



独立行政法人 科学技術振興機構  
国立大学法人 東京大学大学院工学系研究科  
合同記者発表会  
平成25年7月24日



# 世界最軽量、世界最薄の柔らかい 電子回路の開発に成功

— 羽毛よりも軽く、装着感のない  
ヘルスケアセンサーへの応用が期待 —

染谷隆夫(東京大学大学院工学系研究科教授)  
関谷毅(東京大学大学院工学系研究科准教授)

# 記者発表会の内容

研究成果は、英国Nature誌にて

**2013年7月25日(ロンドン時間)**に出版されます。

報道解禁日は、

**7月24日午後6:00(ロンドン時間)**

**→7月25日午前2:00(日本時間)**となります。

(1)世界最軽量、世界最薄の

柔らかい電子回路の概要

(2) 研究開発の背景・意義・展望

(3) デバイス(実物のご紹介)と撮影

(4) 質疑応答

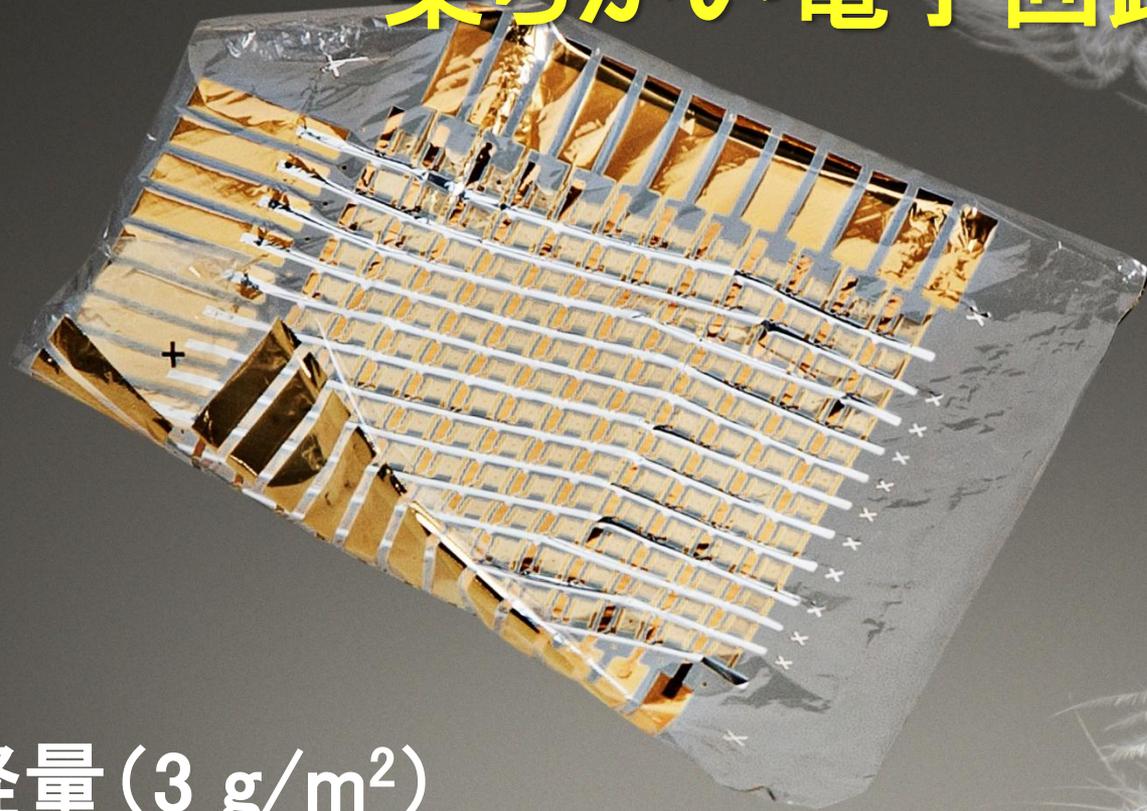
会見終了後にもデバイスの写真撮影の時間を十分に設けます。

# 概要

- 東京大学大学院工学系研究科の染谷隆夫教授、関谷毅准教授、Martin Kaltenbrunner博士を中心とした研究チームは、科学技術振興機構の課題達成型基礎研究の一環として、世界で最軽量(3 g/m<sup>2</sup>)かつ最薄(2マイクロメートル)の柔らかい電子回路の開発に成功しました。
- 開発の決め手は、表面が粗い1マイクロメートル級の高分子フィルムに、厚さ19ナノメートルという極薄の絶縁膜を均一かつ密着性高く形成する手法です。より具体的には、陽極酸化を用いた独自の室温プロセスにて、高均質かつ基材への密着性の高いアルミニウム酸化膜を形成する手法を確立しました。
- 装着感のない(人間が感知できない)ヘルスケアセンサー、ストレスフリーの福祉用の入力装置、医療電子機器用のセンサー、衝撃に強いスポーツ用のセンサーなど多方面への応用が期待されます。

# 実験デモビデオ

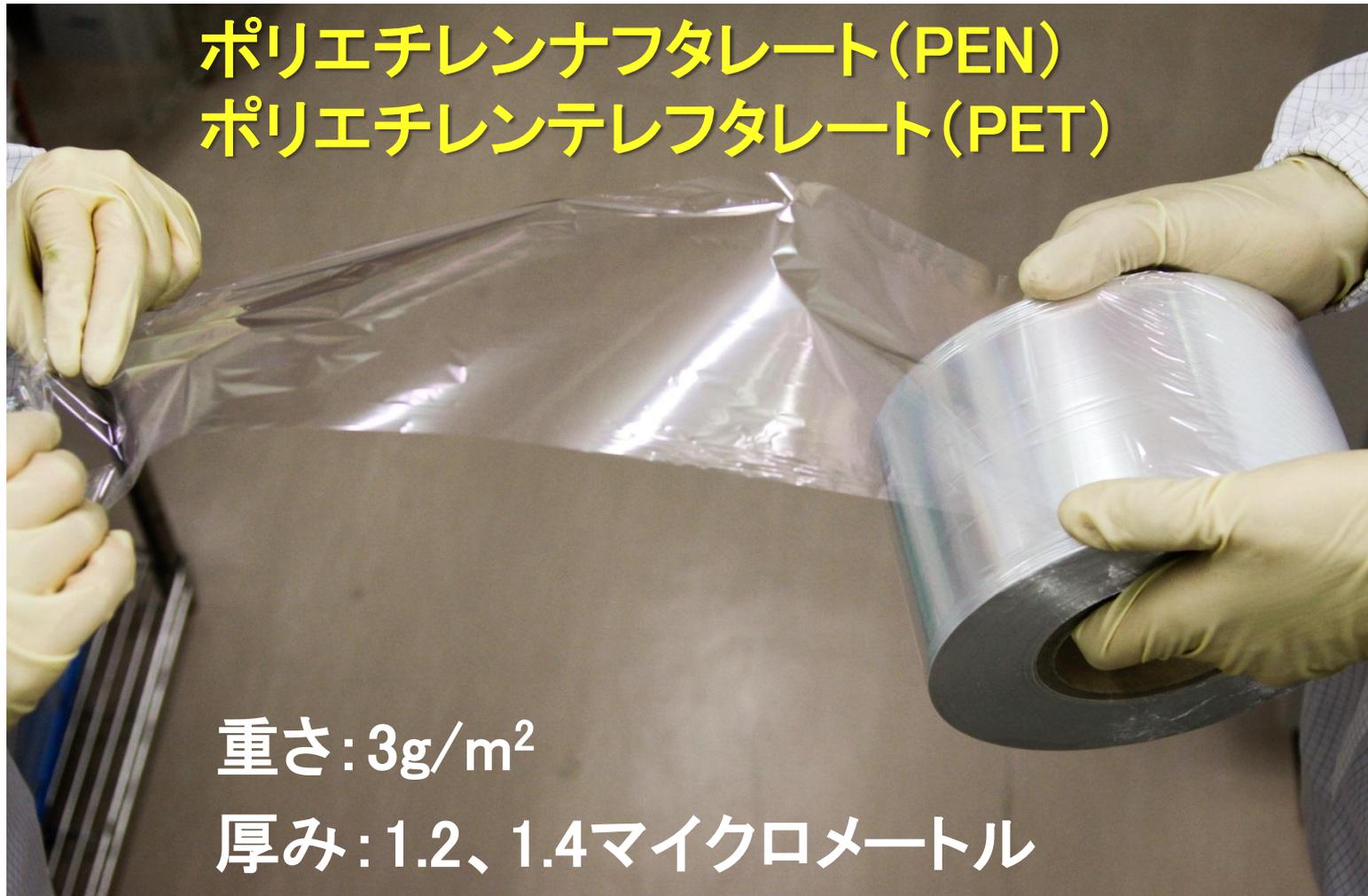
# 世界最軽量、世界最薄の 柔らかい電子回路



最軽量 (3 g/m<sup>2</sup>)

最薄 (2マイクロメートル)

