Poly-Si) फिल्म का गर्म तार सीवीडी (HW-CVD) तकनीक द्वारा CeO_2 तनु फिल्म की एक एकल बफर (buffer) परत का उपयोग करते हुए, द्विअक्षीय रूप से बुने हुए Ni-W धातु सबस्ट्रेट पर किया गया है। ये परिणाम H_2 गैस से 95% तक तरल किए हुए SiH_4 स्रोत गैस और 840±10^{0}C सबस्ट्रेट तापमान एवं 40m Torr निक्षेपण दाब पर प्राप्त किए गए। XRD विश्लेषण दर्शाता है कि पॉली–सिलिकन फिल्में (111) तथा (200) अभिविन्यास के साथ विकसित हुई है। रमन अध्ययन से पता चलता है कि 95.3% कुल आयतन का भाग क्रिस्टलीय है। एलिप्सोमीट्रिक से छदम् परावैद्युत प्रकार्य काल्पनिक <e2> डेटा से प्राप्त निष्कर्ष के अनुसार पॉली–सिलिकॉन फिल्म की उच्च क्रिस्टलीयता को स्पष्ट करते क्रिस्टलीय सिलिकॉन के प्रकाशिक अवशोषण के अनुरूप दो ऊर्जा स्थितियों मुख्यतः 3.4eV तथा 4.2eV को दर्शाता है। स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप से लिए गए माइक्रोग्राफ यह दर्शाते है कि विकसित की गयी पॉली–सिलिकॉन फिल्म प्रयोग किए गए द्वि अक्षीय Ni-W धातु सबस्ट्रेट अभिविन्यास तथा ग्रेन के आकारों का अनुसरण करती है।

(iii) परिणाम :

चित्र : 1 देश में विकसित तप्त तार सी वी डी प्रणाली

II अन्य गतिविधियाँ : तनु फिल्म अभिलक्षणन :

हम तनु फिल्मों के निम्नलिखित अभिलक्षणनों पर भी कार्य कर रहे हैं।

(i) स्पेक्ट्रमदर्शी एलिप्सोमीटर : (J A Woollam, Model V-VASE)

इस तकनीक से एकल तथा बहुपरतीय तनु फिल्मों के प्रकाशिक स्थिरांक n, k, d के मूल्यों का विश्लेषण

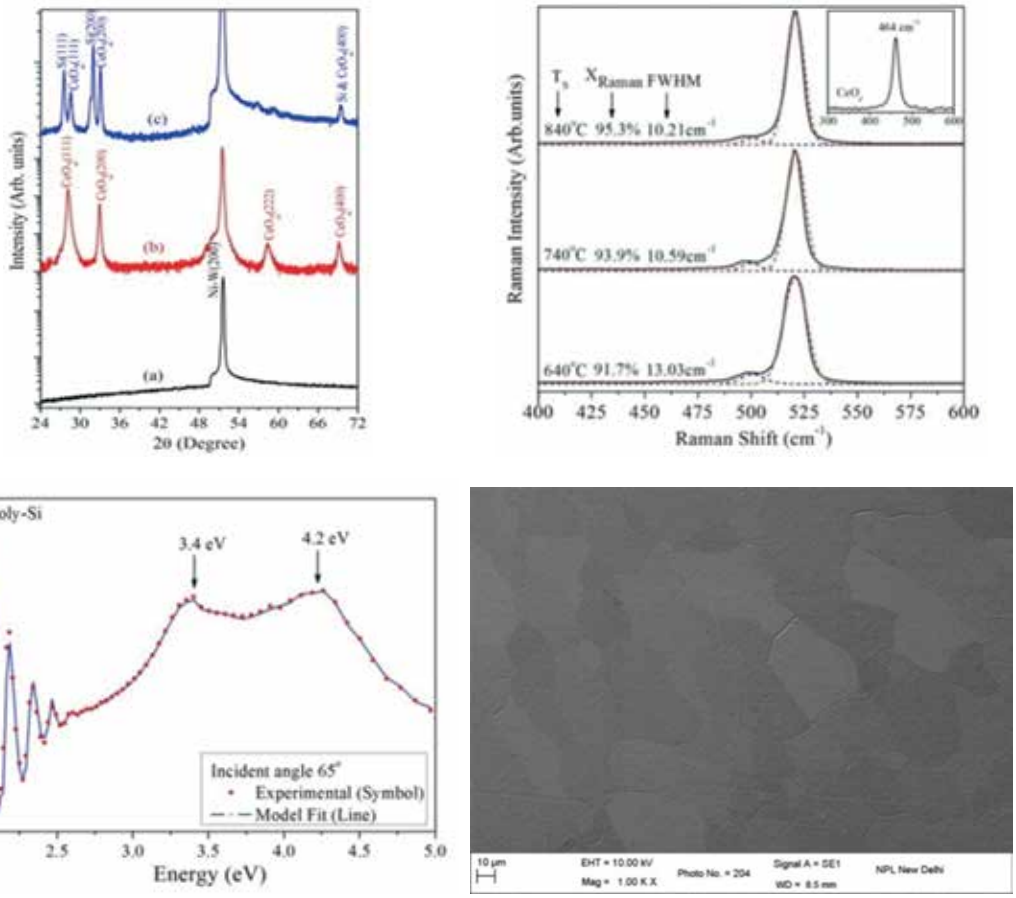
तथा विस्तृत मॉडलिंग रूटीन तथा पृष्ठीय रूक्षता, अंतराफलक परतों, श्रेणीबद्ध परतो तथा मिश्रित संघटना वाली फिल्मों का विश्लेषण करने की क्षमता है।

(ii) स्टाइलस – आधारित पृष्ठीय प्रोफाइलर : (Ambios, Model XP-200)

सोपान ऊँचाई तथा थ्रीडी प्रोफाइलिंग द्वारा मोटाई का प्रत्यक्ष मापन

(iii) गहन स्तरीय क्षणिक स्पेक्ट्रम दर्शी (DLTS) (SULA प्रौद्योगिकी)

अर्धचालकी तथा विद्युत–रोधियों में गहन स्तरीय दोषों के अध्ययन हेतु डीएलटीएस एक अत्यंत बहु उपयोगी तकनीक है। किसी विशेष ट्रैप हेतु ट्रैप की प्रकृति (बहुसंख्यक अथवा अल्पसंख्यक वाहक ट्रैप), ट्रैप संकेन्द्रण, सक्रियण ऊर्जा, प्रग्रहण परिक्षेत्र, दोष प्रोफाइल, आदि जैसे दोष के मानकों का निष्कर्ष। सकारात्मक तथा नकारात्मक डीएलटीएस सिग्नल के माध्यम से इलेक्ट्रॉन तथा छेद (विवर) दोनों के लिए अलग–अलग दोष संबंधी सूचना प्रदान करने हेतु P-n अथवा शॉटकी संधि का उपयोग करता है। डीएलटीएस एक दिए गए समय अंतराल में तापमान के आधार पर आवेश/धारा/धारिता में आए परिवर्तन का ही रूप है।



