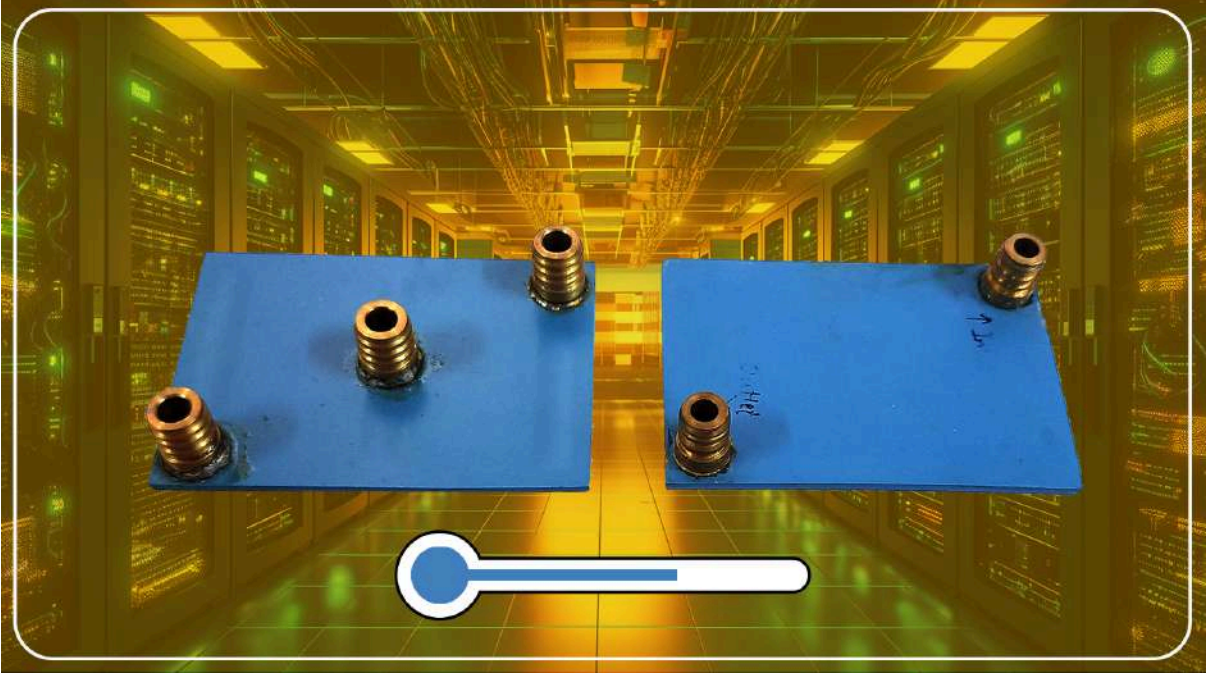


महासंगणकांच्या शीतनासाठी एक नवा पर्याय
संशोधकांनी महासंगणकांच्या शीतनासाठी तांब्याऐवजी सिरॅमिक-आधारित शीत-पट्टक तयार केले,
ज्यामुळे लहान व आटोपशीर आकाराचे सर्किट बोर्ड शक्य होतील.



प्रतिमा श्रेय: परीक्षित बढे, संकलन: सायंटिफिकली

संगणक, लॅपटॉप किंवा स्मार्टफोन वापरताना त्यात उष्णता निर्माण होऊन ते गरम होतात हा आपला अगदी नेहमीचा अनुभव असतो. विशेषतः उपकरण दीर्घकाळ सुरू असताना किंवा जास्त ताण देणारे काम करताना (गेमिंग इत्यादी) उपकरण तापण्याची समस्या जास्त दिसते. यामुळे, उपकरण वापरणाऱ्याची तर गैरसोय होतेच शिवाय उपकरणास देखील कार्यक्षमता कमी होणे, उपकरण बंद पडणे असे धोके निर्माण होतात.

