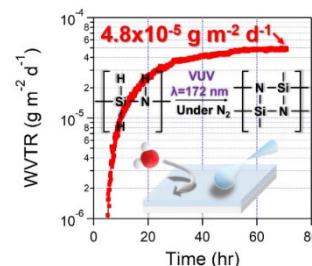


令和5年（2023年）3月9日

ガラス並みのウルトラ・ハイバリア／ 印刷で水蒸気バリアの世界最高性能を達成



【本件のポイント】

- 印刷・塗工プロセス+光照射により高いバリア性能を達成（世界最高性能）
- 低コスト化・低炭素化でメリットがあり、デバイスだけでなく広い産業で応用が期待される
- 本研究は2件の受賞や論文カバーにも選出され、JST新技術説明会やJST Newsでも紹介されている

印刷や塗工が可能なウルトラ・ハイバリアを開発した。従来、高いバリア性能を達成するには真空成膜法が用いられており、生産性が悪く高価であった。本研究ではインクを印刷・塗工し、紫外線の一種（VUV光：波長172nm）を照射することで緻密な無機膜を形成し高いバリア性能を達成した。得られたバリア性能はこれまで知られているウェットコートによるバリアの100倍程度の性能向上であり、ウェットコートによるバリアの世界最高性能である。これらの成果の論文掲載（カバーにも選出）ならびに特許出願が完了した。本技術は低コスト化に加え、低炭素化にも寄与できる。バリア技術は幅広く応用可能であり、OLEDやセンサ、太陽電池、リチウム二次電池のようなデバイスだけでなく、包装分野等にも展開を進める予定である。2件の受賞や論文カバー選出に加え、JST新技術説明会やJST newsでも紹介されている

【研究内容】

バリア技術は広く産業に用いられている。その多くが水蒸気もしくは酸素に対するバリア技術である。水蒸気バリア技術は各種デバイス（OLED、トランジスタ、センサ、太陽電池等）に用いられており、パッシベーション膜とも呼ばれている。一方で、酸素バリア技術は食品や工業製品、医療品等の包装用途として用いられている。一般的に高いバリア性能は真空成膜法（スパッタ法、CVD法等）で製造されてきた。真空成膜法で得られるバリアは、その手法や構造にも依存するが、水蒸気・酸素を透過しないガラス並のバリア性能（水蒸気透過率 $<10^{-5}$ g/m²/day）の達成が可能である一方、スループットが悪く高価である。一方で低コスト化が可能な印刷・塗工によるバリア性能は低い（水蒸気透過率 $=2\times 10^{-3}$ g/m²/day）という課題があった。

山形大学硯里研究室では、印刷や塗工が可能なウルトラ・ハイバリア技術の研究を独自に行ってきた。溶解可能な前駆体をウェットコートし、室温・真空紫外光（VUV光：波長172nm）を照射することで緻密な無機膜を得る手法である。前駆体としてSi-Nを主鎖としたポリシラザン（PHPS）を用い、窒素下・室温でVUV光照射を行うことで緻密なSiN膜を得ることに成功していた。今回、本反応を利用したバリア構造では、ウェットプロセスとしては世界最高のバリア性能（水蒸気透過率 $=5\times 10^{-5}$ g/m²/day）を達成した。このバリア性能はこれまでの性能を2桁更新するもので真空成膜に迫る性能である。また光学的に透明であること、屈曲性があることに加え、印刷・塗工プロセスであることから低コスト化・低炭素化が可能であることも大きなメリットである。

論文掲載：Advanced Materials Interfaces, 2022, 2201517、特許出願：特願2022-148356号

【今後の展望】

本技術は、印刷・塗工によるハイスループット・低価格化だけでなく、印刷プロセスにより必要な部分のみにパターンニングできる。「欲しい場所に欲しいバリア」の実現を目指し、インクジェットプロセスによるバリア膜研究も進めている。更に真空装置を必要としないという観点から低炭素にも大きく寄与できる技術である。本研究は特に水蒸気バリア性能の向上を目指したものであるが、酸素バリア性能にも効果を発揮すると考えており、長期的には食品包装や医療用包装などの包装分野にも貢献していきたい。

※用語解説

1. 水蒸気透過率（度）：単位面積（m²）、単位時間（day）あたりの透過する水蒸気量（g）で評価する指標値が小さいほど、高い水蒸気バリア性能を示す
2. 真空紫外光：波長が10～200nmの紫外光のことを特に真空紫外光（VUV：Vacuum Ultra Violet）と呼ぶ

【受賞】

1. 応用物理学会 第83回応用物理学会秋季学術講演会 講演奨励賞を受賞（D3 佐々木樹）
2. 国際会議IDW'22にてBest Paper Awardを受賞（佐々木樹、孫麗娜、黒澤優、高橋辰弘、硯里善幸）

【掲載・発表】

1. 国立研究開発法人科学技術振興機構（略称 JST） JST news 2023 年 2 月号に掲載
2. JST 新技術説明会発表 Youtube 動画：<https://youtu.be/5EGp6r6NgAA>
3. JST 中国ポータルサイト「客観日本」掲載
https://www.keguanjp.com/kgjp_keji/kgjp_kj_newtech/pt20230301000004.html