# 極薄膜の高分子基材

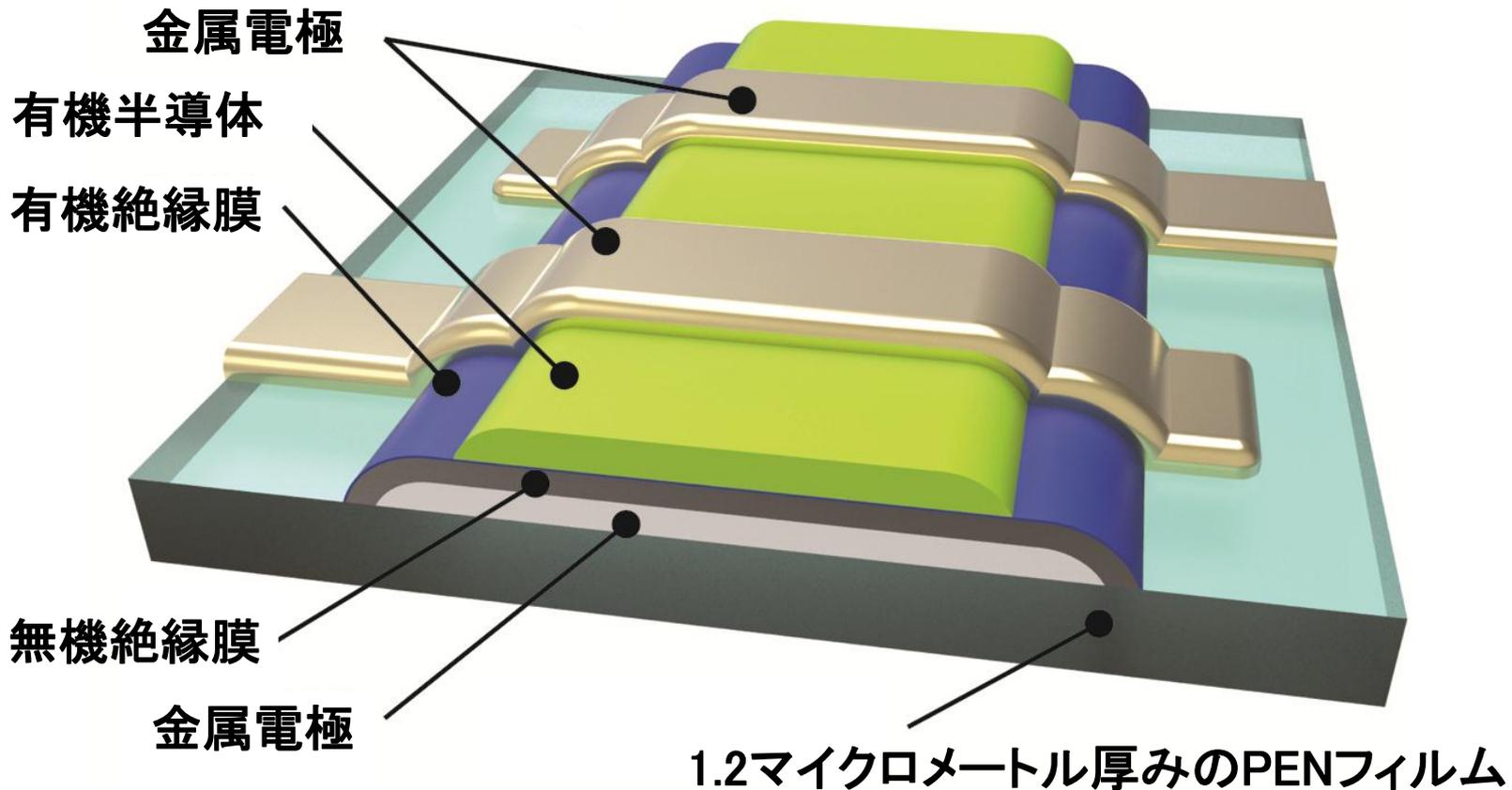


普通紙(厚み: 130マイクロメートル、 $80\text{g}/\text{m}^2$ )の1/27の重さ

# 低温作製できる“有機トランジスタ”

電子回路の基本要素は、“電子のスイッチである”トランジスタ。通常シリコン・トランジスタは500度以上の温度が製造に必要。

有機トランジスタは100°C以下の低温プロセスで作製可能  
→様々な高分子フィルムの上に製造できる

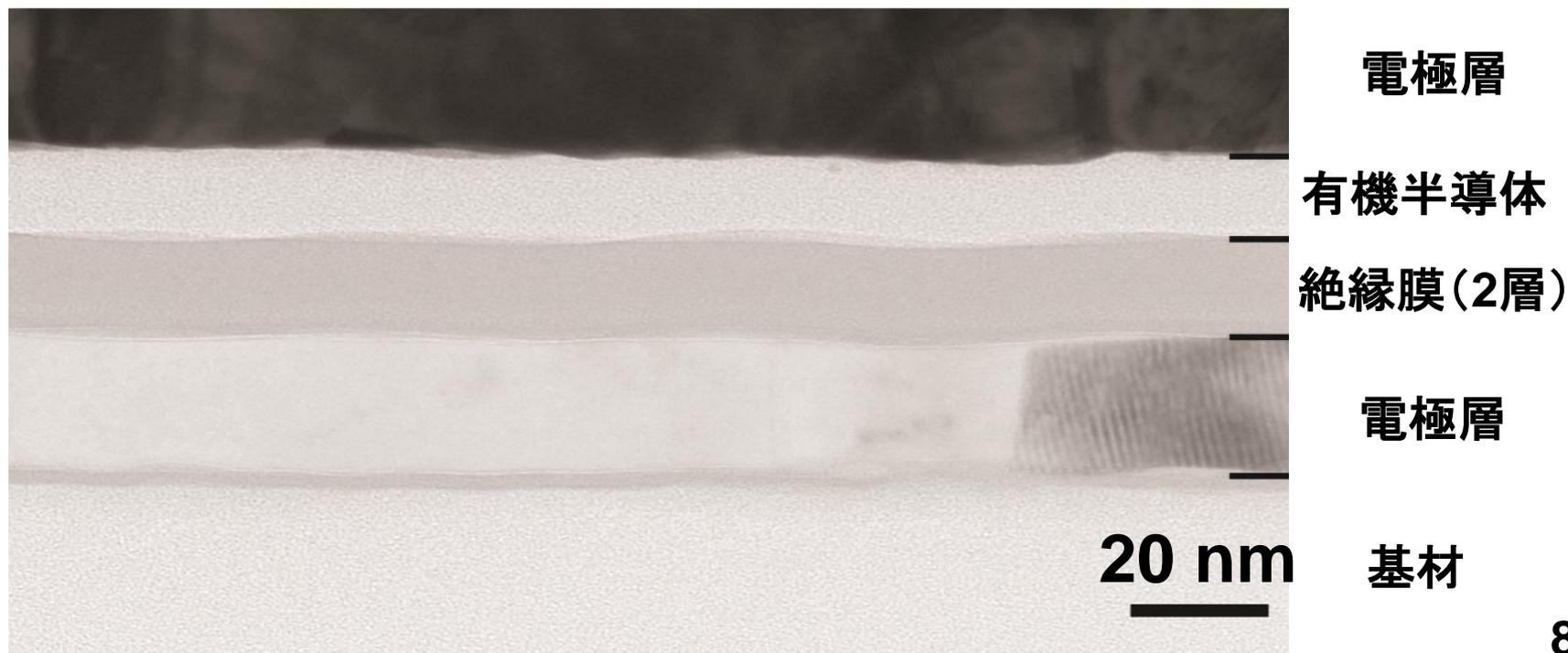


# 決め手は21ナノメートル厚の絶縁膜

## 2層の絶縁膜の構成

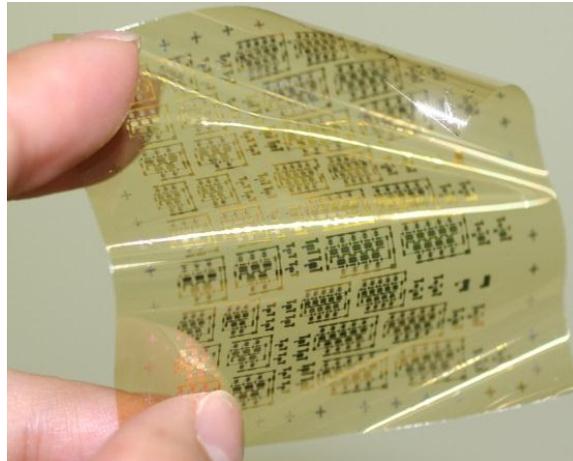
- 無機絶縁膜 厚さ19nm (アルミニウム酸化膜)
- 有機絶縁膜 厚さ2nm (自己組織化単分子膜、SAM)

プラズマのような高エネルギーのプロセスの利用を最小限にとどめ、主として陽極酸化法を用いて低損失で酸化アルミニウムの絶縁膜を形成。

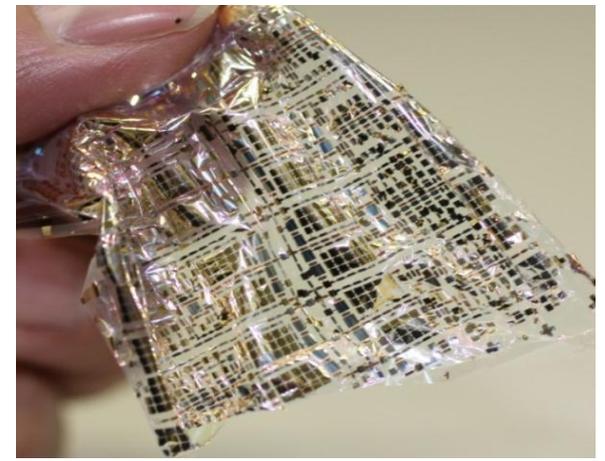


# 有機トランジスターの特性

	2010年の成果	今回の成果
厚み	25マイクロメートル	2マイクロメートル
移動度*	0.5 cm <sup>2</sup> /Vs	3 cm <sup>2</sup> /Vs
限界折り曲げ半径	100 マイクロメートル	5 マイクロメートル



