



2021年4月1日



分野：工学系

キーワード：セルロースナノファイバー、回路保護膜、ウェアラブルデバイス、SDGs

濡れても割れても電子回路を守る 機能性コーティング

—木材由来のナノ繊維が短絡(ショート)を防ぐ—

【研究成果のポイント】

- ◆ 木材由来のナノ繊維^{*1} を電子回路にコーティングするだけで、水濡れ故障を長時間抑制できることを発見
- ◆ これまでは防水コーティングが損傷すると故障を避けられなかったが、本技術ではナノ繊維が損傷部に「集まって」「固まる」ため、過酷な状況でも短絡を抑制可能
- ◆ 従来の防水技術との組み合わせも容易なため、ウェアラブル・ヘルスケアデバイスなど重大事故が許されない用途でさらなる安全性の向上が期待

❖ 概要

大阪大学産業科学研究所の春日貴章さん（博士後期課程・日本学術振興会 特別研究員 DC1）、能木雅也教授らの研究グループは、木材由来のナノ繊維を電子回路にコーティングするだけで、水濡れ故障を長時間抑制可能であることを発見しました。

電子デバイスにとって水が天敵であることはよく知られており、これまで防水コーティングやパッキングなど様々な封止技術が開発されてきました。しかし、どんな封止も一度損傷してしまえば水の侵入を防ぐことはできず、故障は免れません。今回、本研究グループは電子回路上に木材由来のナノ繊維をコーティング

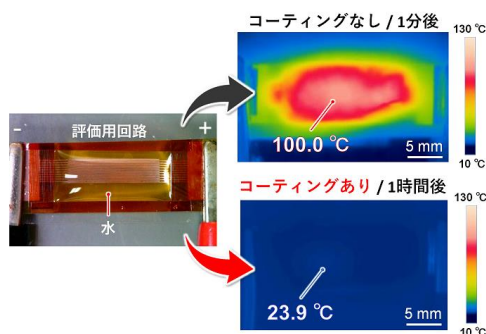


図1 電子回路に木材由来のナノ繊維をコーティングするだけで、水濡れ故障や発熱・発火といった事故を防ぐことが可能です。

Press Release

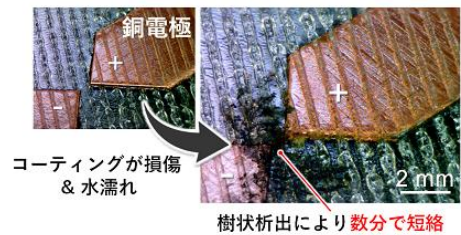
することで、回路の短絡及び発熱・発火といった事故を防止できることを発見しました(図1)。さらにその短絡抑制効果はコーティングが損傷した状態からでも発揮され、24時間以上継続します(図2)。本成果は、吸水によるナノ繊維の再分散、電気泳動、ゲル化という3ステップを上手く組み合わせることで実現しています。本成果により、近年開発・普及が進んでいるウェアラブル・ヘルスケアデバイスなどのさらなる安全性向上が期待できます。本研究成果は、米国科学誌「ACS Applied Nanomaterials」に、4月1日(木)(日本時間)に公開されます。

❖ 研究の背景

電子デバイスにとって水が天敵であるというイメージは深く浸透しています。ただし、水濡れ故障は必ずしも水が付着した瞬間に発生するわけではありません。電子回路の金属部分に水が付着すると、陽極(+)金属は金属イオンとして溶け出し、陰極(-)で金属銅として樹状に析出します。イオンマイグレーション^{*2}と呼ばれるこの現象が進行すると、回路は樹状析出^{*3}により短絡し、故障や発熱・発火といった事故が発生します(図3上 コーティングなし)。つまり水濡れ故障を防ぐためには、回路に水を触れさせないことと同様に、樹状析出を成長させないことが重要になります。

今回、本研究グループは木材由来のナノ繊維(セルロースナノファイバー)を電子回路上にコーティングし、イオンマイグレーションの発生過程を評価しました。その結果、コーティングをしなかった回路は水没後数分で短絡してしまう一方で、ナノ繊維をコーティングした回路は水没後24時間経っても短絡しないことを発見しました(図3下 コーティングあり)。詳しくメカニズムを見ていくと、乾燥状態で積層していたナノ繊維が吸水・再分散し、陽極(+)の周囲に電気泳動することで「集まり」、陽極から溶け出した金属イオンを吸着して「固まる(ゲル化する)」ことが判明しました。陽極周囲に構築されたナノ繊維のゲルが樹状析出の成長を阻害するため、長時間経過しても短絡しません。たとえコーティングが損傷していたとしても、ナノ繊維

