



Durch das Aufsticken von stromerzeugenden Garnen auf Stoff konnten Forscher ein selbstversorgendes, numerisches Touchpad und Bewegungssensoren in Kleidung einbetten. Die Technik bietet eine kostengünstige, skalierbare Methode für die Herstellung von tragbaren Geräten.

„Unsere Technik verwendet Stickerei, was ziemlich einfach ist - man kann unsere Garne direkt auf den Stoff aufbringen“, so der Hauptautor der Studie, [Rong Yin](#), Assistenzprofessor für Textiltechnik, Chemie und Wissenschaft an der North Carolina State University. „Bei der Herstellung des Gewebes muss keine Rücksicht auf die tragbaren Geräte genommen werden. Man kann die stromerzeugenden Garne erst nach der Herstellung des Kleidungsstücks integrieren.“



Yu Chen, Doktorandin an der NC State, demonstriert Sticktechniken. © NC State

In der Studie, die in der Zeitschrift [Nano Energy](#) veröffentlicht wurde, testeten die Forscher mehrere Designs für stromerzeugende Garne. Um sie so haltbar zu machen, dass sie der Spannung und Biegung beim Sticken standhalten, verwendeten sie schließlich fünf handelsübliche Kupferdrähte, die mit einer dünnen Polyurethanbeschichtung versehen waren. Dann nähten sie sie mit einem anderen Material - PTFE - auf Baumwollgewebe.

„Dies ist eine kostengünstige Methode zur Herstellung von tragbarer Elektronik mit handelsüblichen Produkten“, so Yin. „Die elektrischen Eigenschaften unserer Prototypen waren mit denen anderer Designs vergleichbar, die auf demselben Mechanismus zur Stromerzeugung basieren“.

Die Forscher stützten sich auf eine Methode zur Stromerzeugung, die als „triboelektrischer Effekt“ bezeichnet

net wird und bei der Elektronen, die von zwei verschiedenen Materialien ausgetauscht werden, wie statische Elektrizität nutzbar gemacht werden. Sie stellten fest, dass das PTFE-Gewebe in Kontakt mit den polyurethanbeschichteten Kupferdrähten die beste Leistung in Bezug auf Spannung und Stromstärke erbrachte, verglichen mit anderen getesteten Gewebetypen, darunter Baumwolle und Seide. Sie testeten ebenfalls die Beschichtung der Stickerei-Muster mit Plasma, um den Effekt zu verstärken.

„In unserem Muster gibt es zwei Schichten - eine ist der leitende, mit Polyurethan beschichtete Kupferdraht, die andere ist PTFE, und dazwischen befindet sich eine Lücke“, so Yin. „Wenn die beiden nichtleitenden Materialien miteinander in Kontakt kommen, verliert das eine Material Elektronen und das andere erhält Elektronen. Verbindet man sie miteinander, so entsteht ein Strom.“

Die Forscher testeten ihre Garne als Bewegungssensoren, indem sie sie mit dem PTFE-Gewebe auf Jeansstoff bestickten. Sie platzierten die Stickereien auf der Handfläche, unter dem Arm, am Ellbogen und am Knie, um die elektrischen Signale zu verfolgen, die bei der Bewegung einer Person entstehen. Außerdem befestigten sie den bestickten Stoff an der Innensohle eines Schuhs, um seine Verwendung als Schrittzähler zu testen. Dabei stellten sie fest, dass die elektrischen Signale variierten, je nachdem, ob die Person ging, lief oder sprang.

Schließlich testeten sie ihre Garne in einem textilbasierten Ziffernblock am Arm, den sie anfertigten, indem sie Zahlen auf ein Stück Baumwollstoff stickten und dieses auf einem Stück PTFE-Gewebe befestigten. Je nach Zahl, die die Person auf dem Tastenfeld drückte, wurden unterschiedliche elektrische Signale erzeugt.