Nature Materials誌



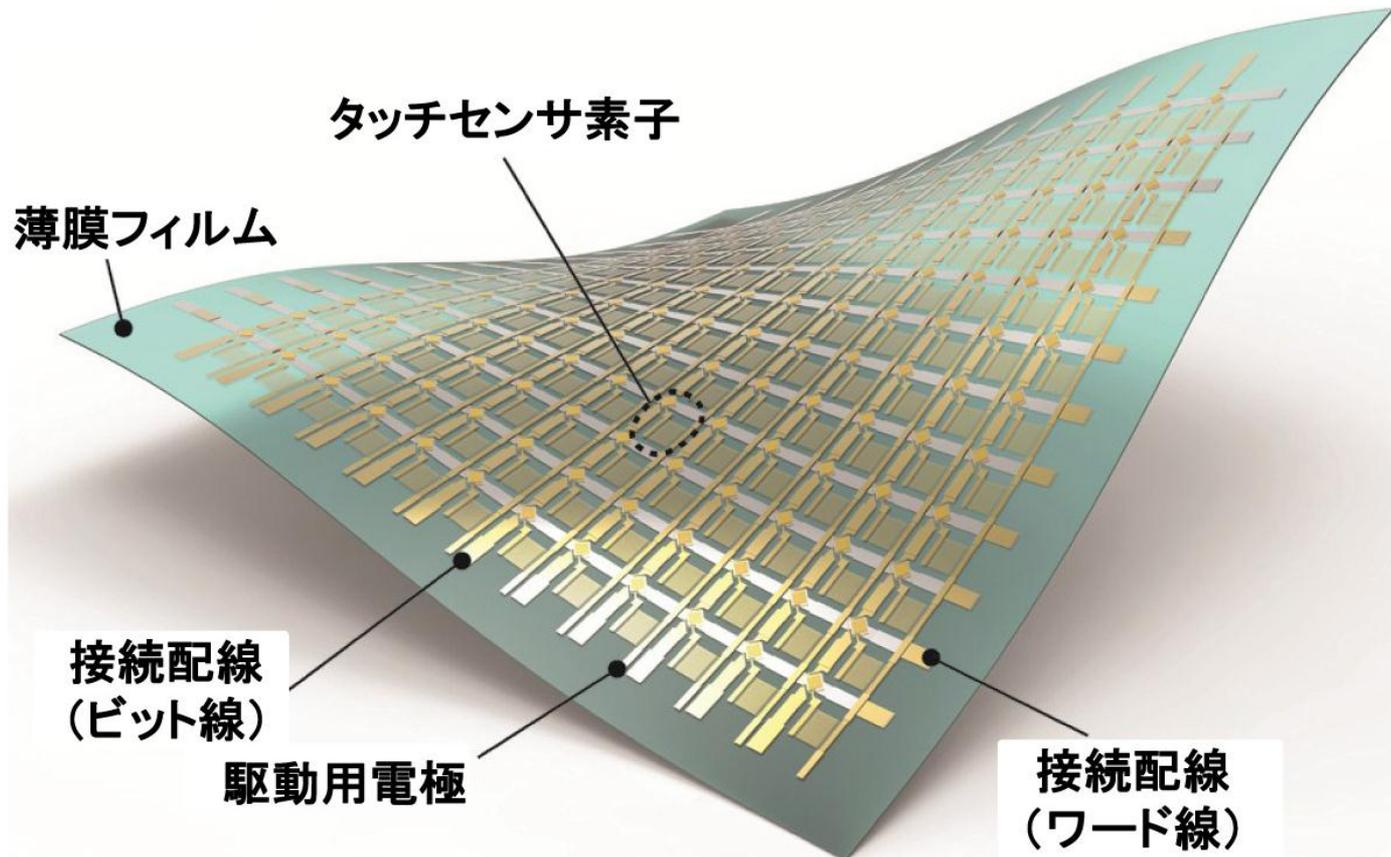
Nature 誌

電気性能と機械的特性(機械的柔軟性)を同時に改善  
→“柔らかさ”において世界記録を更新

\*移動度: 電場により、荷電粒子が移動するときの、移動のしやすさを示す値、トランジスターの性能指標の一つ

# 電子回路の応用例：柔らかいタッチセンサー

すべてのトランジスタ、配線を一枚の薄膜フィルムに作製



## 仕様

厚み：2マイクロメートル

センサー数：12×12(144個)

センサーピッチ：4 mm

実効センサー面積：48×48 mm<sup>2</sup>

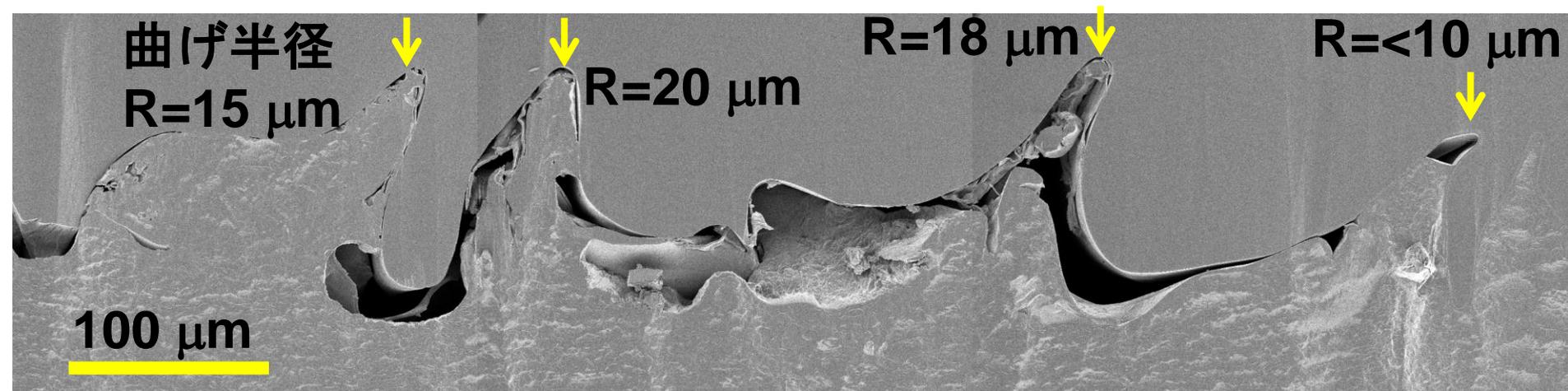
# 驚異的な頑強性1: 曲げ特性

くしゃくしゃにしても大丈夫!