चित्र : 2 निक्षेपित पॉली सिलिकॉन फिल्म : क्रमशः एक्स आर डी रमण, स्यूडो डाइएलेक्ट्रिक फलन व एफ ई एस ई एम

11. समूह–III नाइट्राइड्स के संवर्धन हेतु लेज़र आण्विक बीम एपीटेक्सी

डॉ. एम. सेंथिल कुमार एवं डॉ. सुनिल सिंह कुशवाहा

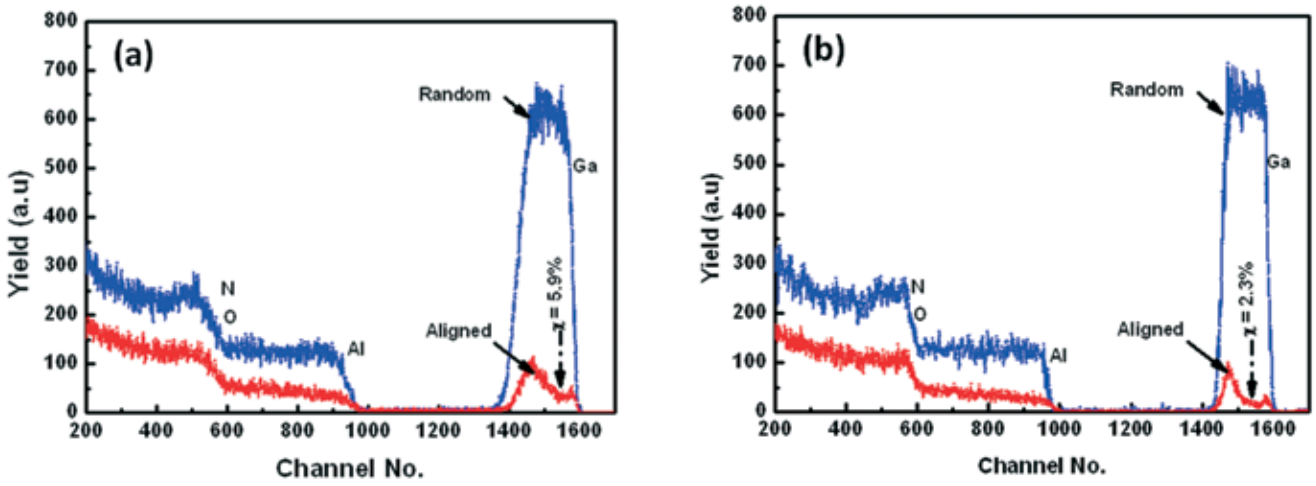
लेज़र आण्विक बीम एपीटेक्सी (LMBE), पारपंरिक पद्धतियों जैसे धातु कार्बनिक रासायनिक वाष्प निक्षेपण तथा आण्विक बीम एपीटेक्सी की तुलना में तकनीकी रूप से सिद्ध GaN आधारित पदार्थों की संवृद्धि हेतु अपेक्षाकृत एक नवीन तकनीक है। चूंकि एल एम बी ई में, संवृद्धि सतह पर अधिपरमाणु (adatom) अभिगमन हेतु अपेक्षित गतिक ऊर्जा की आपूर्ति लेज़र शक्ति द्वारा की जाती है, GaN परतों के संवृद्धि हेतु तापमान को काफी हद तक कम किया जा सकता है। निम्न तापमान GaN वृद्धि उन विभिन्न सबस्ट्रेट पदार्थों की खोज को संभव बनाती है, जो उच्च संवृद्धि तापमानों पर रासायनिक रूप से कमजोर हैं तथा दृश्यमान – अवरक्त अनुप्रयोगों के लिए निम्न दाब इंडियम – समृद्ध नाइट्राइड के विकास हेतु भी काफी उपयुक्त है।

$2X10^{-10}$ Torr से बेहतर निर्वात के साथ एल एम बी ई तकनीक का उपयोग कर सफायर (Al_2O_3) सबस्ट्रेट पर GaN एपीटेक्सीय परतों की संवृद्धि की गयी। इस सिस्टम में सक्रिय नाइट्रोजन की आपूर्ति rf-रेडियो आवृत्ति प्लाज़्मा स्रोत से की जाती है जबकि परत संवृद्धि के स्वस्थानी अनुवीक्षण हेतु एक परावर्तन उच्च ऊर्जा इलेक्ट्रॉन विवर्तन सैट–अप का उपयोग किया गया है। द्रवित गैलियम तथा हाइड्राइड वाष्प फेज एपीटेक्सी (HVPE) द्वारा विकसित ठोस GaN (शुद्धता >6N) को लक्ष्यों के रूप में उपयोग किया गया है।

GaN संवृद्धि से पूर्व सफायर सबस्ट्रेट का नाइट्राइडेशन (Nitridation) r.f. नाइट्रोजन प्लाज़्मा वातावरण में 700°C तापमान पर किया जाता है। ~5J/cm² ऊर्जा घनत्व के साथ 248 nm के KrF एक्जाइमर लेजर के उपयोग से द्रवित गैलियम तथा पुंज/समष्टि GaN लक्ष्यों को r.f. नाइट्रोजन प्लाज़्मा के उपस्थिति में उच्छेदित कर GaN ऐपीटेक्सीय परतें विकसित की गयी। परावर्तन उच्च ऊर्जा इलेक्ट्रॉन विवर्तन अभिलक्षण दर्शाता है कि r.f. नाइट्रोजन प्लाज़्मा के अंतर्गत विकसित GaN परतें अच्छी क्रिस्टलीय गुणवत्ता के साथ सफायर

चित्र 1 : लेज़र MBE सिस्टम

(0001) सबस्ट्रेट पर ऐपीटेक्सीय रूप से विकसित होती है। इन GaN परतों का विभिन्न अभिलक्षणन तकनीकों द्वारा अध्ययन किया गया। द्रवित गैलियम तथा पुंज/समष्टि GaN लक्ष्यों के उपयोग से निर्मित GaN का उच्च वियोजन (0002) प्लेन एक्स–रे संदोलन वक्र मापनों के अधिकतम आधे पर पूर्ण लम्बाई क्रमशः 245 तथा 110 arc sec पाया गया। रदरफोर्ड पश्चप्रकीर्णन ज्यामिति भी दर्शाता है कि द्रवित गैलियम तथा पुंज/समष्टि GaN लक्ष्यों के उपयोग से विकसित GaN परतों के लिए अत्यंत निम्न पराभव क्रमशः 5.9 तथा 2.3% है। हमारे परिणाम दर्शातें हैं कि पुंज/समष्टि ठोस GaN लक्ष्य तथा r.f. नाइट्रोजन प्लाज्मा से विकसित GaN परतें इस अध्ययन में अपनाए गए प्रयोगात्मक प्राचलों के अंतर्गत बेहतर संरचनात्मक गुणधर्मों से युक्त हैं।