इलेक्ट्रॉनिक उपकरणातील एकूण उष्णतेमध्ये त्यातील प्रत्येक घटकाकडून भर पडत असते, मग त्यातील समाकलित विद्युत परिपथ (इंटीग्रेटेड सर्किट) असो, रेझिस्टर असो वा कॅपॅसिटर. उपकरण पूर्ण कार्यक्षमतेने चालावे यासाठी आदर्श कार्यकारी तापमान राखणे गरजेचे ठरते. तापमान इष्टतम पातळीपेक्षा वाढले तर उपकरणातील घटकांवरच नव्हे तर संपूर्ण उपकरणाच्या कार्यक्षमतेवर परिणाम होऊ शकतो. त्यामुळे, उपकरण दीर्घकाळ उत्तम प्रकारे कार्यरत राहावे यासाठी अतिरिक्त उष्णता कमी करणे अत्यावश्यक ठरते.

पारंपरिक पद्धतीनुसार, लॅपटॉप किंवा मोबाईलसारख्या लहान उपकरणांमध्ये हवा खेळती ठेवून उष्णता कमी करण्यासाठी छोटे पंखे वापरले जातात. तर, उच्च कार्यक्षमतेच्या संगणन प्रणाली (हाय परफॉर्मन्स कंप्युटिंग सिस्टम्स, HPCs) किंवा महासंगणक (सुपरकॉम्प्युटर) यांसारख्या मोठ्या आकाराच्या आणि अधिक गुंतागुंतीच्या प्रणालींमध्ये अतिरिक्त उष्णता कमी करण्यासाठी द्रव शीतलक (लिक्विड कूलंट) आणि शीत-पट्टकांचा (कोल्ड प्लेट्स) वापर केला जातो. अलीकडेच झालेल्या एक [अभ्यासामध्ये](#) भारतीय तंत्रज्ञान संस्था, मुंबई (आयआयटी मुंबई) आणि सेंटर फॉर मटेरियल्स फॉर इलेक्ट्रॉनिक्स टेक्नॉलॉजी (सी-मेट), पुणे येथील संशोधकांनी शीत-पट्टक

बनवण्यासाठी पारंपरिकरित्या वापरल्या जाणाऱ्या तांब्याऐवजी लो-टॅपरेचर को-फायर्ड सिरॅमिक (एलटीसीसी) वापरण्याचा प्रस्ताव समोर ठेवला आहे.

द्रव शीतलकाचा वापर करणाऱ्या प्रणालींमध्ये, विआयनीकृत (विद्युत भाररहित) पाणी किंवा इतर द्रव शीतलक फिरवले जातात व त्याद्वारे अतिरिक्त उष्णता कमी केली जाते. शीत-पट्टक उष्णता अभिगमाप्रमाणे (हीट सिंक) काम करतात आणि परिपथातील भागांमध्ये असणारी उष्णता शीतलक द्रव्याकडे हस्तांतरित करतात. हे शीत-पट्टक बनवण्यासाठी बहुतांशी तांबे हा धातू वापरला जातो, कारण त्याची किंमत कमी असते व उष्णता वहन क्षमता अधिक असते. आयआयटी मुंबई येथील यांत्रिक अभियांत्रिकी विभागातील विद्यार्थी आणि वरिष्ठ प्रकल्प सहयोगी श्री. परीक्षित बढे यांनी सांगितले, “तांबे या धातूची उष्णता वहन क्षमता अधिक असल्याने उच्च कार्यक्षमतेच्या संगणन प्रणालींच्या शीतनासाठी तांब्याचे शीत-पट्टक मोठ्या प्रमाणात वापरले जातात. परंतु, तांब्यामुळे काही मर्यादा देखील येतात, उदाहरणार्थ - वजन जास्त असणे, क्षरण होण्याची शक्यता आणि बारकावे असलेल्या रचना करण्यात अडचणी येणे.” श्री. परीक्षित बढे यांनी आयआयटी मुंबई येथील प्रा. शंकर कृष्णन आणि प्रा. मिलिंद अत्रे यांच्या मार्गदर्शनाखाली संशोधन केले आहे.