折り曲げ半径～5マイクロメートル

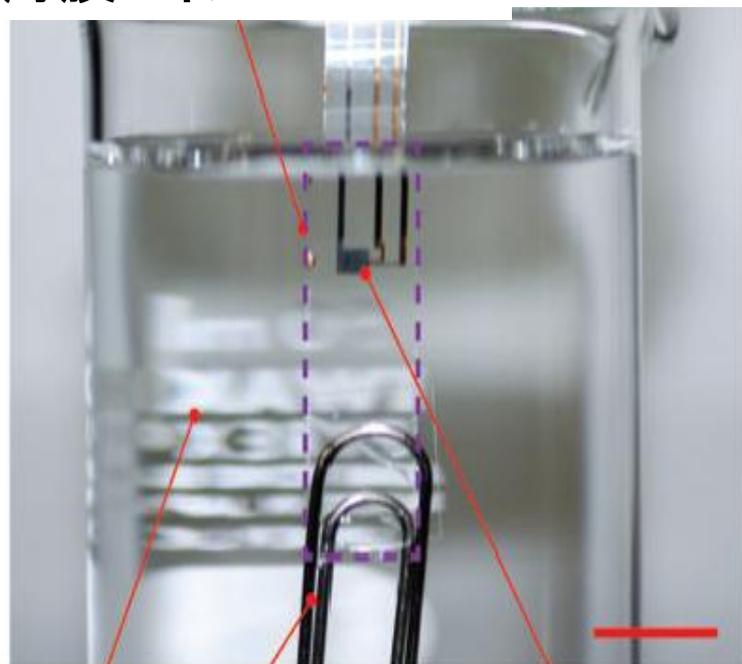
# くしゃくしゃに丸められた電子回路



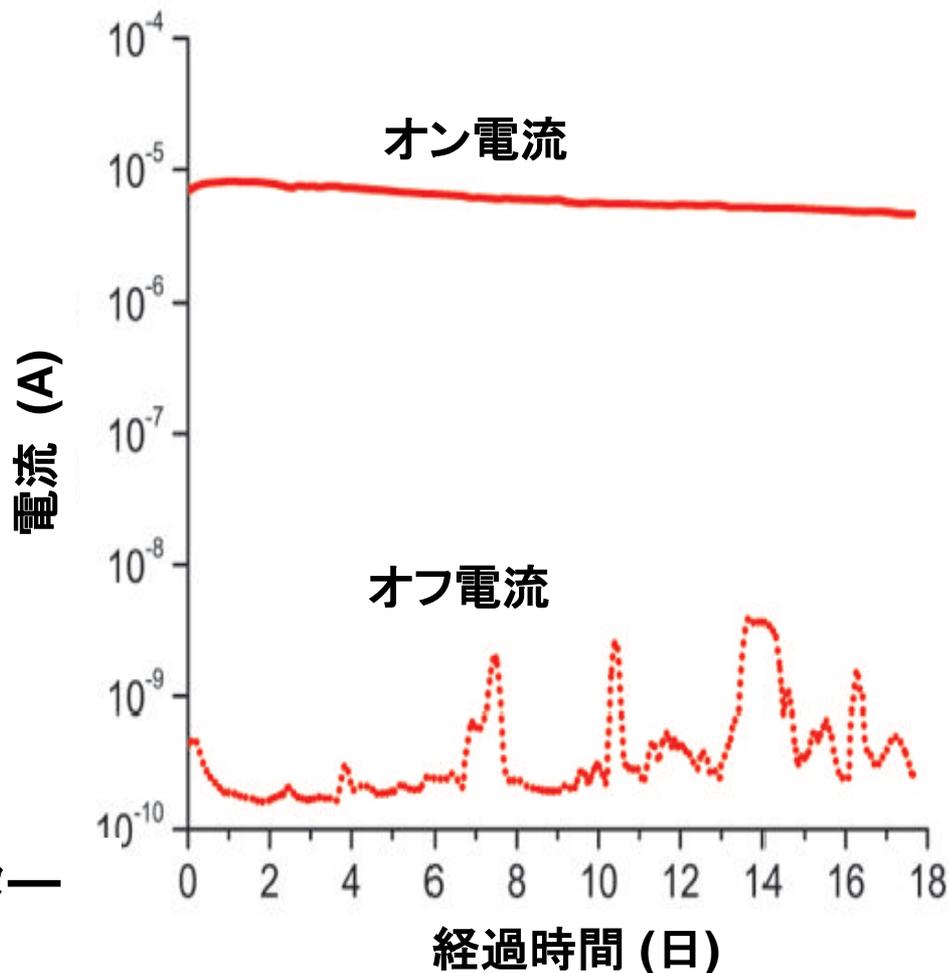
断面の電子顕微鏡写真

# 驚異的な頑強性2: 生理食塩水環境

薄膜フィルム

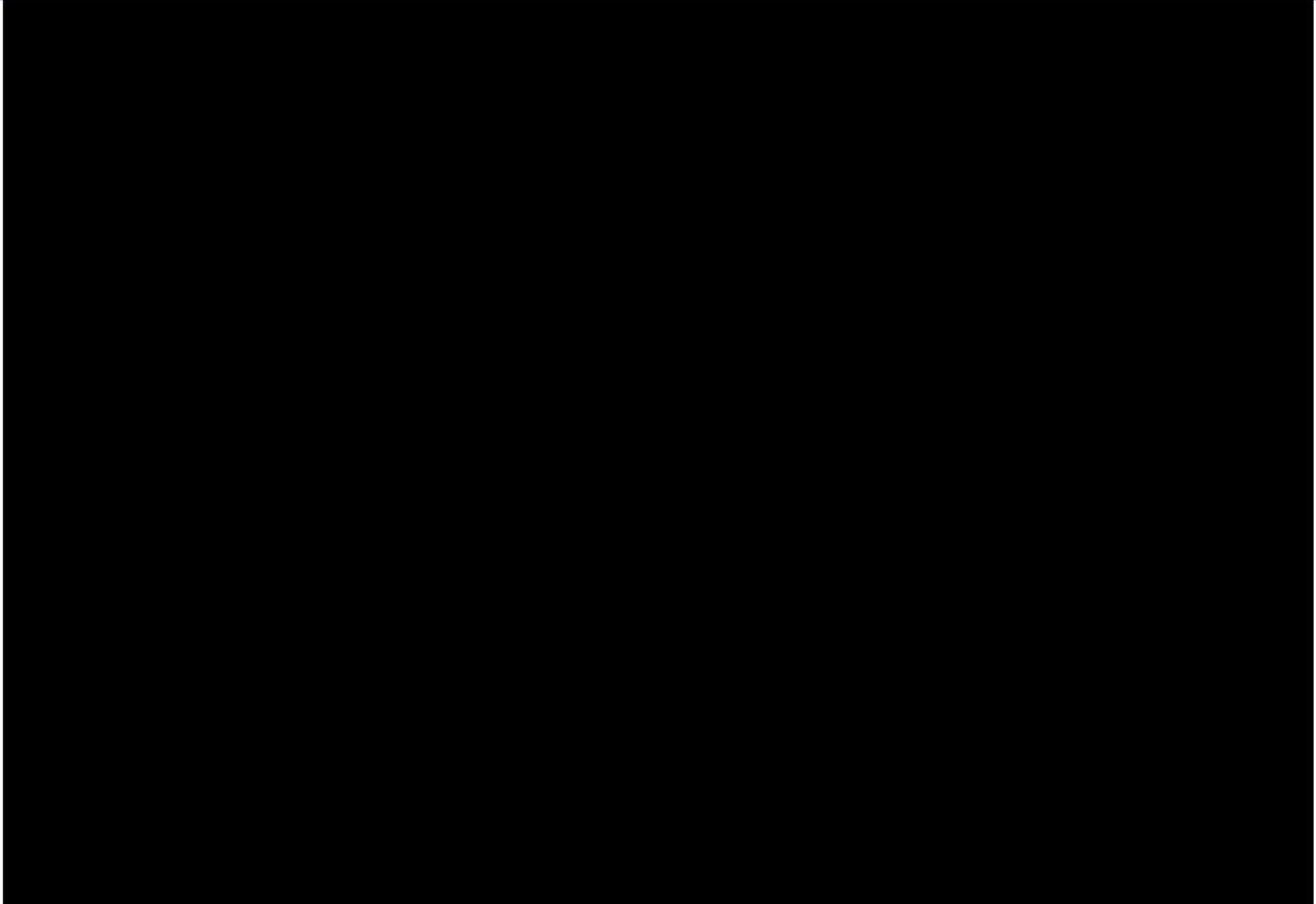


生理食塩水 おもり トランジスタ



2週間以上安定に動作

# 驚異的な頑強性3:伸縮自在



200回以上の伸縮試験を行っても、電気性能に変化なし

---

# 研究の背景・意義・展望

# 最薄・最軽量の電子回路が拓く 「装着感のない生体センサー」



用途  
医療IT  
福祉機器  
デジタル・  
ヘルスケア

計測  
筋電  
心電  
体温  
心拍数  
血圧など

シーン  
日常生活  
運動中  
病院など

最軽量 (3 g/m<sup>2</sup>)  
最薄 (2マイクロメートル)

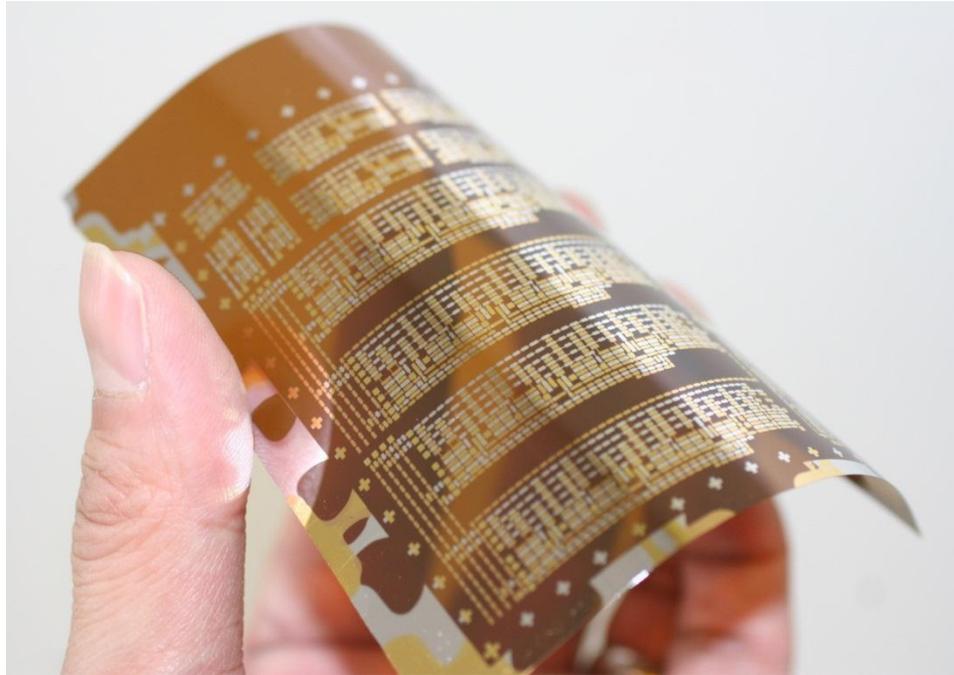
# 少子高齢化時代の医療IT

- 少子高齢化時代の本格的な到来
- 健康・医療分野においては、急速にIT化が進行
  - 1. 家庭：心拍数や体重などを計測するヘルスケア機器と病院がネットで接続
  - 2. 病院：内視鏡の小型化が進むなど医療検査用エレクトロニクス機器の侵襲度や患者への負担が低減
- 健康・医療分野でエレクトロニクスの重要性が増加
- 「医療機器・医療 ICT 製品・ウェルネス機器市場」は2015年まで継続して年120%以上の成長予測（JEITA）。