चित्र 2 : LMBE संवृद्ध GaN ऐपीटेक्सीय परतों का रदरफोर्ड प्रकीर्णन ज्यामिति स्पेक्ट्रा : (अ) द्रवित गैलियम तथा (ब) HV PE संवर्धित ठोस GaN लक्ष्यों का लेज़र उच्छेदन r.f. नाइट्रोजन प्लाज़्मा परिवेश में।

एन पी एल में अतिथि व्याख्यान

(जुलाई, 2014 – जून, 2015)

क्रम सं.	दिनांक	अतिथि वक्ता	विषय/शीर्षक
1.	08.07.2014	**यिमेई झू** संधनित पदार्थ भौतिकी विभाग, ब्रुकहेवेन नेशनल लेबोरेट्री, लॉंग आइलैंड, न्यूयार्क – 11973, यूएसए	अतितीव्र इलेक्ट्रॉनों का प्रयोग करके लिथियम वैद्युत रासायनिक अभिक्रियाओं को ट्रैक करना तथा इलेक्ट्रॉन–फोटोन अंतःक्रियाओं का परीक्षण करना।
2.	28.07.2014	**प्रो. तरफदार** विभागाध्यक्ष, भौतिकी विभाग एवं सैद्धांतिकी अध्ययन केंद्र, आई आई टी, खड़गपुर, भारत	ऑक्साइड विषमांगी अंतरफलकों में उद्गामी परिघटना
1.	07.08.2014	**डॉ. के जे थॉमस** नैनोटेक्नोलॉजी, लंदन केंद्र व विद्युत अभियांत्रिकी विभाग, यूनिवर्सिटी कॉलेज, लंदन, यू.के.	एक विमीयवत् क्वांटम तारों की परिवहन गुणवत्ता
1.	29.12.2014	**प्रो. टी वेंकटेशन** नेशनल यूनिवर्सिटी, सिंगापुर	ब्रीजिंग द डिवाइड : अकादमिक अनुसंधान व वाणिज्यीकरण – एक व्यक्तिगत परिप्रेक्ष्य में

12. हिन्दी पखवाड़ा समारोह, 2014

राजभाषा विभाग, गृह मंत्रालय, भारत सरकार की हिन्दी पखवाड़ा सम्बन्धी व्यवस्थाओं को ध्यान में रखते हुए प्रयोगशाला में दिनांक 01 सितम्बर, 2014 से 15 सितम्बर, 2014 तक हिन्दी पखवाड़ा मनाया गया। प्रयोगशाला में स्टाफ सदस्यों को हिन्दी में अधिक से अधिक कार्य करने के लिए प्रोत्साहित एवं प्रेरित करने के उद्देश्य से हिन्दी पखवाड़ा मनाए जाने से पूर्व एवं पखवाड़ा के दौरान विभिन्न प्रतियोगिताओं का आयोजन किया गया। प्रत्येक वर्ष की भाँति इस वर्ष भी जो प्रतियोगिताएँ आयोजित की गयी वे इस प्रकार से हैं :–

क्रम सं.	प्रतियोगिताएं	दिनांक
1.	निबन्ध प्रतियोगिता	12 अगस्त, 2014
2.	शब्दावली एवं अनुवाद प्रतियोगिता	19 अगस्त, 2014
3.	हिन्दी टिप्पण एवं आलेखन प्रतियोगिता (डेस्क प्रतियोगिता)	22 अगस्त, 2014
4.	सामान्य साइंस क्विज़ प्रतियोगिता	27 अगस्त, 2014
5.	वर्ष के दौरान हिन्दी में किया गया अधिकतम कार्य एवं हिन्दी डिक्टेशन	1 सितम्बर, 2014
6.	काव्य पाठ प्रतियोगिता	4 सितम्बर, 2014

हिन्दी दिवस समारोह में उपस्थित जनसमुदाय को सम्बोधित करते हुए डॉ. ए सेन गुप्ता, आऊटस्टैंडिंग वैज्ञानिक

इन सभी प्रतियोगिताओं में प्रयोगशाला के स्टाफ सदस्यों ने अत्यधिक रूचि प्रदर्शित करते हुए उत्साहपूर्वक भाग लिया। प्रयोगशाला के सभागार में दिनांक 15.09.2014 को मुख्य समारोह आयोजित किया गया। इस अवसर पर व्याख्यान देने के लिए श्री निमिष कपूर, प्रिंसीपल सांइटिफिक आफिसर/वैज्ञानिक–डी, प्रभारी, पब्लिक रिलेशंस, विज्ञान प्रसार, विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार, नई दिल्ली को आमंत्रित किया गया था। श्री निमिष कपूर ने हिन्दी दिवस के अवसर पर प्रयोगशाला के सभागार में उपस्थित स्टाफ सदस्यों को दैनिक सरकारी कामकाज में हिन्दी का प्रयोग करने के लिए प्रेरित एवं प्रोत्साहित करते हुए "हिन्दी में विज्ञान संचार की आवश्यकता" विषय पर अत्यन्त सारगर्भित एवं विवेचनात्मक व्याख्यान प्रस्तुत किया। डॉ. ए सेनगुप्ता आऊटस्टैंडिंग वैज्ञानिक ने कार्यक्रम का शुभारंभ किया। इस अवसर पर उन्होंने प्रयोगशाला के स्टाफ सदस्यों को हिन्दी में अधिक से अधिक कार्य करने के लिए प्रेरित करते हुए अपना संदेश दिया। समारोह के अंत में हिन्दी पखवाड़ा मनाए जाने के दौरान आयोजित की गयी प्रतियोगिताओं में भाग लेने वाले कुल 50 विजेता प्रतिभागियों को पुरस्कार प्रदान किए गए।

13. राष्ट्रीय संगोष्ठी

मापिकी एवं मापन मानकों का सामाजिक तथा औद्योगिक विकास में योगदान
(8 – 9 दिसम्बर, 2014)

