

Pressemitteilung

Technische Universität Wien

Sarah Link

05.07.2022

<http://idw-online.de/de/news797820>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Energie, Physik / Astronomie
überregional



Thermoelektrika: Von Wärme zu Strom

Forschende der TU Wien haben ein neues Konzept entwickelt, um Wärmeenergie effizienter in elektrische Energie umzuwandeln. Energieverluste können so minimiert werden.

Bei der Umwandlung von Energie geht viel Wärme verloren. Schätzungen zufolge sogar mehr als 70 %. In thermoelektrischen Materialien, wie sie am Institut für Festkörperphysik der TU Wien untersucht werden, kann Wärme jedoch direkt in elektrische Energie umgewandelt werden. Diesen Effekt (Seebeck-Effekt) kann man sich in zahlreichen Anwendungen in der Industrie aber auch im Alltag zu Nutzen machen.

Kürzlich machte das Forschungsteam um Ernst Bauer eine spannende Entdeckung in einem Thermoelektrikum, das aus Eisen, Vanadium und Aluminium (Fe₂VAI) besteht. Die Ergebnisse publizierten die Forschenden jüngst in der renommierten Fachzeitschrift „Nature Communications“.

Das ideale Thermoelektrikum

Um einen möglichst großen Energieumwandlungs-Effekt zu erzielen, suchen Forschende nach Materialien, die eine Reihe von Eigenschaften erfüllen: Sie sollten einen großen Seebeck-Effekt, eine hohe elektrische Leitfähigkeit und eine geringe Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Dies ist jedoch äußerst schwierig, da die Eigenschaften miteinander verknüpft sind und voneinander abhängen. Daher stellten sich die Forschenden die Frage, wie ein Material physikalisch aussehen müsste, damit es all diese Bedingungen bestmöglich erfüllt.

So ist es Physikern der TU Wien gelungen, ein neues Konzept zu finden, um diesen Widerspruch aufzulösen und alle thermoelektrischen Eigenschaften in einem Material gleichzeitig zu optimieren. „Am sogenannten Anderson-Übergang, einem Quantenphasenübergang von lokalisierten zu beweglichen Elektronenzuständen, sind die Bedingungen für das ideale Thermoelektrikum gegeben. Das bedeutet, alle leitfähigen Elektronen haben ungefähr dieselbe Energie“, berichtet Fabian Garmroudi, Erstautor der Studie.

Der Anderson-Übergang findet statt, wenn in einem Halbleiter Fremdatome hinzugefügt werden, welche ihre Elektronen stark an sich binden. „Analog zu Eisschollen im Meer, sind diese zuerst voneinander isoliert und können nicht betreten werden. Wenn jedoch die Anzahl der Eisschollen groß genug ist, hat man eine durchgehende Verbindung, über die man das Meer überqueren kann“, zieht Fabian Garmroudi einen Vergleich. Ähnlich geschieht dies auch im Festkörper: Überschreitet die Anzahl der Fremdatome einen kritischen Wert, können sich die Elektronen plötzlich frei von einem Atom zum anderen bewegen und Strom kann fließen.

Atome tauschen Platz, wenn es heiß wird

Der Anderson-Übergang konnte in enger Zusammenarbeit mit Forschenden aus Schweden und Japan sowie der Universität Wien nachgewiesen und erstmals mit einer signifikanten Veränderung der thermoelektrischen

Eigenschaften in Verbindung gebracht werden. Die spannende Entdeckung machte das Team, als sie das Material auf sehr hohe Temperaturen, nahe des Schmelzpunktes, erhitzten.

„Bei hohen Temperaturen schwingen die Atome so stark, dass sie gelegentlich ihre Gitterplätze vertauschen. Beispielsweise befinden sich Eisen-Atome dann dort, wo vorher Vanadium-Atome gewesen sind. Uns gelang es, dieses ‚atomare Durcheinander‘, welches bei hohen Temperaturen auftritt, durch sogenanntes ‚Quenchen‘, also dem raschen Abkühlen in einem Wasserbad, einzufrieren“, berichtet Ernst Bauer. Diese unregelmäßigen Defekte erfüllen genau denselben Zweck wie die vorhin erwähnten Fremdatome, ohne dass die chemische Zusammensetzung des Materials dafür verändert werden muss.