# 有機トランジスターへの期待

## 有機トランジスター

柔らかい電子のスイッチ。生体と整合性の良い高分子フィルムの上に容易に製造できる。

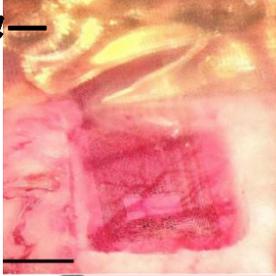


## 最近期待が高まる応用分野

- 装着感のないウェアラブル健康センサー
- 柔らかいペースメーカーなど体内埋め込み型デバイス

# 柔らかいエレクトロニクスの研究動向

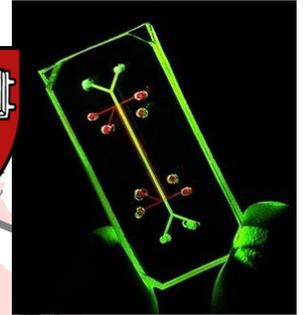
プロバンス・マイクロ・エレクトロニクスセンター



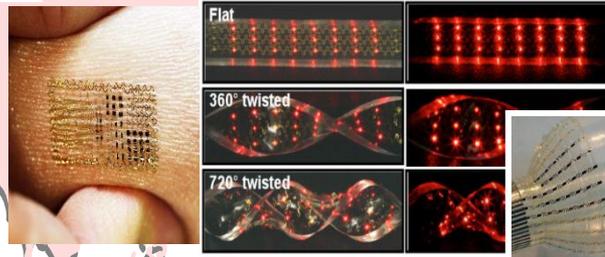
イリノイ大学



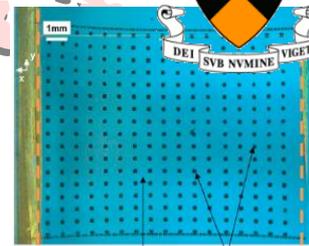
ハーバード大学



ケンブリッジ大学



MIT



プリンストン大学

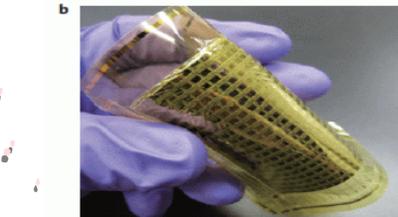


IMEC



PHILIPS

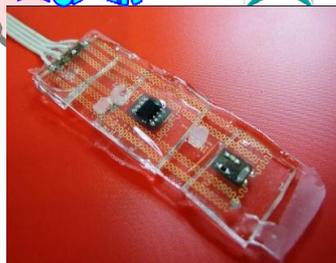
欧州連合プロジェクト



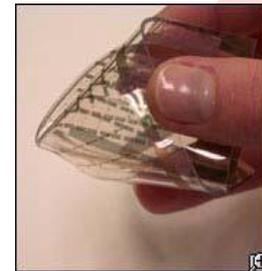
UCバークレー校



NOKIA



スタンフォード大学



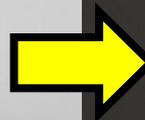
NASA

# ロボットスキン (2003年)



厚み: 1/1000

厚み: 2 mm



厚み: 2 マイクロメートル

# 今回の成果 (2013年)

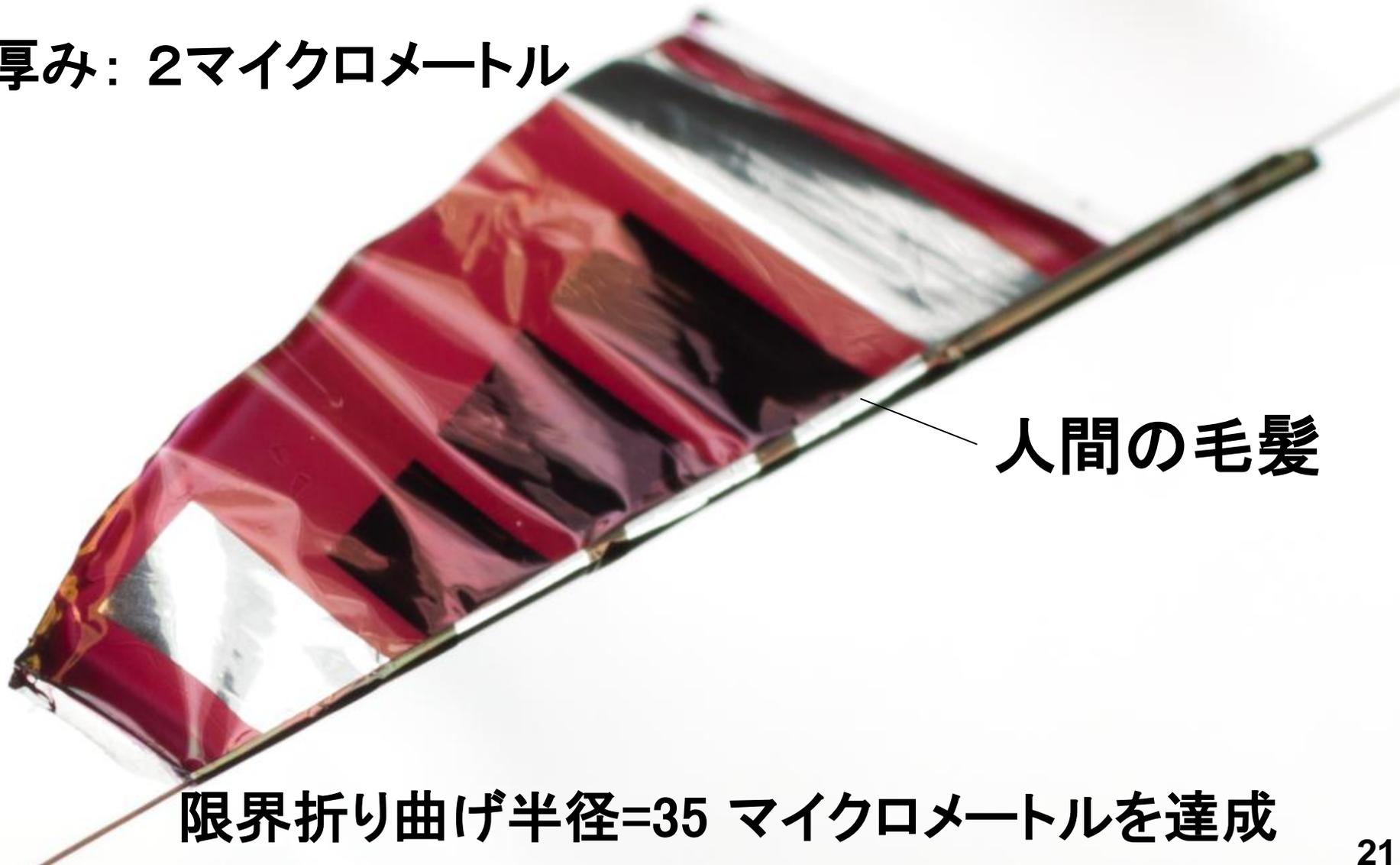


- T. Someya et al., IEDM #8.4, 203 (2003).
- T. Someya et al., PNAS 101, 9966 (2004).
- T. Someya et al., PNAS 102, 12321 (2005).

# 世界最薄、最軽量の有機太陽電池

M. Kaltenbrunner et al., Nature Communications 3, 770 (2012).

厚み: 2マイクロメートル



人間の毛髪

限界折り曲げ半径=35 マイクロメートルを達成

# 超薄型タッチセンサの実用化への課題

1. 蒸れない、かぶれないなど  
生体への快適性の向上
2. 動きや温度のある生体環境での  
信頼性・安定性の向上
3. システム構築の周辺技術  
例：電力供給技術、無線通信技術

# 論文発表と報道解禁日のお願い

研究成果は、英国Nature誌にて2013年7月25日に出版されます。  
報道解禁日は、2013年7月24日18:00(London time)となります。

## タイトル

“ An ultra-lightweight design for imperceptible plastic electronics”

## 著者

Martin Kaltenbrunner, Tsuyoshi Sekitani, Jonathan Reeder, Tomoyuki Yokota, Kazunori Kuribara, Takeyoshi Tokuhara, Michael Drack, Reinhard Schwödianer, Ingrid Graz, Simona Bauer-Gogonea, Siegfried Bauer, and Takao Someya

追記: 本研究成果は、オーストリア・ヨハネスケプラー大学との共同研究です。

# 研究助成

本研究は、以下の研究成果です。

独立行政法人科学技術振興機構(JST)  
戦略的創造研究推進事業(ERATO)

研究領域名

「染谷生体調和エレクトロニクスプロジェクト」

# まとめ

- 世界で最軽量 ( $3 \text{ g/m}^2$ ) かつ最薄 (2マイクロメートル) の柔らかい電子回路の開発に成功しました。
- マイクロメートル級の高分子フィルムに、厚さ19ナノメートルという極薄の絶縁膜を均一かつ密着性高く形成する手法を確立しました。
- “存在感のない”フィルム状のセンサーシステムが実現されたことにより、装着感のないヘルスケアセンサーへの応用などが期待されます。

# 本件に関する問い合わせ先

**染谷隆夫**

**東京大学大学院工学系研究科**

**電気系工学専攻 教授**

**TEL 03-5841-0411, 6756**

**FAX 03-5841-6709**

**someya@ee.t.u-tokyo.ac.jp**

**関谷毅**

**東京大学大学院工学系研究科**

**電気系工学専攻 准教授**

**TEL 03-5841-0413**

**FAX 03-5841-6709**

**sekitani@ee.t.u-tokyo.ac.jp**

# 実物のご紹介

## Q&A



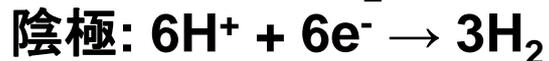
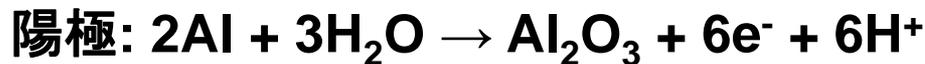
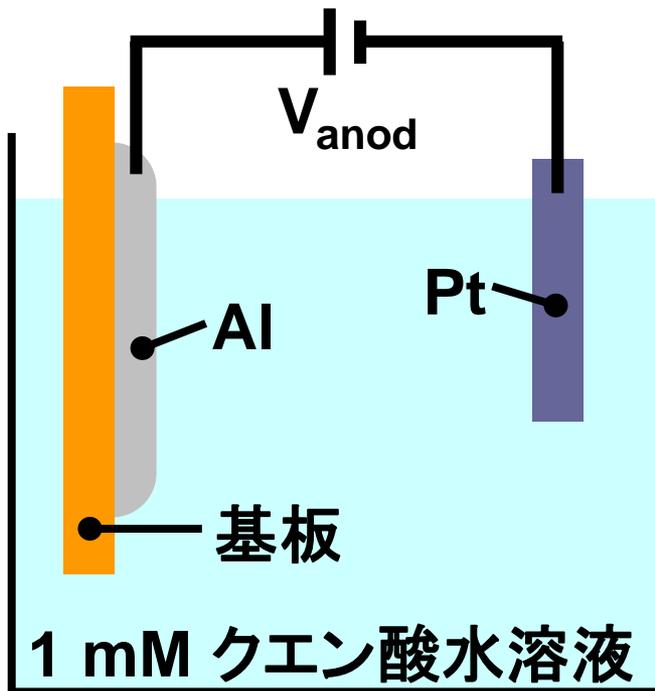
---

# 參考資料

# アルミ酸化膜の作製手法

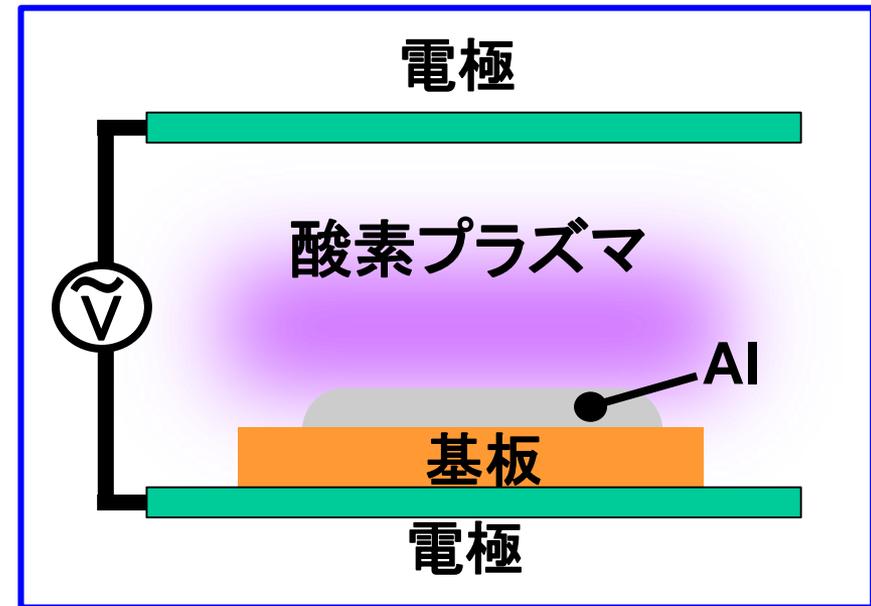
本研究は、プラズマのような高エネルギーのプロセスの利用を最小限にとどめ、主として陽極酸化法を用いて従来の問題を解決。