सी एस आई आर – राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली प्रशासन के साथ–साथ वैज्ञानिक एवं तकनीकी कार्यों में राजभाषा नीति का सम्यक अनुपालन सुनिश्चित करने के लिए हर संभव प्रयास कर रही है। प्रयोगशाला में समय–समय पर विशिष्ट व्यक्तियों द्वारा व्याख्यान दिए जाने की व्यवस्था, संगोष्ठियों एवं अन्य कार्यक्रमों का आयोजन इस उद्देश्य के साथ किया जा रहा है कि प्रशासन के साथ–साथ प्रयोगशाला के वैज्ञानिक एवं तकनीकी कर्मचारी अपना अधिक से अधिक कार्य हिन्दी में कर सकें।

इस वर्ष राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली में **"मापिकी एवं मापन मानकों का सामाजिक तथा औद्योगिक विकास में योगदान"** जैसे महत्त्वपूर्ण विषय पर दिनांक 8–9 दिसम्बर, 2014 को दो दिवसीय राष्ट्रीय संगोष्ठी (हिन्दी) का आयोजन किया गया। मापिकी समाज, अर्थव्यवस्था एवं व्यापार के विकास में महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाती है। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला भारत का राष्ट्रीय मापन संस्थान भी है। भौतिक मापन और मापिकी के राष्ट्रीय मानकों का संपोषण इसके महत्त्वपूर्ण कार्यों में से एक है। **"मापिकी एवं मापन मानकों"** पर आयोजित संगोष्ठी में मापन के चयनित क्षेत्रों में शोध पत्रों का प्रस्तुतिकरण एवं उन पर गहन विचार विमर्श करने के लिए पूरे भारत से युवा शोधकर्त्ताओं, शिक्षकों, वैज्ञानिकों, उद्योगपतियों, निर्माताओं, अभियंताओं (इंजीनियरों) मापिकीविदों (मैट्रोलोजिस्ट्स), प्रत्यायनित प्रयोगशालाओं और लघु एवं मंझोली औद्योगिक इकाइयों के तकनीकी अधिकारियों को आमंत्रित किया गया। इस राष्ट्रीय संगोष्ठी में डॉ. एस. गंगोपाध्याय, निदेशक, सी एस आई आर–सी आर आर आई, नई दिल्ली मुख्य अतिथि थे।

संगोष्ठी का शुभारंभ डॉ. ए. सेनगुप्ता, आऊटस्टैंडिंग वैज्ञानिक, एन पी एल के स्वागत भाषण से हुआ। डॉ. सेनगुप्ता ने मुख्य अतिथि डॉ. एस गंगोपाध्याय, निदेशक, सी आर आर आई एवं सभागार में उपस्थित वैज्ञानिक समुदाय, शिक्षकों, उद्योगपतियों, इंजीनियरों, मापिकीविदों ओर शोधकर्त्ताओं का अभिनन्दन करते हुए एन पी एल में मापिकी एवं अन्तर्राष्ट्रीय मापन पद्धति की अनुमार्गणीयता से युक्त मानकों के निर्धारण एवं विकास के क्षेत्र में हो रहे शोध कार्यों के बारे में बताया। तत्पश्चात् मुख्य अतिथि डॉ.

मुख्य अतिथि डॉ. एस गंगोपाध्याय, निदेशक, सी आर आर आई मुख्य अभिभाषण देते हुए

राष्ट्रीय संगोष्ठी में उपस्थित वैज्ञानिक समुदाय को सम्बोधित करते हुए डॉ. ए. सेनगुप्ता, आऊटस्टैंडिंग वैज्ञानिक, एन पी एल

एस गंगोपाध्याय ने अपना मुख्य अभिभाषण दिया। श्री वी के कौशिक, प्रशासन नियंत्रक ने एन पी एल में **"राजभाषा की गतिविधियाँ एवं राजभाषा नीति"** का संक्षिप्त उल्लेख किया। डॉ. संजय यादव ने धन्यवाद प्रस्ताव प्रस्तुत किया।

इस संगोष्ठी में छह तकनीकी सत्र थे जिनमें 1 प्रारंभिक वार्ता, 28 आमंत्रित वार्ताएं और 69 पोस्टर थे। इस संगोष्ठी में विभिन्न विषयों जैसे कि समय और आवृत्ति मानक, वैद्युत चरों जैसे वोल्टता, प्रतिरोध एवं धारा, क्वांटम कैण्डेला का विकास, नैनो स्तरीय बलों, आयामों, चुंबकीय क्षणों और फोटोन फ्लक्स का परिशुद्ध मापन, रासायनिक एवं औद्योगिक मापिकी, वायुमण्डलीय मापिकी तथा स्वास्थ्य एवं सुरक्षा मापिकी आदि पर शोध पत्र प्रस्तुत किए गए। इस संगोष्ठी में विभिन्न राष्ट्रीय मापन संस्थानों (एन एम आई), प्रयोगशालाओं तथा संस्थानों से मापिकी के राष्ट्रीय विशेषज्ञों ने भाग लिया तथा ज्ञान साझा किया और शोध कार्यों को प्रस्तुत किया। संगोष्ठी में प्रस्तुत किए गए व्याख्यानों में से चार सर्वश्रेष्ठ व्याख्यानों को पुरस्कृत किया गया। इस संगोष्ठी में मापन पद्धतियों तथा संबंधित उत्पादों को प्रदर्शित करने के लिए एक प्रदर्शनी का भी आयोजन किया गया।

संगोष्ठी के समापन समारोह की अध्यक्षता डॉ. ए सेन गुप्ता, आऊटस्टैंडिंग वैज्ञानिक द्वारा की गयी। इस प्रकार राजभाषा हिन्दी में आयोजित यह दो दिवसीय राष्ट्रीय संगोष्ठी **"मापिकी एवं मापन मानकों के सामाजिक तथा औद्योगिक विकास में योगदान"** से जुड़े विभिन्न पक्षों के लिए अत्यंत प्रासंगिक व लाभप्रद रही।

मानव संसाधन विकास समूह

(जनवरी–जून, 2015 के दौरान मुख्य गतिविधियां)

1. **औद्योगिकी प्रशिक्षण पाठ्यक्रम का आयोजन :–**

   जनवरी–जून, 2015 के दौरान एन पी एल द्वारा 01 प्रशिक्षण पाठ्यक्रम आयोजित किया गया :–

   प्रयोगशाला गुणवत्ता प्रबंधन पद्धति पर विधिक मापिकी अधिकारियों के लिए आवासीय प्रशिक्षण कार्यक्रम, 27–30 जनवरी, 2015 इसमें कुल 50 प्रतिभागियों ने भाग लिया। इस गतिविधि से 29.49 लाख रू. की राशि ईसीएफ हेतु प्राप्त हुई।