Energieumwandlung dank Unordnung

In vielen Forschungsbereichen der Festkörperphysik ist man an möglichst reinen Materialien mit idealer Kristallstruktur interessiert. Der Grund: Die Regelmäßigkeit der Atome vereinfacht eine theoretische Beschreibung der physikalischen Eigenschaften. Im Fall von Fe₂VAI sind es jedoch gerade die Fehlstellen (die Unregelmäßigkeiten), die den Großteil der thermoelektrischen Performance ausmachen. Auch in benachbarten Disziplinen hat sich bereits gezeigt, dass Unregelmäßigkeiten von Vorteil sein können: „Die Grundlagenforschung an Quantenmaterialien ist ein gutes Beispiel hierfür. Dort konnte die Wissenschaft bereits zeigen, dass Unordnung oft die notwendige Würze in der ‚Quantensuppe‘ ist“, sagt Andrej Pustogow, einer der Co-Autoren und berichtet: „Nun ist dieses Konzept auch in der angewandten Festkörperforschung angekommen.“

wissenschaftliche Ansprechpartner:

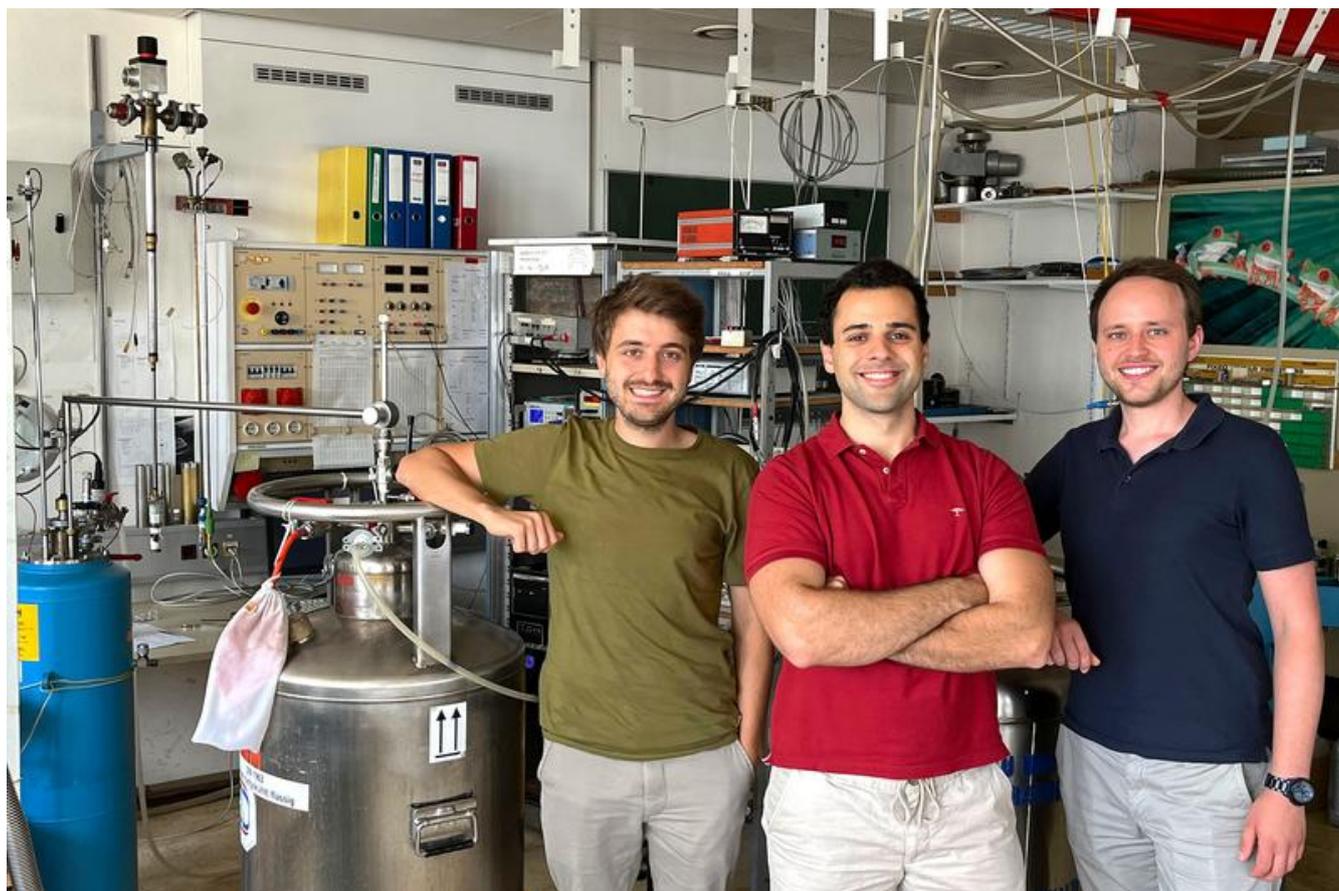
DI Fabian Garmroudi
Forschungsbereich Functional and Magnetic Materials
Technische Universität Wien
+43 1 58801 13173
fabian.garmroudi@tuwien.ac.at