## 陽極酸化法



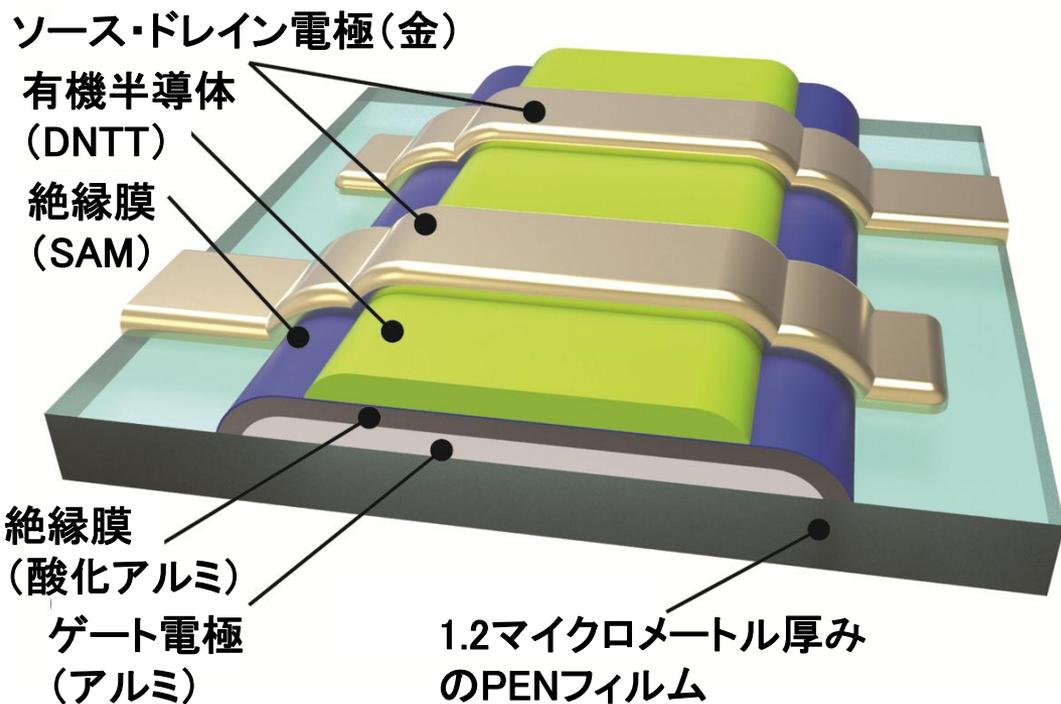
利点: 低ダメージ

## プラズマ酸化法

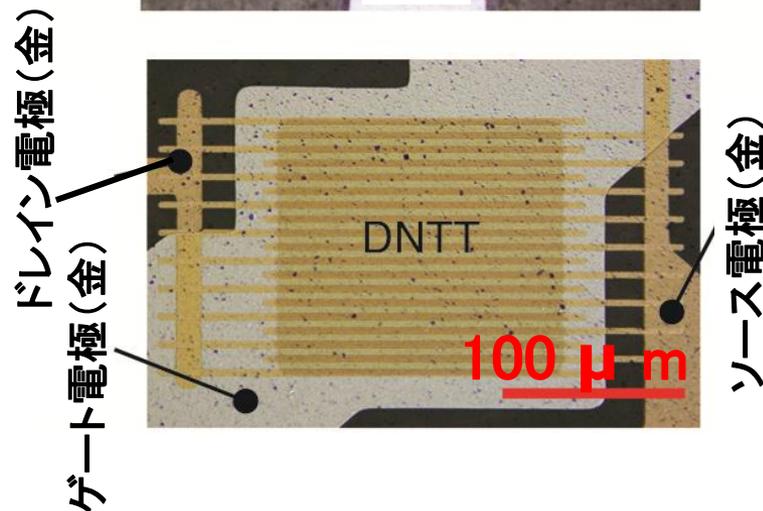
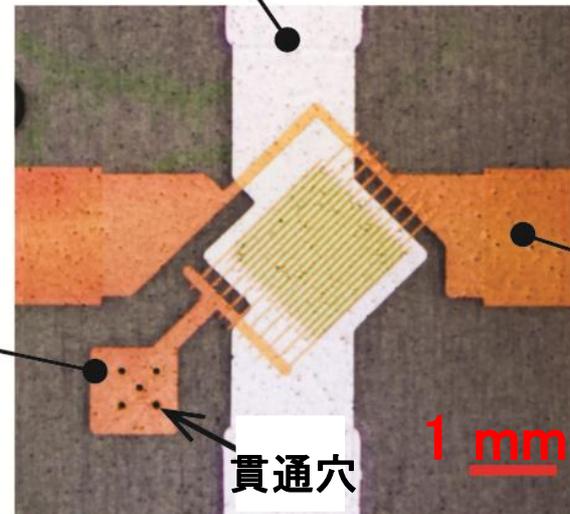


利点: プロセスが容易

# 低温作製できる“有機トランジスタ”



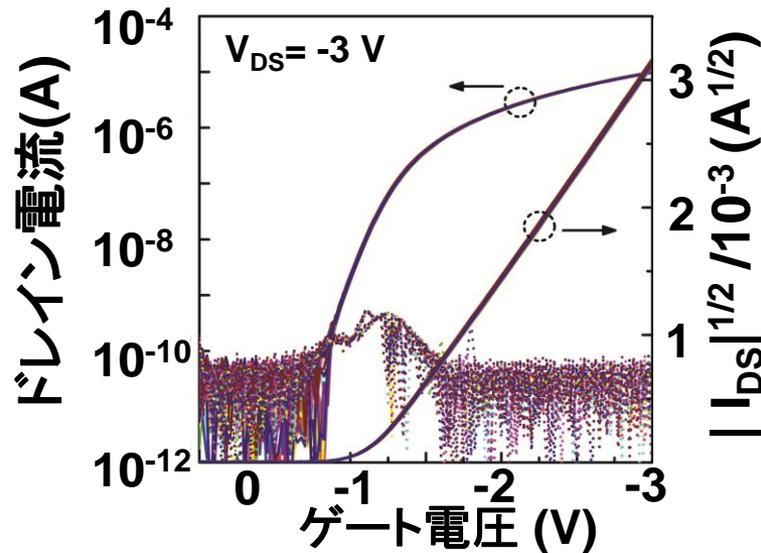
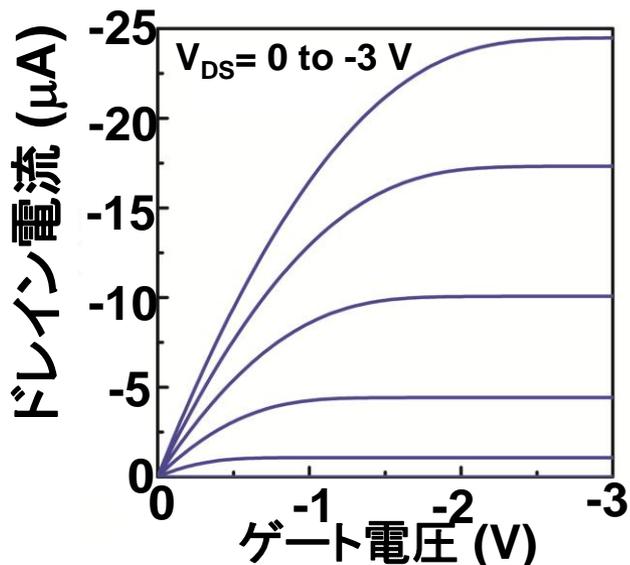
ゲート電極をつなぐ配線(アルミ)



100°C以下の低温プロセスで作製可能

→様々な基材を用いることができる

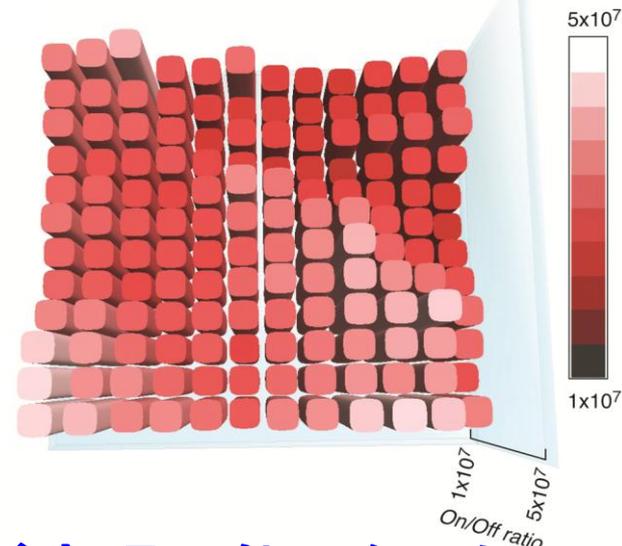
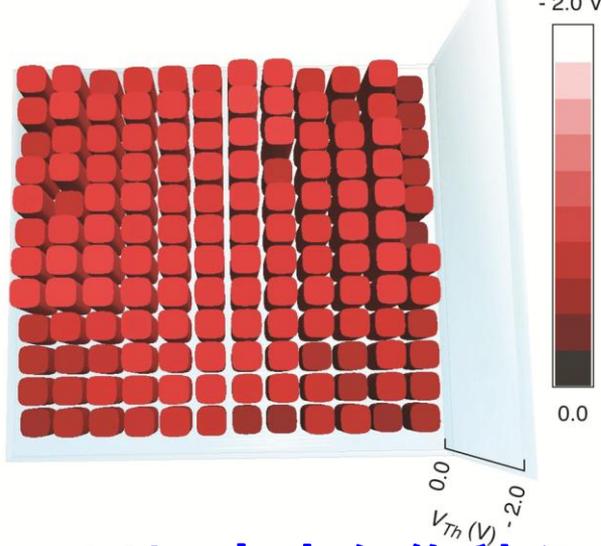
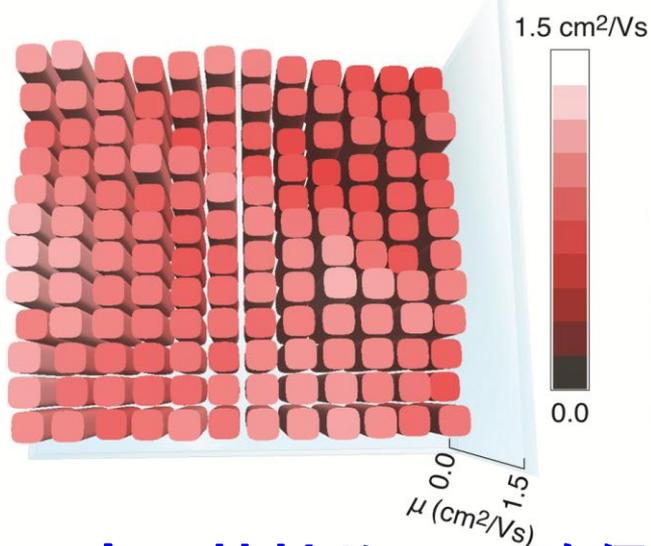
# 電氣的性能における高い均一性