既存の防水コーティング

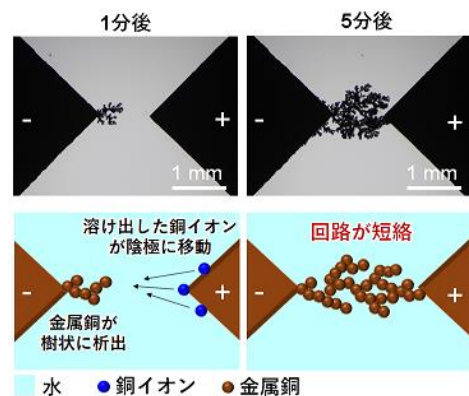


木材由来のナノ繊維をコーティング



図2 既存技術とは全く異なるメカニズムで水濡れ故障を防ぐため、コーティングが損傷した状態からでも効果を発揮します。

コーティングなし



コーティングあり

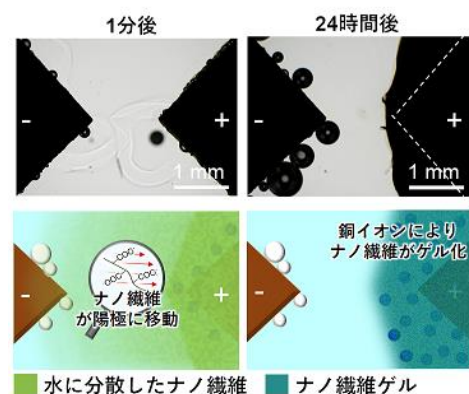


図3 木材由来のナノ繊維による短絡抑制メカニズム

たとえコーティングが損傷していたとしても、ナノ繊維



Press Release

維が損傷部を修復するように電気泳動して集まる(図 2, 3)ため、コーティングが破損するような過酷な状況でも水濡れ故障を抑制することが可能です。

❖ 本研究成果が社会に与える影響（本研究成果の意義）

本成果のポイントは、電子回路上にナノ繊維が含まれたコーティング液を塗って乾かすという簡便な手順で、コーティングが損傷した状態でも機能する回路保護膜が実現できる点です。既存技術との組み合わせも容易であり、防水コーティングとナノ繊維コーティングの積層により、さらなる安全性の向上が期待できます。また、木材ナノ繊維膜を用いた短絡抑制技術は世界初であり、このメカニズムを用いた新たなデバイス技術が登場するかもしれません。近年、脈拍や血圧、脳波など様々な身体情報をリアルタイムで収集可能なウェアラブル・ヘルスケアデバイスが注目を集めています。常に着用するそれらのデバイスは、屋外や入浴をはじめとする様々な状況での使用に耐えうるための絶対的な安全性と耐久性の両立が求められます。本成果は電子デバイスの安全性と寿命性を高める、新たな「最後の砦」として機能することが期待できます。

❖ 特記事項

本研究成果は、2021年4月1日(木)(日本時間)に米国科学誌「ACS Applied Nanomaterials」(オンライン)に掲載されます。

タイトル：“Cellulose Nanofiber Coatings on Cu Electrodes for Cohesive Protection against Water-Induced Short-Circuit Failures”

著者名：Takaaki Kasuga, Hitomi Yagyu, Kojiro Uetani, Hirotaka Koga, and Masaya Nogi

本研究は、科学技術振興機構（JST）未来社会創造事業(JPMJMI17ED)、科研費・特別研究員奨励費(19J202410)の一環として行われ、大阪大学 大学院工学研究科 桑畑進教授の協力を得て行われました。

❖ 用語説明

※1 木材由来のナノ繊維

木材から取り出すことが可能な非常に細い繊維であり、その太さは3-15 nmと髪の毛の1000分の1以下です。セルロースナノファイバーとも呼ばれています。軽量、高強度、高耐熱、高透明かつ持続可能な新材料として注目を集めています。

※2 イオンマイグレーション

水濡れ故障の主な原因の一つであり、銅、銀などの配線金属間に水分と電位差が存在する場合に発生します。陽極(+)となる配線から溶け出した金属イオン(陽イオン)が配線間を陰極(-)に向かって移動し、陰極(-)にたどり着いた金属イオンは還元されて樹状に析出します。イオンマイグレーションが進行するにつれて樹状析出は成長し、やがては配線間が短絡します。樹状析出一本一本は非常に細く、短絡時には大電流が流れるため発熱・発火などの重大事故にもつながります。

※3 樹状析出

上記イオンマイグレーションが進行すると陰極から樹状に成長する、金属突起のこ



Press Release

とを指します。金属樹(銅樹)とも呼ばれます。

❖ 参考 URL

<http://www.nogimasaya.com/>

<http://tkasuga.com/>

❖ 発表者のコメント (春日貴章さん)

当研究室ではこれまで、木材由来のナノ繊維や、ナノ繊維 100%の「紙」を電子デバイス用途に向けて応用してきました。ナノ繊維や紙は水を吸いやすいので電子デバイス用途には向かないという意見もよくいただきますが、本成果のように水を吸って再分散するからこそ発現する新たな機能も存在します。これからも既存の視点にとらわれず、持続可能な木材由来材料の新たな価値を示し続けていきたいと考えています。

❖ プレスリリース内容に関する問い合わせ先

<研究に関すること>

大阪大学 産業科学研究所

博士後期課程学生/学振特別研究員(DC1) 春日貴章 (カスガ タカアキ)

E-mail : [tkasuga\[at\]eco.sanken.osaka-u.ac.jp](mailto:tkasuga[at]eco.sanken.osaka-u.ac.jp)

大阪大学 産業科学研究所

教授 能木雅也 (ノギ マサヤ)

E-mail : [nogi\[at\]eco.sanken.osaka-u.ac.jp](mailto:nogi[at]eco.sanken.osaka-u.ac.jp)

<JSTの事業に関すること>

科学技術振興機構 未来創造研究開発推進部 低炭素研究推進グループ

大矢 克 (オオヤ マサル)

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's 五番町

Tel : 03-3512-3543 Fax : 03-3512-3533

E-mail : [alca\[at\]jst.go.jp](mailto:alca[at]jst.go.jp)

<プレスリリースに関すること>

大阪大学 産業科学研究所 広報室

Tel : 06-6879-8524 Fax : 06-6879-8524

E-mail : [kouhou-staff\[at\]sanken.osaka-u.ac.jp](mailto:kouhou-staff[at]sanken.osaka-u.ac.jp)

科学技術振興機構 広報課

〒102-8666 東京都千代田区四番町 5 番地 3

Tel : 03-5214-8404 Fax : 03-5214-8432

E-mail : [jstkoho\[at\]jst.go.jp](mailto:jstkoho[at]jst.go.jp)