एलटीसीसी तंत्रज्ञानाचा वापर विद्युत परिपथांसाठी सिरॅमिकचे अधःस्तर (सबस्ट्रेट) बनवण्यासाठी केला जातो. या अधःस्तरावर विद्युत जोड छापलेले असतात व रेझिस्टर, इंडक्टर, कॅपॅसिटर यांसारखे इतर घटक बसवलेले असतात. आपल्या दैनंदिन वापरातील इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये पीसीबी म्हणजेच प्रिंटेड सर्किट बोर्ड हा सर्वसामान्यपणे अधःस्तर म्हणून वापरला जातो. एलटीसीसी तंत्रज्ञान वापरल्यास पीसीबीच्या तुलनेत परिपथ लहान जागेत, अधिक कार्यक्षमपणे आणि त्रिमितीय (थ्री-डायमेंशनल) पद्धतीने बसवता येते. याबत श्री. परीक्षित म्हणतात, “सिरॅमिक प्रिंटेड सर्किट बोर्डच्या निर्मितीसाठी एलटीसीसी तंत्रज्ञान आधीपासूनच प्रचलित आहे. वाहनांमधील किंवा संरक्षण क्षेत्राशी संबंधित उच्च तापमानात काम कराव्या लागणाऱ्या इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये एलटीसीसी अधःस्तर मोठ्या प्रमाणात वापरले जातात.”

सदर अभ्यासाद्वारे असे दिसते की शीत-पट्टक तयार करण्यासाठी एलटीसीसी संचामध्ये मायक्रोफ्लुइडिक वाहिन्या (मायक्रोमीटर आकाराच्या अगदी बारीक वाहिन्या ज्यामधून द्रव पदार्थ वाहून जाऊ शकतो) तयार करता येतात. या शीत-पट्टकांची उष्णता चाचणी केल्यावर असे दिसून आले की तांब्याच्या पट्टकांप्रमाणेच हे पट्टक महासंगणकातील मायक्रोप्रोसेसर चिप्स प्रभावीपणे थंड करू शकतात तसेच तापमान सुरक्षा पातळीच्या खाली रोखून धरू शकतात. या अभिनव अभ्यासाद्वारे केलेल्या या संकल्पना-सिद्धीमुळे (प्रूफ-ऑफ-कन्सेप्ट) शीतन प्रणाली चिपच्या संचामध्येच अंतर्भूत करण्याचे नवे मार्ग खुले होतील. जर चिप एलटीसीसी तंत्रज्ञान वापरून तयार केलेली असेल तर त्याच संचामध्ये मायक्रोफ्लुइडिक वाहिन्या अंतर्भूत करता येतात व त्याद्वारे शीतलक चिप संचामध्ये अधिक खोलवर पसरवता आल्याने जास्त तापणाऱ्या भागांचे स्थानिकरित्या शीतन केले जाऊ शकते, या संकल्पनेची ग्राह्यता या अभ्यासाच्या माध्यमातून सिद्ध झाली.

परंतु, एलटीसीसी तंत्रज्ञानामध्ये अद्याप एक मोठे आव्हान आहे - त्याची उष्णता वहन क्षमता तांब्याच्या तुलनेत १०० पट कमी आहे. शीतन प्रणालीमध्ये उष्णता वहन क्षमता सर्वात आवश्यक ठरते आणि याच वैशिष्ट्यात हे तंत्रज्ञान कमी प्रभावी ठरते. या समस्येवर मात करण्यासाठी संशोधकांनी एलटीसीसीच्या शीत-पट्टकामध्ये सूक्ष्म छिद्रे करून ती धातूने भरली. यांना थर्मल व्हायाज (उष्णता वाहक) म्हणतात. सी-मेट, पुणे येथील डॉ. शॅनी जोसेफ यांच्या मार्गदर्शनाखालील गटाने या प्रकारे छिद्रे असलेले शीत-पट्टक त्यांच्या प्रयोगशाळेमध्ये तयार करण्याचे महत्वाचे काम पार पाडले. श्री. परीक्षित यांनी सांगितले, “शीत-पट्टकाच्या तळाच्या थरामध्ये या थर्मल व्हायाज ची सुनियोजित रचना केली आहे कारण त्यामुळे चिपमधील उष्णता, चिपमध्येच असलेल्या या सूक्ष्म

वाहकांच्यामार्फत शीतलकाकडे नेली जाऊ शकेल.” या थर्मल व्हायाज् मुळे एलटीसीसीची उष्णता वहन क्षमता वाढली आणि उष्णतारोध ४३% इतक्या मोठ्या प्रमाणात कमी झाला.