移動度:  $> 1.0 \text{ cm}^2/\text{Vs}$

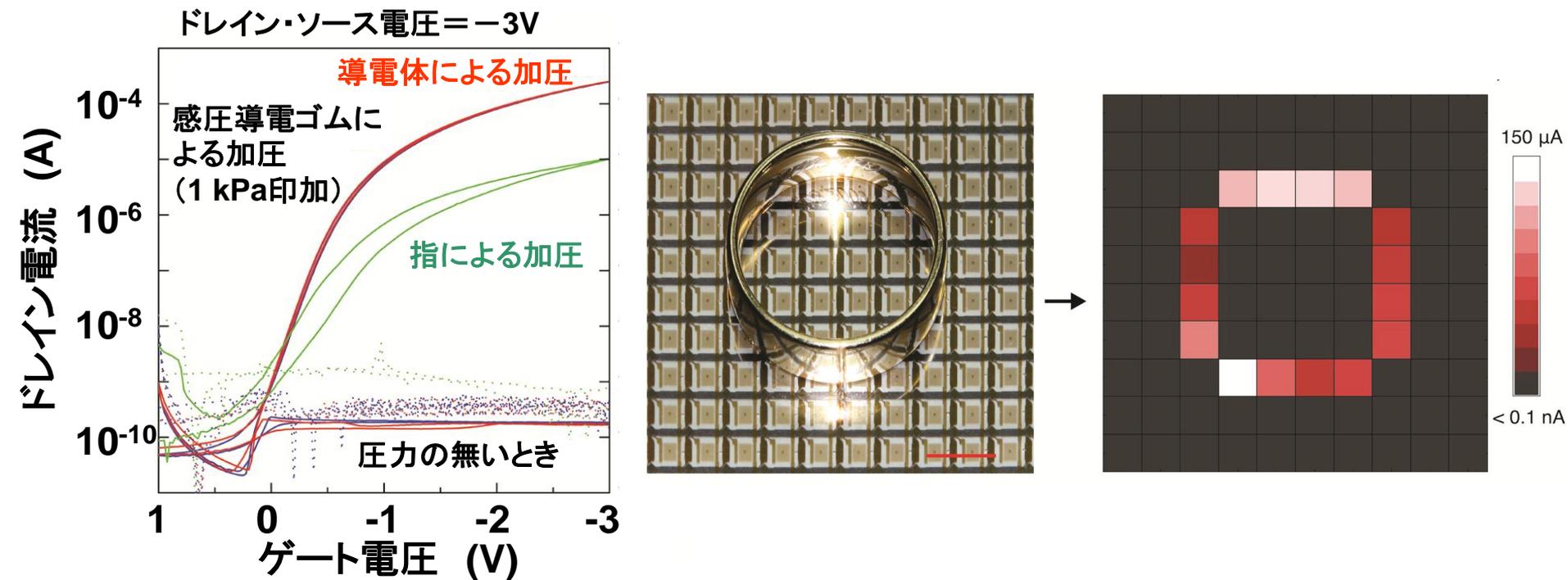
閾値電圧:  $-0.8 \text{ V}$

ON/OFF比:  $> 10^7$



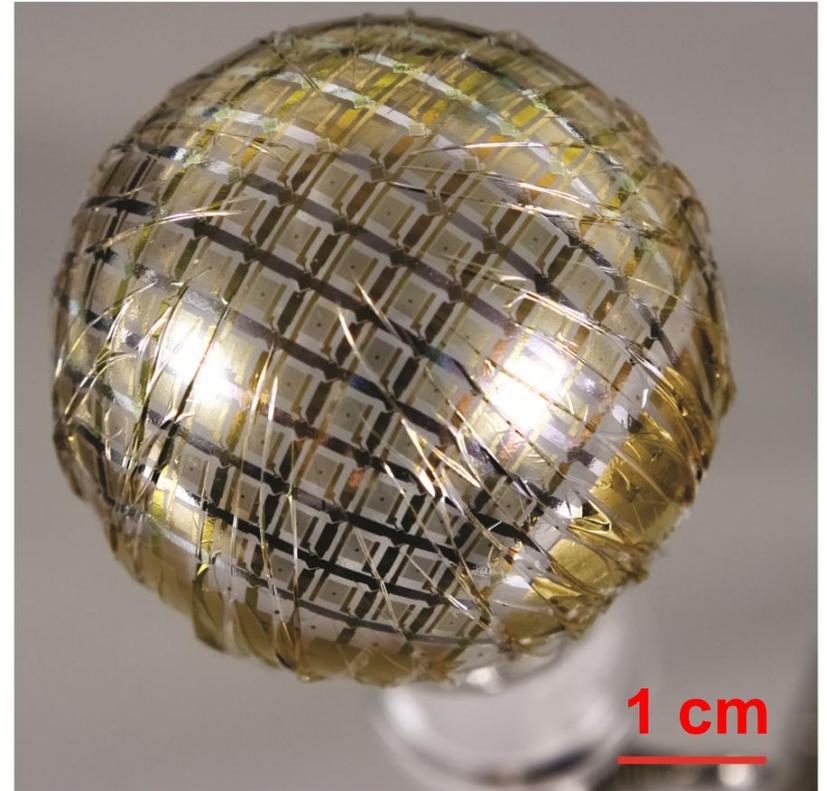
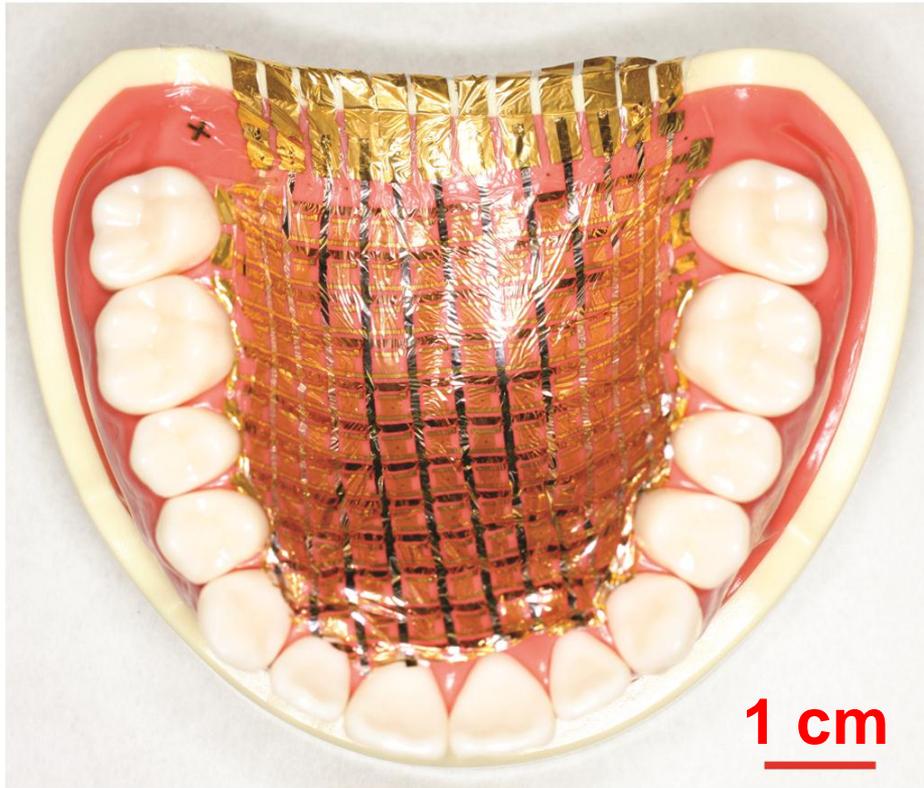
高い特性均一の確保により、高度な集積化が実現可能になった 31