2. **शोध छात्रों का नियोजन, पी एच डी हेतु पंजीकरण तथा अन्य सहायता :–**

   इस अवधि में 30 शोध छात्रों (जे आर एफ/एस आर एफ) ने पी एच डी हेतु एन पी एल ज्वाइन किया, फलस्वरूप 30.06.2015 तक एन पी एल में पी एच डी हेतु शोध छात्रों की कुल संख्या 134 हो गयी है।

3. **शैक्षणिक संस्थाओं के लिए एन पी एल परिदर्शन (विजिट) का आयोजन :–**

   इस अवधि में एक शैक्षणिक परिदर्शन का आयोजन किया गया, जिसमें लगभग 25 छात्रों तथा 02 शिक्षकों ने भाग लिया।

4. **एन पी एल में विद्यार्थियों के लिए प्रशिक्षण का आयोजन :–**

   इस अवधि में कुल 84 विद्यार्थियों को उनकी शैक्षणिक डिग्री से संबंधित विषयों में प्रयोगशाला के वरिष्ठ वैज्ञानिकों के मार्गदर्शन में प्रशिक्षण प्रदान किया गया।

5. **सम्मेलनों/समान आयोजनों में भाग लेने हेतु एन पी एल स्टाफ सदस्यों की प्रतिनियुक्ति :–**

   इस अवधि में देश के विभिन्न हिस्सों में आयोजित सम्मेलनों/समान आयोजनों तथा प्रशिक्षण कार्यक्रमों में भाग लेने एन पी एल के 103 वैज्ञानिकों, अन्य स्टाफ सदस्यों तथा शोध छात्रों को नामित किया गया।

6. **ए सी एस आई आर संबंधित गतिविधियां :–**

   उन्नत पदार्थ भौतिकी एवं अभियांत्रिकी हेतु आई एम पी कार्यक्रम के साथ साथ एसीएसआईआर हेतु प्रवेश – प्रक्रिया, पाठ्यक्रम, परीक्षा तथा मूल्यांकन आदि गतिविधियों का संचालन समन्वयक (को–आर्डिनेटर) के परामर्श से एच आर डी समूह द्वारा किया गया।

14. विश्व मापिकी एवं राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी दिवस, 2015

सी एस आई आर – राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला तथा भारतीय मापिकी सोसायटी के संयुक्त तत्वाधान में दिनांक 20 मई, 2015 को एन पी एल सभागार में विश्व मापिकी दिवस तथा राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी दिवस मनाया गया। इस वर्ष का थीम "माप एवं प्रकाश" था।

20 मई, 1875 को मीटर कन्वेंशन में 17 राष्ट्रों के प्रतिनिधियों द्वारा हस्ताक्षर किया गया था, इसीलिए 20 मई को विश्व मापिकी दिवस मनाया जाता है। इस कंवेंशन द्वारा मापन–विज्ञान, तथा इसके औद्योगिक, व्यावसायिक तथा सामाजिक अनुप्रयोग में वैश्विक सहयोग हेतु रूप–रेखा तैयार की गयी। मीटर कंवेंशन का मुख्य उद्देश्य – मापन में वैश्विक एकरूपता आज भी उतना ही महत्त्वपूर्ण है, जितना कि 1875 में था।

डॉ. वी. एन. ओझा, प्रमुख, शीर्ष स्तरीय मानक तथा औद्योगिक मापिकी ने प्रतिनिधियों का स्वागत किया एवं मापिकी के महत्त्व व मापिकी दिवस की उत्पत्ति के बारे में बताया। इस अवसर पर डॉ. के. पी. चौधरी, सचिव, एम. एस. आई. ने मैट्रोलॉजी सोसायटी ऑफ इण्डिया के कतिपय गतिविधियों के बारे में बताया।

चित्र : 1 विश्व मापिकी दिवस एवं राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी दिवस के अवसर पर अतिथि व्याख्यान देते हुये डॉ ए के गुप्ता, डी आर डी ओ फेलो व पूर्व निदेशक आई आर डी ई, डी आर डी ओ

मुख्य अतिथि डॉ. ए. के. गुप्ता, डी. आर. डी. ओ फैलो व पूर्व निदेशक, आई. आर. डी. ई., डी. आर. डी. ओ. ने रक्षा निगरानी हेतु "प्रकाशिक, वैद्युत – प्रकाशिक उपकरणों तथा प्रौद्योगिकी" पर व्याख्यान दिया। उनका व्याख्यान सारगर्भित और उपयोगी था।

करीब 300 व्यक्ति इस आयोजन में उपस्थित रहे, जिनमें वैज्ञानिक तथा तकनीकी स्टाफ भी सम्मिलित हैं। राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला के कर्मचारियों के महत्वपूर्ण व बहुमूल्य योगदान को सम्मान प्रदान करने के लिए इस अवसर पर पेटेंट के लिए नकद पुरस्कार भी दिए गए।

चित्र : 2 थीम पोस्टर जारी करते हुये मुख्य अतिथि व वैज्ञानिक गण

15. राष्ट्रीय विज्ञान दिवस समारोह, 2015

राष्ट्रीय विज्ञान दिवस रमन प्रभाव की खोज को चिह्नित करने और लोगों के दैनिक जीवन में वैज्ञानिक अनुप्रयोगों के महत्व के बारे में व्यापक रूप से एक संदेश प्रसारित करने के लिए 28 फरवरी को हर साल मनाया जाता है। सीएसआईआर–एनपीएल में, राष्ट्रीय विज्ञान दिवस 03 मार्च, 2015 को मनाया गया था, जोकि सीएसआईआर–एनपीएल की शैक्षणिक समिति द्वारा आयोजित किया गया था। AcSIR–एनपीएल के छात्रों ने पोस्टर प्रस्तुतियों के रूप में अपने शोध के निष्कर्षों को प्रस्तुत किया। मुख्य भवन के सी विंग में उनके काम को प्रस्तुत करने की व्यवस्था की गयी थी। विज्ञान दिवस समारोह में 84 छात्रों ने सक्रिय रूप से भाग लिया। निदेशक, एनपीएल ने छात्रों के पोस्टरों का निरीक्षण करने और उनको प्रोत्साहित करने के लिए अपना बहुमूल्य समय प्रदान किया। छात्रों ने सीएसआईआर–एनपीएल के अन्य प्रख्यात वैज्ञानिकों के साथ अपने ज्ञान और अनुसंधान के अनुभवों को साझा किया।