एलटीसीसी शीत-पट्टक वापरण्यातील आणखी एक आव्हान म्हणजे हे पट्टक भंगण्याची किंवा तुटण्याची शक्यता असते. यावरील उपायाबाबत सांगताना श्री. परीक्षित म्हणाले, “एलटीसीसी हा एक सिरॅमिक पदार्थ असल्याने त्यावर असमान तन्य भार पडल्यास त्यात भेगा पडण्याची शक्यता असते. यावर उपाय म्हणून एक नवीन चाप यंत्रणा (क्लॅम्पिंग सिस्टिम) विकसित केली. यामुळे, विद्युत भारीत बोर्डवर शीत-पट्टक पूर्ण क्षमतेसह बसवल्यानंतरही त्यात असमान भारामुळे भेगा न पडता हे पट्टक सुस्थितीत राहतील.”

संशोधकांनी शीतलक म्हणून विआयनीकृत (विद्युत भाररहित) पाण्याचा वापर करून एलटीसीसी शीत-पट्टकांच्या कामाची Intel® Xeon® Gold 6154 या सीपीयूवर चाचणी घेतली व त्यांच्या कार्यक्षमतेची तांब्याच्या शीत-पट्टकांशी तुलना केली. याशिवाय, संशोधकांनी दोन प्रवाह रचना तपासून पाहिल्या - जेआय आणि एमसी. एलटीसीसी शीत-पट्टकामध्ये शीतलक द्रव्य कसे प्रवेश करणार व कसे वाहणार हे या प्रवाह पद्धतीद्वारे ठरते. या प्रवाहाबद्दल स्पष्ट करताना श्री. परीक्षित म्हणाले, “एमसी प्रकारच्या प्रवाह रचनेमध्ये शीतलक द्रव्य एका बाजूच्या इनलेटमधून प्रवेश करते आणि दुसऱ्या बाजूच्या आऊटलेटमधून बाहेर पडते. जेआय प्रकारच्या प्रवाह रचनेमध्ये शीतलक द्रव्य मध्यवर्ती इनलेटमधून प्रवेश करते आणि बाजूच्या दोन आऊटलेटमधून बाहेर पडते.” एमसी प्रकारच्या प्रवाह रचनेमध्ये शीतलक द्रव्य शीत-पट्टकाच्या पूर्ण क्षेत्रामध्ये फिरू शकते परंतु, तर जेआय प्रकारच्या प्रवाह रचनेमध्ये तापणाऱ्या विशिष्ट भागाचे स्थानिक शीतन करणे शक्य होते. या चाचणीमध्ये प्रोसेसर पूर्ण क्षमतेने काम करत असताना या दोनही प्रवाह पद्धतीद्वारे एलटीसीसी शीत-पट्टकाने प्रोसेसरचे तापमान सुरक्षित पातळीच्या खाली यशस्वीपणे रोखले.



एलटीसीसी शीत-पट्टकावरील एमसी आणि जेआय प्रकारच्या प्रवाह रचना. श्रेय : परीक्षित बडे.

भविष्यात, एलटीसीसी शीत-पट्टकांच्या रचना आणि उपयुक्ततेत आणखी सुधारणा करण्याची संशोधकांची योजना आहे. या कामाच्या भविष्यातील दिशा स्पष्ट करताना प्रा. अत्रे म्हणाले, “तूर्तास या शीत-पट्टकांची रचना २०० वॉटच्या प्रोसेसरच्या श्रेणीसाठी केलेली आहे. पण पुढे, उष्णता अधिक वितरित व्हावी या दृष्टीने शीत-पट्टकांच्या खालच्या बाजूला विद्युत विलेपन करण्याच्या संभाव्य शक्यता पडताळून पाहता येतील. यामुळे शीत-पट्टकांना उच्च उष्णता हाताळता येईल.” यातून यशस्वीरित्या एखादे उत्पादन तयार करता आले तर एलटीसीसी आधारित समाकलित शीत-पट्टकांचे तंत्रज्ञान (इंटीग्रेटेड कोल्ड प्लेट टेक्नॉलॉजी) सध्या वापरल्या जाणाऱ्या पारंपरिक शीतन प्रणाली आणि चिप संचांना एक चांगला पर्याय ठरू शकेल. याशिवाय, या अभ्यासाने सध्याच्या महासंगणकांच्या चिप्ससाठी एलटीसीसी शीत-पट्टकांचा वापर करून दाखवल्याने श्री-डायमेन्शनल इंटीग्रेटेड सर्किट्सवरील चालू संशोधनात महत्वाची भर टाकली आहे.