„Man kann unsere Garne auf Kleidung sticken, und wenn man sich bewegt, wird ein elektrisches Signal erzeugt, und diese Signale können als Sensor verwendet werden“, sagte Yin. „Wenn wir die Stickerei in einen Schuh einnähen, erzeugt sie beim Laufen eine höhere Spannung als beim bloßen Gehen. Wenn wir Zahlen auf den Stoff gestickt haben und sie drücken, wird für jede Zahl eine andere Spannung erzeugt. Das könnte als Interface genutzt werden.“

Da Textilprodukte unweigerlich gewaschen werden, testeten sie die Haltbarkeit ihres Stickdesigns in einer Reihe von Wasch- und Reibungstests. Nach dem Waschen mit der Hand, dem Durchwaschen mit Waschmittel und dem Trocknen im Ofen, stellten sie keinen Unterschied oder einen leichten Anstieg der Spannung fest. Bei dem mit Plasma beschichteten Prototyp wurde eine schwächere, aber immer noch bessere Leistung im Vergleich zum Originalmuster festgestellt. Nach einem Abriebtest konnte festgehalten werden, dass sich die elektrische Ausgangsleistung nach 10.000 Scheuerzyklen nicht signifikant verändert hatte.

Für die Zukunft planen sie, ihre Sensoren mit anderen Geräten zu integrieren, um weitere Funktionen hinzuzufügen. „Der nächste Schritt ist die Integration dieser Sensoren in ein tragbares System“, so Yin.

Die Studie mit dem Titel " Flexible, durable and washable triboelectric yarn and embroidery for self-powered sensing and human-machine interaction " wurde online in Nano Energy veröffentlicht. Zu den Koautoren gehören Yu Chen, Erdong Chen, Zihao Wang, Yali Ling, Rosie Fisher, Mengjiao Li, Jacob Hart, Weilei Mu, Wei Gao, Xiaoming Tao und Bao Yang. Die Finanzierung erfolgte durch die North Carolina State University über den NC State Faculty Research & Professional Development Fund und das NC State Summer REU-Programm.

Links:

<https://sites.textiles.ncsu.edu/yin-research-lab/>

<https://textiles.ncsu.edu/research/centers-and-institutes/>

Flexible, durable and washable triboelectric yarn and embroidery for self-powered sensing and human-machine interaction

Authors: Yu Chen, Erdong Chen, Zihao Wang, Yali Ling, Rosie Fisher, Mengjiao Li, Jacob Hart, Weilei Mu, Wei Gao, Xiaoming Tao, Bao Yang and Rong Yin.

Published: online Oct. 27, 2022, *Nano Energy*

DOI: [10.1016/j.nanoen.2022.107929](https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2022.107929)

Abstract:

The novel combination of textiles and triboelectric nanogenerators (TENGs) successfully achieves self-powered wearable electronics and sensors. However, the fabrication of Textile-based TENGs remains a great challenge due to complex fabrication processes, low production speed, high cost, poor electromechanical properties, and limited design capacities. Here, we reported a new route to develop Textile-based TENGs with a facile, low-cost, and scalable embroidery technique. 5-ply ultrathin enameled copper wires, low-cost commercial materials, were utilized as embroidery materials with dual functions of triboelectric layers and electrodes in the Textile-based TENGs. A single enameled copper wire with a diameter of 0.1 mm and a length of 30 cm can produce over 60 V of open-circuit voltage and 0.45 μA of short circuit current when in contact with polytetrafluoroethylene (PTFE) fabric at the frequency of 1.2 Hz and the peak value of contact force of 70 N. Moreover, the triboelectric performance of enameled copper wire after plasma treatment can be better than that without plasma treatment, such as the maximum instantaneous power density can reach 245 $\mu\text{W}/\text{m}$ which is ~ 1.5 times as much as the untreated wire. These novel embroidery TENGs possess outstanding triboelectric performance and super design capacities. A $5 \times 5 \text{ cm}^2$ embroidery sample can generate an open-circuit voltage of 300 V and a short circuit current of 8 μA under similar contact conditions. The wearable triboelectric embroidery can be employed in different parts of the wear. A self-powered, fully fabric-based numeric keypad was designed based on triboelectric embroidery to serve as a human-machine interface, showing good energy harvesting and signal collection capabilities. Therefore, this study opens a new generic design paradigm for textile-based TENGs that are applicable for next-generation smart wearable devices.

Quelle: North Carolina State University, Rong Yin, Laura Oleniacz