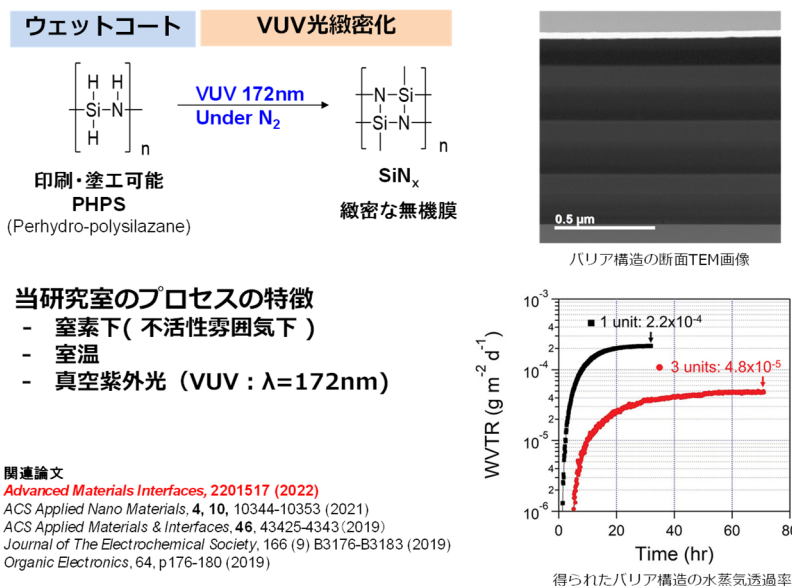
【謝辞】本研究の一部はJST A-STEP、COI、OPERAプログラム、JSPS科研費基盤Cの支援を受けたものである。

JST A-STEP (グラント No. JPMJTR21T8)、JST COI プログラム (グラント No. JPMJCE1312)、JST OPERA プログラム (グラント No. JPMJOP1844)、JSPS 科研費 基盤 C (グラント No. 20K05640)

★詳細情報

・研究内容

硯里研究室のオリジナル研究（ウェットハイバリア）



・論文

Tatsuki Sasaki, Lina Sun, Yu Kurosawa, Tatsuhiro Takahashi, Yoshiyuki Suzuri*
“ Solution-Processed Gas Barriers with Glass-Like Ultrahigh Barrier Performance “
Adv. Mater. Interfaces 2022, 2201517 (8pp.)
DOI : 10.1002/admi.202201517

・特許 特願 2022-148356 号 出願人 国立大学法人 山形大学

・受賞

1. 応用物理学会 第 83 回応用物理学会秋季学術講演会 講演奨励賞 受賞 (D3 佐々木樹)
<https://www.jsap.or.jp/young-scientist-presentation-award/recipients53>
22p-B104-14 ガラス並みの高バリア性能を有する塗布型 PHPS バリア膜の開発
佐々木樹, 吉田 麗娜, 黒澤 優, 高橋 辰宏, 硯里 善幸 山形大院有機材料シス, 山形大 INOEL

2. 国際会議 IDW'22 (The 29th International Display Workshops、Fukuoka) Best Paper Award 受賞
<https://www.idw.or.jp/award.html>
[FLX5-4] “Solution-Processed Ultrahigh PHPS Gas Barriers with Glass-like Performance”
Tatsuki Sasaki, Lina Sun, Yu Kurosawa, Tatsuhiro Takahashi, Yoshiyuki Suzuri, Yamagata University (Japan)

・JST news 掲載

JSTnews 2023 年 2 月号 2023.02.01 発行 NEWS & TOPICS 欄 P.15
研究成果『水蒸気侵入をガラス並みに防ぐ薄膜』 山形大学 硯里善幸

配布先：学長定例記者会見

*JST news：国立研究開発法人科学技術振興機構（略称 JST）の広報誌

https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/backnumber/2022/202302/pdf/2023_2.pdf



・JST 新技術説明会

日時：2022年11月18日(金) 12:55～14:55（オンライン） 主催：科学技術振興機構

「印刷で作製できるガラス並みのウルトラ・ハイバリア」 硯里善幸

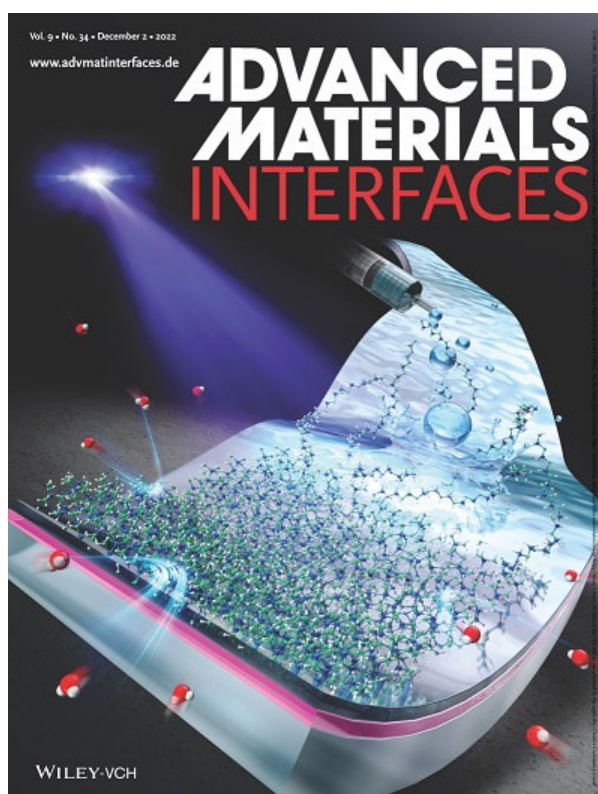
https://shingi.jst.go.jp/list/list_2022/2022_jst-2.html#20221118P-004

Youtube 動画：<https://youtu.be/5EGp6r6NgAA>

・論文 Cover 選出

掲載された論文において Inside Back Cover に選出（*Adv. Mater. Interfaces* 2022, 2201517 (8pp.)）

デザイン：<https://onlinelibrary.wiley.com/toc/21967350/2022/9/34>



お問い合わせ

学術研究院教授 硯里善幸（専門分野）有機エレクトロニクス、バリア構造

TEL 0238-29-0577 メール suzuri@yz.yamagata-u.ac.jp