VETTED / UNVETTED	Vetted
Title of Research Paper	Design, fabrication, and thermal performance evaluation of cold plates for high-performance computing
DOI of the Research Paper as a link	https://doi.org/10.1007/s12046-024-02434-x
List of all researchers with affiliations	<p>PARIKSHIT BADHE, Department of Mechanical, Indian Institute of Technology Bombay परिक्षित बढे, यांत्रिक अभियांत्रिकी विभाग, भारतीय तंत्रज्ञान संस्था मुंबई</p> <p>HRITHIK KALE, Electronic Packaging Group, Centre for Materials for Electronics Technology (C-MET) हृतिक काळे, इलेक्ट्रॉनिक पॅकेजिंग ग्रुप, सेंटर फॉर मटेरियल फॉर इलेक्ट्रॉनिक्स टेक्नॉलॉजी (C-MET)</p> <p>ROHAN DARVE, Electronic Packaging Group, Centre for Materials for Electronics Technology (C-MET) रोहन दार्वे, इलेक्ट्रॉनिक पॅकेजिंग ग्रुप, सेंटर फॉर मटेरिअल्स फॉर इलेक्ट्रॉनिक्स टेक्नॉलॉजी (C-MET)</p> <p>K P AISHWARYA, Electronic Packaging Group, Centre for Materials for Electronics Technology (C-MET) के पी ऐश्वर्या, इलेक्ट्रॉनिक पॅकेजिंग ग्रुप, सेंटर फॉर मटेरियल फॉर इलेक्ट्रॉनिक्स टेक्नॉलॉजी (C-MET)</p> <p>JANARDHAN R GADDE, Electronic Packaging Group, Centre for Materials for Electronics Technology (C-MET) जनार्दन आर गड्डे, इलेक्ट्रॉनिक पॅकेजिंग ग्रुप, सेंटर फॉर मटेरियल फॉर इलेक्ट्रॉनिक्स टेक्नॉलॉजी (C-MET)</p> <p>SHANY JOSEPH, Electronic Packaging Group, Centre for Materials for Electronics Technology (C-MET) शॅनी जोसेफ, इलेक्ट्रॉनिक पॅकेजिंग ग्रुप, सेंटर फॉर मटेरियल फॉर इलेक्ट्रॉनिक्स टेक्नॉलॉजी (C-MET)</p> <p>SHANKAR KRISHNAN, Department of Mechanical, Indian Institute of Technology Bombay शंकर कृष्णन, यांत्रिक अभियांत्रिकी विभाग, भारतीय तंत्रज्ञान संस्था मुंबई</p>

VETTED / UNVETTED	Vetted
	M D ATREY, Department of Mechanical, Indian Institute of Technology Bombay एम डी अत्रे, यांत्रिक अभियांत्रिकी विभाग, भारतीय तंत्रज्ञान संस्था मुंबई
Email of researcher/s	PARIKSHIT BADHE parikshit.b@outlook.com M D ATREY matrey@iitb.ac.in
Writer name	Dennis Joy डेनिस जॉय
Transcreator name	Shweta Bhide श्वेता भिडे
Credits to Graphic:	Parikshit Badhe and Scientifickly
Subject	Science/ Technology/Engineering /Ecology/Health/Society
Article to be Sectioned Under	Deep Dive /Friday Features/Fiction Friday/Joy of Science/News+Views/News/Scitoons/Catching up/OpEd/Featured/Sci-Qs/Infographics/Events
Social Media TAGS separated by Comma	#Supercomputers #Cooling #ColdPlates #LTCC
Social Media Posts Suggestions/ Links to interesting relevant content	
Social Media Handles to be added	@iitbombay
Social Media handles of writer	@denniscj8
Social Media handles of researchers	linkedin.com/in/parikshit-badhe-121a5011b
Location:	Mumbai मुंबई