युवा शोधकर्ताओं को प्रोत्साहित करने के लिए उनके विषय की नवीनता, दृष्टिकोण और गहरी समझ के साथ–साथ उनकी प्रस्तुति कौशल के आधार पर नकद पुरस्कार से सम्मानित किया गया। पोस्टरों के मूल्यांकनार्थ सीएसआईआर–एनपीएल के छह विभिन्न डिवीजनों से प्रख्यात सेवानिवृत वैज्ञानिकों की एक जूरी समिति का गठन किया गया था। जूरी सदस्यों और विभिन्न समूहों से एनपीएल स्टाफ ने छात्रों के साथ बातचीत की और अनुसंधान एवं विकास कार्य करने के लिए उनके प्रयास की सराहना की। अंत में, जूरी समिति द्वारा तीन पुरस्कार और एक प्रशंसा पुरस्कार की घोषणा की गयी। सभी डिवीजनों से छात्रों, अनुसंधान पर्यवेक्षकों, तकनीकी और गैर तकनीकी स्टाफ कर्मचारियों की सक्रिय भागीदारी के साथ समारोह सफलतापूर्वक सम्पन्न हुआ।

राष्ट्रीय विज्ञान दिवस समारोह में आयोजित पोस्टर प्रदर्शनी का अवलोकन करते कार्यकारी निदेशक डॉ. ए सेन गुप्ता

नई परियोजनाएँ

(01 जनवरी 2015 से 30 जून 2015 तक)

क्र.सं.	परियोजना का शीर्षक	संस्था	परियोजना प्रमुख
1.	भौगोलिक दृष्टि से अशांत संवेदक नोड़ों पर कुछ नैनों सेकण्ड की अनिश्चितता के साथ CVGNSS का उपयोग करते हुए एक सर्वनिष्ठ समकालिक घड़ी को बनाने के लिए प्रणाली का विकास	रक्षा इलेक्ट्रानिक्स अनुसंधान प्रयोगशाला (DERL) रक्षा मंत्रालय	डॉ. शुभाशीष पांजा
2.	CZTS नैनों क्रिस्टलों का आकार नियंत्रित संश्लेषण व गुणों का अध्ययन तथा फोटोवोल्टाइक में इसके अनुप्रयोगों के लिए इसके संकर घटकों का निर्माण, महिला वैज्ञानिक योजना (WOS-A)	डी एस टी	सुश्री शेफाली जैन
3.	राष्ट्रीय सूचना विज्ञान केन्द्र में राष्ट्रीय ज्ञान नेटवर्क हेतु एन पी एल नियंत्रित रिमोट दोलक प्रणाली का उपयोग करते हुए आई एस टी सेवा का कार्यान्वयन	राष्ट्रीय सूचना विज्ञान केन्द्र सेवा इंक, (NICSI)	श्रीमती प्रणाली पी थोरात
4.	हल्के वजन व उच्च प्रदर्शन/निष्पादन वाले कार्बन फाइबर फ्रेबिक–कार्बन नैनोफाइबर्स संकर बहुलक नैनो सम्मिश्रों का विकास	डी एस टी	डॉ. एस. आर. धकाते

16. भारत के संविधान में राजभाषा से संबंधित संवैधानिक प्रावधान
(भाग–17)

क्रमशः से आगे

अध्याय 3
उच्चतम न्यायालय, उच्च न्यायालयों आदि की भाषा

अनुच्छेद 348

उच्चतम न्यायालय और उच्च न्यायालयों में और अधिनियमों, विधेयकों आदि के लिए प्रयोग की जाने वाली भाषा –

(1) इस भाग के पूर्वगामी उपबंधों में किसी बात के होते हुए भी, जब तक संसद विधि द्वारा अन्यथा उपबंध न करे तब तक –

(क) उच्चतम न्यायालय और प्रत्येक उच्च न्यायालय में सभी कार्यवाहियां अंग्रेजी भाषा में होंगी,

(ख)(i) संसद के प्रत्येक सदन या किसी राज्य के विधान मंडल के सदन या प्रत्येक सदन में पुरःस्थापित किए जाने वाले सभी विधेयकों या प्रस्तावित किए जाने वाले उनके संशोधनों के,

(ii) संसद या किसी राज्य के विधान मंडल द्वारा पारित सभी अधिनियमों के और राष्ट्रपति या किसी राज्य के राज्यपाल द्वारा प्रख्यापित सभी अध्यादेशों के, और

(iii) इस संविधान के अधीन अथवा संसद या किसी राज्य के विधान मंडल द्वारा बनाई गई किसी विधि के अधीन निकाले गए या बनाए गए सभी आदेशों, नियमों, विनियमों और उपविधियों के, प्राधिकृत पाठ अंग्रेजी भाषा में होंगे।

(2) खंड (1) के उपखंड (क) में किसी बात के होते हुए भी, किसी राज्य का राज्यपाल राष्ट्रपति की पूर्व सहमति से उस उच्च न्यायालय की कार्यवाहियों में, जिसका मुख्य स्थान उस राज्य में है, हिन्दी भाषा का या उस राज्य के शासकीय प्रयोजनों के लिए प्रयोग होने वाली किसी अन्य भाषा का प्रयोग प्राधिकृत कर सकेगाः

परंतु इस खंड की कोई बात ऐसे उच्च न्यायालय द्वारा दिए गए किसी निर्णय, डिक्री या आदेश को लागू नहीं होगी।

(3) खंड (1) के उपखंड (ख) में किसी बात के होते हुए भी, जहां किसी राज्य के विधान मंडल ने, उस विधान मंडल में पुरःस्थापित विधेयकों या उसके द्वारा पारित अधिनियमों में अथवा उस राज्य के राज्यपाल द्वारा प्रख्यापित अध्यादेशों में अथवा उस उपखंड के पैरा (iv) में निर्दिष्ट किसी आदेश, नियम, विनियम या उपविधि में प्रयोग के लिए अंग्रेजी भाषा से भिन्न कोई भाषा विहित की है वहां उस राज्य के राजपत्र में उस राज्य के राज्यपाल के प्राधिकार से प्रकाशित अंग्रेजी भाषा में उसका अनुवाद इस अनुच्छेद के अधीन उसका अंग्रेजी भाषा में प्राधिकृत पाठ समझा जाएगा।

अनुच्छेद 349

भाषा से संबंधित कुछ विधियां अधिनियमित करने के लिए विशेष प्रक्रिया –

इस संविधान के प्रारंभ से पंद्रह वर्ष की अवधि के दौरान, अनुच्छेद 348 के खंड (1) में उल्लिखित किसी प्रयोजन के लिए प्रयोग की जाने वाली भाषा के लिए उपबंध करने वाला कोई विधेयक या संशोधन संसद