Prof. Dr. Andrej Pustogow
Forschungsbereich Functional and Magnetic Materials
Technische Universität Wien
+43 1 58801 13128
andrej.pustogow@tuwien.ac.at

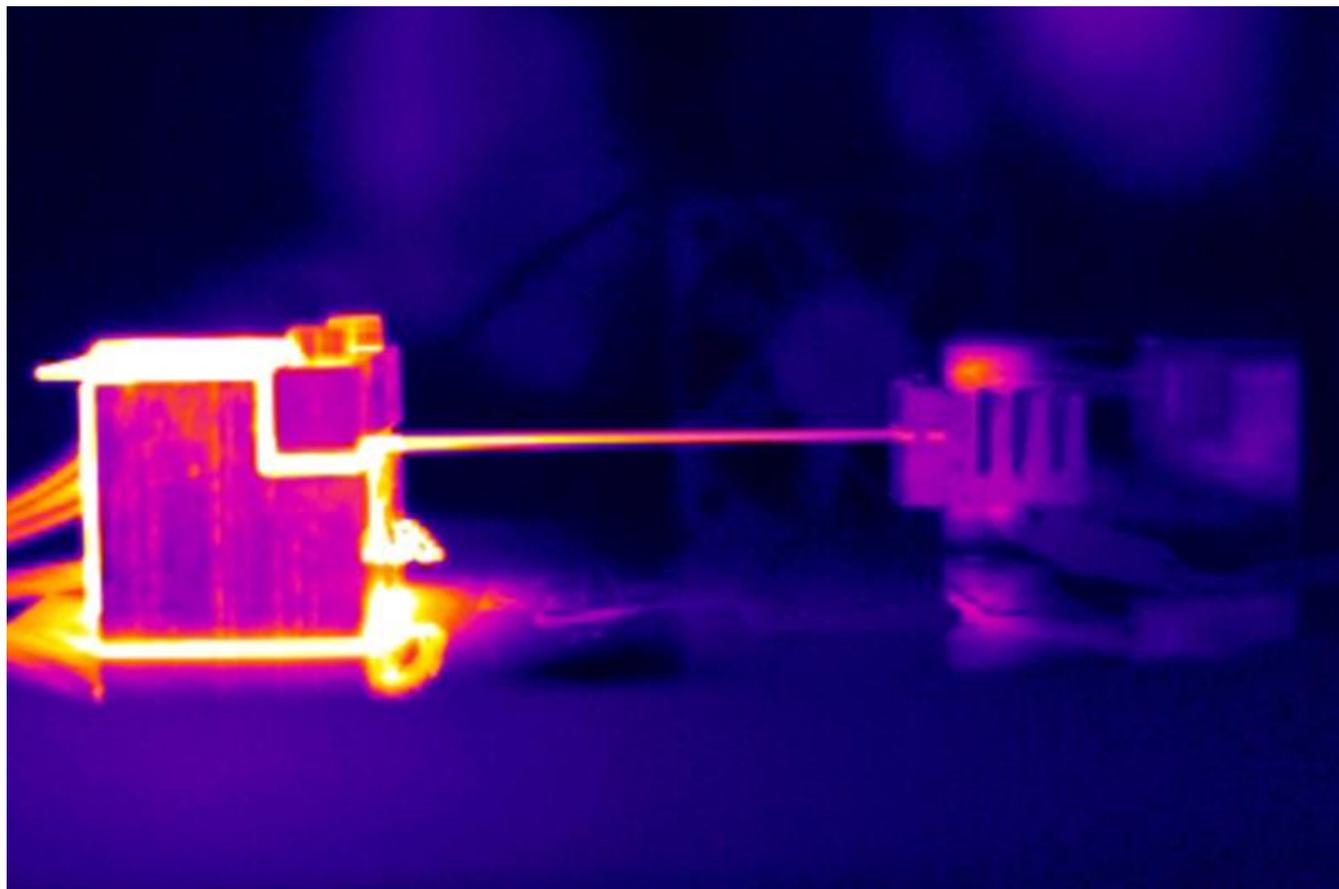
Prof. Dr. Ernst Bauer
Forschungsbereich Functional and Magnetic Materials
Technische Universität Wien
+43 1 58801 13160
ernst.bauer@tuwien.ac.at

Originalpublikation:

Garmroudi, F. et al.: Anderson transition in stoichiometric Fe₂VAI: high thermoelectric performance from impurity bands, Nature Communications (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31159-w>



Die Forscher Michael Parzer, Fabian Garmroudi und Alexander Riss (von links) im Labor.
TU Wien



Wärmebild eines thermoelektrischen Generators in Aktion.
TU Wien