# タッチセンサーシステム



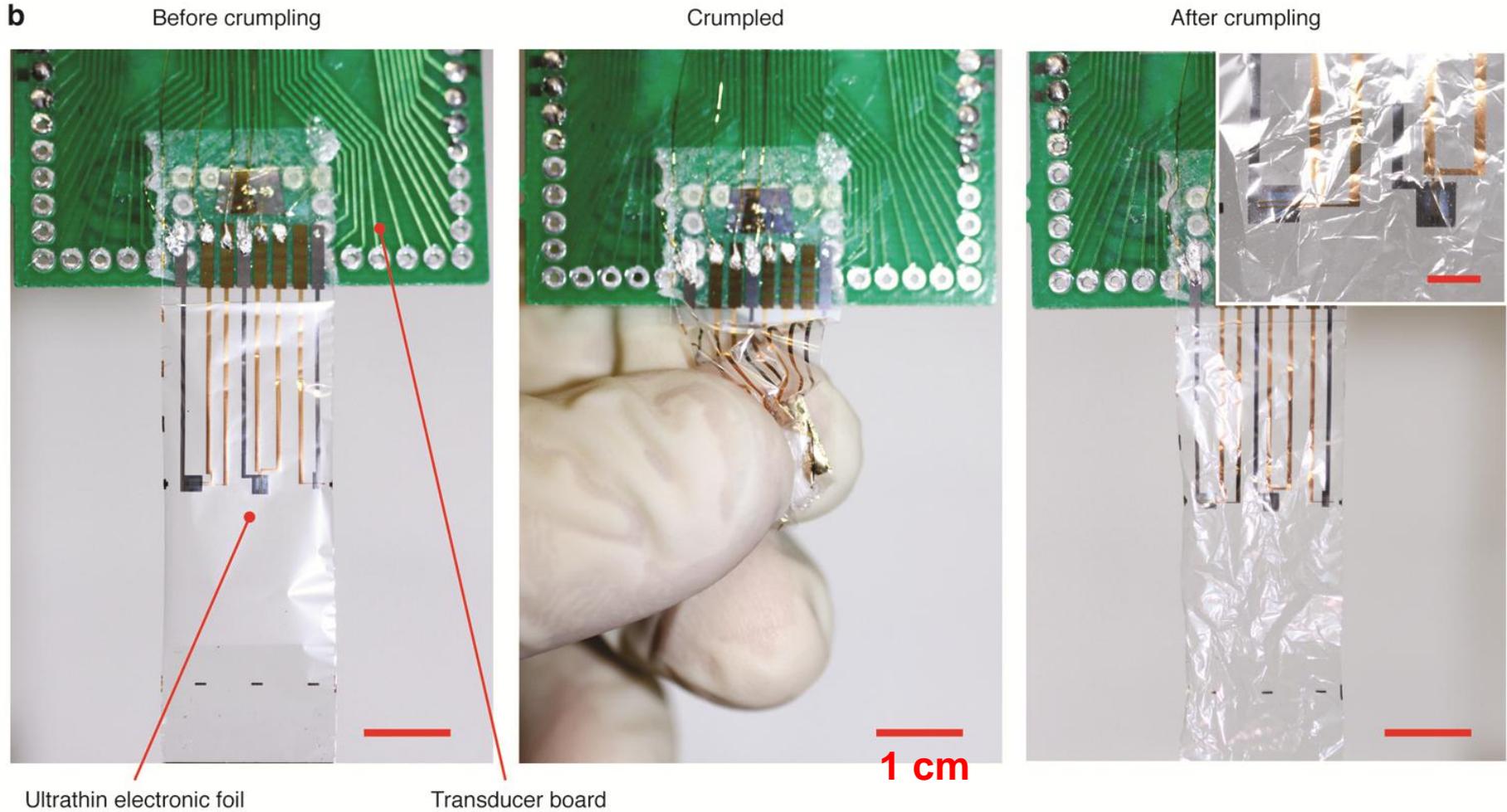
2マイクロメートルの圧力センサーシートで、  
微弱な圧力変化を検出可能

# 存在感なく装着し、生体情報を検出

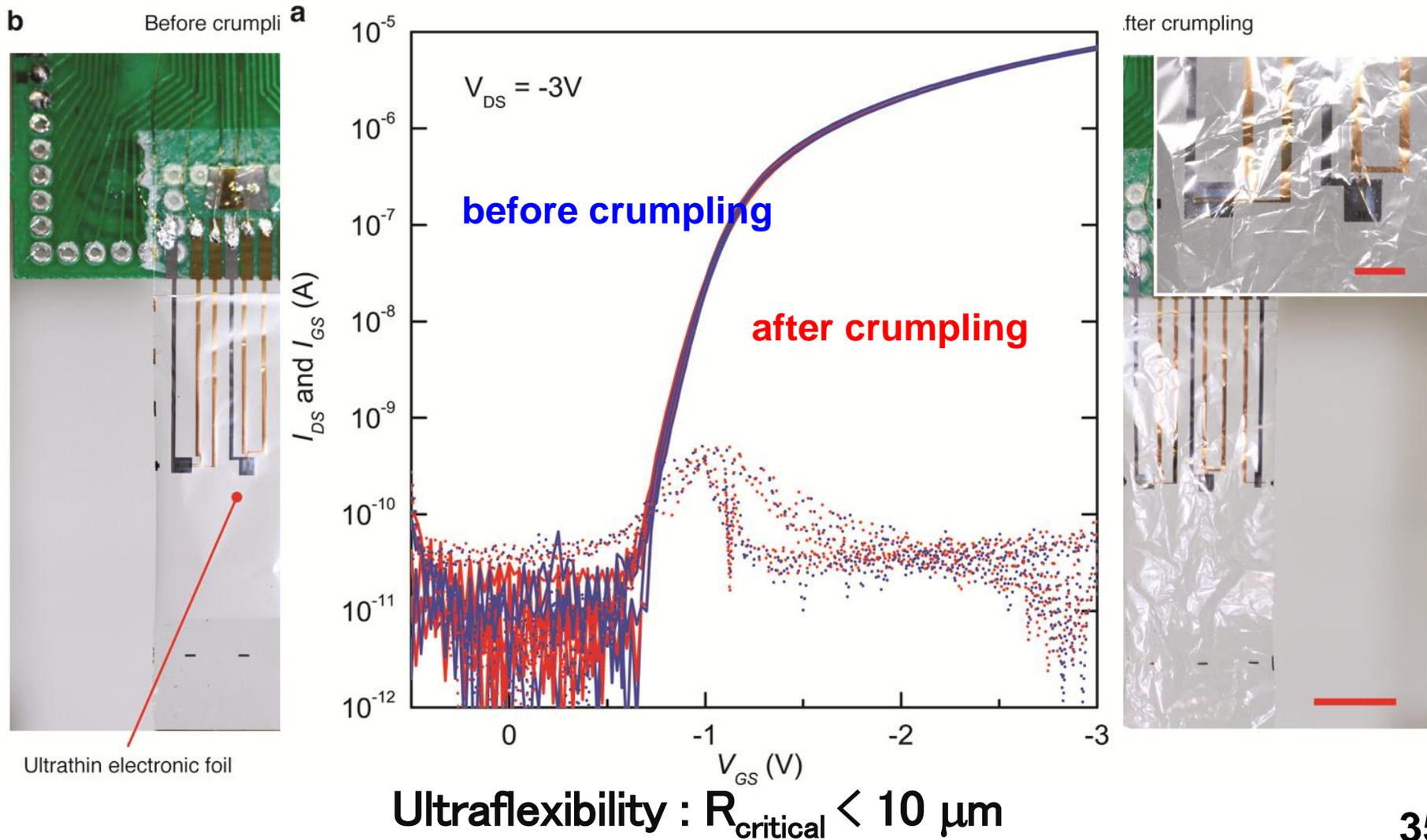


あらゆる自由形状へ展開可能

# 驚異的な頑強性：くしゃくしゃに丸める

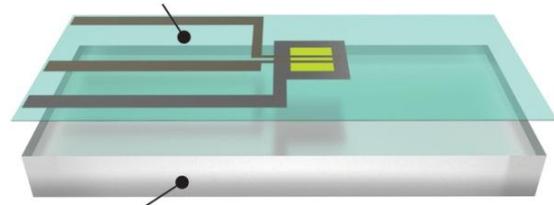


# 驚異的な頑強性：くしゃくしゃに丸める

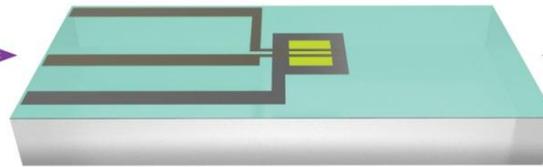


# 伸縮自在のトランジスター回路：作製方法

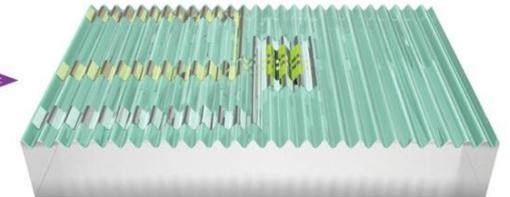
1マイクロメートル級の高分子フィルムに  
作製した有機トランジスター



張り合わせて固定

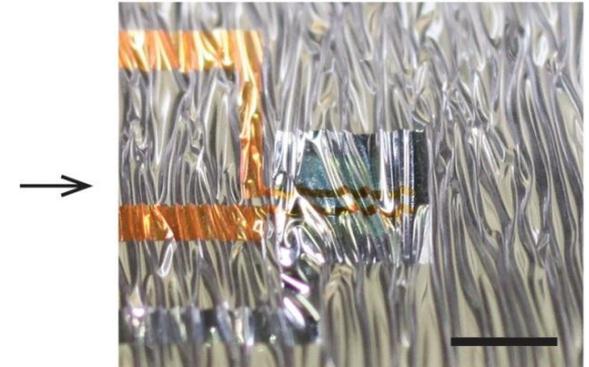
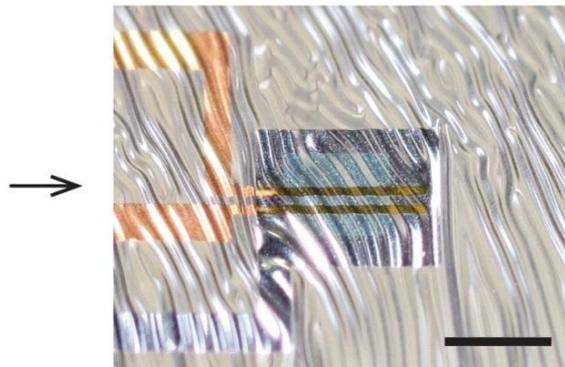
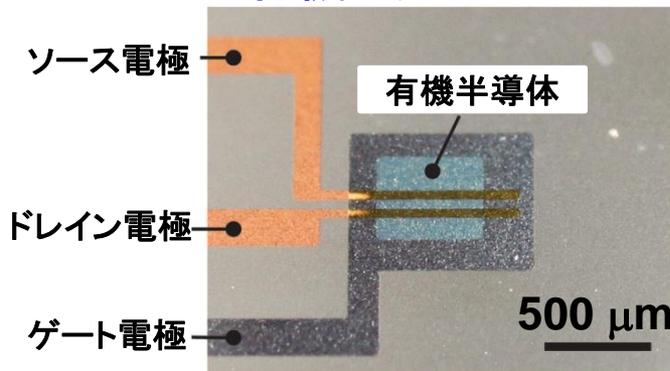


伸長歪を解放することで波  
型形状の有機トランジスタを  
作製



あらかじめ伸長歪をかけた  
ゴム基材

有機トランジスター



アコーディオンのように“波型形状”を変化させることで、伸縮性を実現