के किसी सदन में राष्ट्रपति की पूर्व मंजूरी के बिना पुरःस्थापित या प्रस्तावित नहीं किया जाएगा और राष्ट्रपति किसी ऐसे विधेयक को पुरःस्थापित या किसी ऐसे संशोधन को प्रस्तावित किए जाने की मंजूरी अनुच्छेद 344 के खंड (1) के अधीन गठित आयोग की सिफारिशों पर और उस अनुच्छेद के खंड (4) के अधीन गठित समिति के प्रतिवेदन पर विचार करने के पश्चात् ही देगा, अन्यथा नहीं।

अध्याय 4
विशेष निदेश

अनुच्छेद 350

व्यथा के निवारण के लिए अभ्यावेदन में प्रयोग की जाने वाली भाषा –

प्रत्येक व्यक्ति किसी व्यथा के निवारण के लिए संघ या राज्य के किसी अधिकारी या प्राधिकारी को, यथास्थिति, संघ में या राज्य में प्रयोग होने वाली किसी भाषा में अभ्यावेदन देने का हकदार होगा।

अनुच्छेद 350 क

प्राथमिक स्तर पर मातृभाषा में शिक्षा की सुविधाएं –

प्रत्येक राज्य और राज्य के भीतर प्रत्येक स्थानीय प्राधिकारी भाषाई अल्पसंख्यक–वर्गों के बालकों को शिक्षा के प्राथमिक स्तर पर मातृभाषा में शिक्षा की पर्याप्त सुविधाओं की व्यवस्था करने का प्रयास करेगा और राष्ट्रपति किसी राज्य को ऐसे निदेश दे सकेगा जो वह ऐसी सुविधाओं का उपबंध सुनिश्चित कराने के लिए आवश्यक या उचित समझता है।

अनुच्छेद 350 ख

भाषाई अल्पसंख्यक–वर्गों के लिए विशेष अधिकारी –

(1) भाषाई अल्पसंख्यक–वर्गों के लिए एक विशेष अधिकारी होगा जिसे राष्ट्रपति नियुक्त करेगा।

(2) विशेष अधिकारी का यह कर्तव्य होगा कि वह इस संविधान के अधीन भाषाई अल्पसंख्यक–वर्गों के लिए उपबंधित रक्षोपायों से संबंधित सभी विषयों का अन्वेषण करे और उन विषयों के संबंध में ऐसे अंतरालों पर जो राष्ट्रपति निर्दिष्ट करे,

राष्ट्रपति को प्रतिवेदन दे और राष्ट्रपति ऐसे सभी प्रतिवेदनों को संसद के प्रत्येक सदन के समक्ष रखवाएगा और संबंधित राज्यों की सरकारों को भिजवाएगा।

अनुच्छेद 351

हिन्दी भाषा के विकास के लिए निदेश –

संघ का यह कर्तव्य होगा कि वह हिन्दी भाषा का प्रसार बढ़ाए, उसका विकास करे जिससे वह भारत की सामासिक संस्कृति के सभी तत्वों की अभिव्यक्ति का माध्यम बन सके और उसकी प्रकृति में हस्तक्षेप किए बिना हिन्दुस्तानी में और आठवीं अनुसूची में विनिर्दिष्ट भारत की अन्य भाषाओं में प्रयुक्त रूप, शैली और पदों को आत्मसात करते हुए और जहां आवश्यक या वांछनीय हो वहां उसके शब्द–भंडार के लिए मुख्यतः संस्कृत से और गौणतः अन्य भाषाओं से शब्द ग्रहण करते हुए उसकी समृद्धि सुनिश्चित करे।

17. अन्य स्थायी स्तंभ

नियुक्तियां, पदोन्नतियां एवं स्थानांतरण
(01.07.2014 से 30.06.2015)

नियुक्तियां (01.07.2014 से 30.06.2015)

1.	सुश्री रितिका शर्मा, सहायक (भण्डार एवं क्रय) ग्रेड–1	01.07.2014
2.	श्री आनंद कुमार मिश्रा, वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी–2	17.10.2014
3.	श्री मुकुल शर्मा, वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी–1	13.03.2015
4.	श्री ओम प्रकाश यादव, सीनियर तकनीकी अधिकारी–1	30.03.2015

स्थानांतरण (01.07.2014 से 30.06.2015)

1.	श्रीमती संगीता बैनर्जी, प्रशासनिक अधिकारी का CSIR काम्पलैक्स से एन पी एल, नई दिल्ली में समान पद पर स्थानांतरण	–	01.09.2014
2.	प्रो. आर सी बुधानी, निदेशक की वापसी आई आई टी कानपुर दिनांक 10.12.2014 को एन पी एल से कार्य मुक्ति	–	10.12.2014
3.	श्री मनोज कुमार, सहायक (भण्डार एवं क्रय) ग्रेड–1 का भारतीय खाद्य निगम, नोएडा में Management Trainee (Manager Level) के पद पर कार्यभार ग्रहण करने हेतु एन पी एल कार्य से मुक्ति	–	19.12.2014
4.	श्री एस के ठाकुर, अनुभाग अधिकारी (वित्त एवं लेखा) का एन पी एल, नई दिल्ली से सीएसआईआर–सीआईएमएफआर, धनबाद में वित्त एवं लेखा अधिकारी के पद पर पदोन्नति होने के फलस्वरूप स्थानांतरण	–	26.12.2014
5.	श्री कृष्ण कुमार का अनुभाग अधिकारी (भंडार एवं क्रय) का सीएसआईआर–आईआईटीआर, लखनऊ से एन पी एल, नई दिल्ली में भण्डार एवं क्रय अधिकारी के पद पर पदोन्नति होने के फलस्वरूप स्थानांतरण	–	22.09.2014
6.	श्री ब्रज बिहारी, सहायक (सामान्य ग्रेड–1 का एन पी एल, नई दिल्ली से सीएसआईआर–एनआईएकटीएडीएस, नई दिल्ली में अनुभाग अधिकारी (सामान्य) के पद पर पदोन्नति होने के फलस्वरूप स्थानांतरण	–	30.01.2015

7.	श्री उपेन्द्र कुमार, वित्त एवं लेखा अधिकारी का एन पी एल नई दिल्ली से सीएसआईआर मुख्यालय, नई दिल्ली में समान पद पर स्थानांतरण	–	01.04.2015
8.	सुश्री गुरमीत कौर, अनुभाग अधिकारी (वित्त एवं लेखा) का सीएसआईआर–सीआरआरआई, नई दिल्ली से एन पी एल, नई दिल्ली में समान पद पर स्थानांतरण	–	23.02.2015
9.	श्री एम पी गोयल, वित्त एवं लेखा अधिकारी का सीएसआईआर मुख्यालय, नई दिल्ली से एन पी एल, नई दिल्ली में वित्त एवं लेखा नियंत्रक के पद पर पदोन्नति होने के फलस्वरूप स्थानांतरण	–	05.03.2015
10.	डॉ. पी बैनर्जी, मुख्य वैज्ञानिक का सीएसआईआर–एनआईएसटीडी, नई दिल्ली से एन पी एल, नई दिल्ली में समान पद पर स्थानांतरण	–	31.03.2015
11.	श्री विजेन्द्र पाल, वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी का सी एस आई आर – एच आर डी सी में समान पद पर स्थानांतरण	–	18.02.2015

पदोन्नतियां (01.07.2014 से 30.06.2015)

1.	श्री खेम सिंह	तकनीकी अधिकारी से वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी–1
2.	श्री के एन सूद	वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी से प्रधान तकनीकी अधिकारी
3.	सुश्री शुभलक्ष्मी	तकनीकी सहायक से तकनीकी अधिकारी
4.	श्री मुकेश शर्मा	वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी–2 से वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी–3
5.	श्री ओम प्रकाश	वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी–2 से वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी–3
6.	श्री अनूप सिंह यादव	तकनीकी अधिकारी से वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी–1
7.	श्री विरेन्द्र कुमार गुप्ता	तकनीकी अधिकारी से वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी–1
8.	श्री गुरचरण जीत सिंह	वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी से प्रधान तकनीकी अधिकारी सेवानिवृत 31.03.2014
9.	श्री रसिक बिहारी सिब्बल	वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी से वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी–1
10.	श्री गौरी दत्त शर्मा	वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी–3 से प्रधान तकनीकी अधिकारी
11.	श्रीमती अनिता शर्मा	वरिष्ठ तकनीकी से वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी–1

सेवानिवृत्ति
(01.07.2014 से 31.12.2014)

श्री एम के मित्तल
मुख्य वैज्ञानिक
31.07.2014

श्रीमती मिथिलेश
फराश
31.07.2014

श्री धर्मवीर सिंह सैनी
वरिष्ठ तकनीशियन–2
31.07.2014

श्री ए के सूरी
प्रधान तकनीकी
अधिकारी
31.07.2014

डॉ. वी के हंस
वरिष्ठ तकनीकी
अधिकरी–3
31.07.2014

डॉ. ज्योतिलता पाण्डेय
मुख्य वैज्ञानिक
31.07.2014

श्री आर एस बिष्ट
वरिष्ठ तकनीशियन–2
31.07.2014

श्री श्याम लाल शर्मा
वरिष्ठ तकनीशियन–2
31.07.2014

श्री विजय शर्मा
वरिष्ठ तकनीकी
अधिकारी–3
31.08.2014

डॉ. रवि मेहरोत्रा
मुख्य वैज्ञानिक
31.08.2014

श्री धर्मपाल
रिकॉर्ड कीपर
31.08.2014

श्री राम आश्रय
वरिष्ठ तकनीशियन–2
31.08.2014

श्री कुलदीप कौशिक
भण्डार एवं क्रय
अधिकारी
30.09.2014

डॉ. आर बी माथुर
मुख्य वैज्ञानिक
30.09.2014

डॉ. (सुश्री) पुष्पलता
उपाध्याय
वरिष्ठ प्रधान वैज्ञानिक
30.09.2014

श्री रवीन्द्र कुमार फुल्ल
वरिष्ठ तकनीशियन–2
31.10.2014

श्री अहमद अली
वरिष्ठ तकनीशियन–2
31.10.2014

श्री एन के कौशिक
वरिष्ठ तकनीशियन–2
31.10.2014

श्री रमेश पंजवानी
वरिष्ठ आशुलिपिक
(एसीपी)
31.10.2014

श्री कंवर सिंह
वरिष्ठ तकनीशियन–2
31.10.2014

श्री राजेन्द्र कुमार
कार्यशाला सहायक–7
30.11.2014

डॉ. हेमचन्द्र कांडपाल
मुख्य वैज्ञानिक
30.11.2014

श्री हुकुमचंद
वरिष्ठ तकनीशियन–2
31.12.2014

श्री ए के सक्सेना
मुख्य वैज्ञानिक
31.12.2014

श्री खेमचंद
रिकॉर्ड कीपर
31.12.2014

श्री रामफेर
कार्यशाला सहायक–7
31.12.2014

श्री बी सी आर्या
मुख्य वैज्ञानिक
31.12.2014

सेवानिवृत्ति
(01.01.2015 से 30.06.2015)

श्री विद्याराम
प्रयोगशाला सहायक–7
31.01.2015

श्री रामपाल
प्रयोगशाला सहायक–7
31.01.2015

श्री धर्मवीर सिंह यादव
वरिष्ठ तकनीशियन–2
31.01.2015

डॉ. (श्रीमती) शांता चावला
वरिष्ठ प्रधान वैज्ञानिक
31.01.2015

श्री गोविन्द प्रसाद
प्रयोगशाला सहायक
28.02.2015

डॉ. (सुश्री) रश्मि
मुख्य वैज्ञानिक
28.02.2015

श्री डी. अरूण विजय कुमार
मुख्य वैज्ञानिक
28.02.2015

श्रीमती शिव कुमारी भाटिया
वरिष्ठ तकनीशियन–3
31.03.2015

डॉ. ए सेनगुप्ता
आऊट स्टैंडिग वैज्ञानिक/
कार्यकारी निदेशक
31.03.2015

श्री हरिकिशन
प्रयोगशाला सहायक
31.03.2015

श्रीमती उमा सेठी
वरिष्ठ तकनीशियन–2
30.04.2015

श्री रवि खन्ना
प्रधान तकनीकी अधिकारी
30.04.2015

श्री कंवलजीत सिंह
वरिष्ठ तकनीकी अधिकारी
30.04.2015

श्री सुभाष चन्द्र
वरिष्ठ आशुलिपिक
(एमएसीपी)
30.04.2015

डॉ. जी भगवन्नारायण
मुख्य वैज्ञानिक
31.05.2015

डॉ. एस टी लक्ष्मीकुमार
मुख्य वैज्ञानिक
31.05.2015

श्री भोला ठाकुर
प्रयोगशाला सहायक
31.05.2015

श्री पिनाकी रंजन सेन
प्रधान तकनीकी अधिकारी
30.06.2015

श्री अशोक कुमार
वरिष्ठ तकनीशियन–2
30.06.2015

श्री राम सिंह
कार्य सहायक (एसीपी–1)
30.06.2015

श्रीमती अरून्धति चैटर्जी
वरिष्ठ प्रधान वैज्ञानिक
30.06.2015

श्री जयकिशन
कार्यसहायक
30.06.2015

सी.एस.आई.आर. – राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला

डॉ. के.एस. कृष्णन मार्ग, नई दिल्ली – 110012