

TECHNOLOGY OFFERS





窒化ホウ素ナノチューブ (BNNT) の新規製造方法 New Synthesis Method for Boron Nitride Nanotubes (BNNTs)

窒化ホウ素ナノチューブ耐熱セパレータと電池部材

Heat-Resistant Separator Made of Boron Nitride Nanotubes and Integrated Cathode/Separator/Anode for Light-Weight Batteries

ソフト電池

High Energy Density LIB Full Cells with Original CNT Sponge-Based S Cathode and Si Anode

CNT-PSS透明導電膜:簡易・柔軟・低抵抗・安定 CNT-PSS Transparent Conductive Film: Simple, Flexible, Highly Conductive, Stable

セルロースナノファイバー銀粒子エアロゲル異方性導電膜 Anisotropic Conductive Film of Ag-Cellulose Nanofiber Aerogel

高分子ナノシートを用いた電子デバイス Electronic devices composed of polymer nanosheets

異種接合材の純モード層間破壊靱性評価試験法の開発 Development of Test Method for Evaluating Pure Mode Interlaminar Fracture Toughness of Dissimilar Materials

「埋もれた界面」の計測技術 SERSを用いたプラズモンセンサ及び測定システム The New Interface Measuring Device using New Plasmon Sensor and Raman Scattering Spectroscopy

単一入力信号によるMEMSマイクロミラーの3次元駆動 Operation of 3-D MEMS micro mirror by single superposed driving signal





窒化ホウ素ナノチューブ(BNNT)の新規製造方法 New Synthesis Method for Boron Nitride Nanotubes (BNNTs)	1
窒化ホウ素ナノチューブ耐熱セパレータと電池部材 Heat-Resistant Separator Made of Boron Nitride Nanotubes and Integrated Cathode/Separator/Anode for Light-Weight Batteries	2
ソフト電池 High Energy Density LIB Full Cells with Original CNT Sponge-Based S Cathode and Si Anode	3
CNT-PSS透明導電膜 : 簡易・柔軟・低抵抗・安定 CNT-PSS Transparent Conductive Film: Simple, Flexible, Highly Conductive, Stable	4
セルロースナノファイバ-銀粒子エアロゲル異方性導電膜 Anisotropic Conductive Film of Ag-Cellulose Nanofiber Aerogel	5
高分子ナノシートを用いた電子デバイス Electronic devices composed of polymer nanosheets	6
異種接合材の純モード層間破壊靱性評価試験法の開発 Development of Test Method for Evaluating Pure Mode Interlaminar Fracture Toughness of Dissimilar Materials	7
「埋もれた界面」の計測技術 SERSを用いたプラズモンセンサ及び測定システム The New Interface Measuring Device using New Plasmon Sensor and Raman Scattering Spectroscopy	8
単一入力信号によるMEMSマイクロミラーの3次元駆動 Operation of 3-D MEMS micro mirror by single superposed driving signal	9



●所属:理工学術院 応用化学科



窒化ホウ素ナノチューブ耐熱セパレータと電池部材

Heat-Resistant Separator Made of Boron Nitride Nanotubes and Integrated Cathode/Separator/Anode for Light-Weight Batteries

Conventional:

背景/課題 Background/Problems

- 現在のLiイオン電池(LIB)は有機系セパレータを用 いており、発火防止のため耐熱性向上が重要
- 🔶 容量向上のため金属箔集電体に正負極活物質が厚塗 りされており、レート特性向上が難しい
- Organic separator films in the current Li-ion batteries (LIBs). Heat-resistant separator is in high demand for safety.
- Thick active layer on heavy current collectors of metal foils for high energy density. Uneasy to improve power density.

解決法/優位性 Solutions/Advantages

- ◆ 高耐熱BNNTセパレータ(>>500 °C) バインダレス、高空隙率、高イオン拡散性
- 薄い正極/セパレータ/負極を積層した一体構造物に よるイオン拡散性向上と機械強度の両立
- CNT集電体による金属箔レス・軽量電池 →安全性、高出力密度、高エネルギー密度
- Boron nitride nanotube (BNNT) separator (>>500 °C). Binder-less, high porosity, high ion diffusivity.
- NEW integrated structure of cathode/separator/anode. Thin-layer stack offering ion diffusivity & mechanical stability.
- Light-weight LIBs based on CNT current collector instead of metal foils.

→Enhanced safety, powder density, and energy density.



◆ Mechanism & problem

Conventional

Divide as conventional

Integrated structure



Thinning \Rightarrow Mechanical strength \searrow ? O Whole integrated structure is easier to be self-supported than individuals



(3 units)

測定例など Results



●所属:理工学術院 応用化学科 E-mail : contact-tlo@list.waseda.jp Tel: 03-5286-9867



ソフト電池

High Energy Density LIB Full Cells with Original CNT Sponge-Based S Cathode and Si Anode

背景/課題 Background/Problems

- 🔶 現在の二次電池の構造では、活物質以外の付随物が電池内の大きな質量の割合を占めている
- ◆ 電池の質量とコストの最小化への要求−安定なセパレータを基礎に付随物の最小化、活物質の最大化がカギ
- The conventional secondary batteries are made by coating active materials on metallic foils with conductive fillers and binders. These non-capacitive components accounts for significant mass function.
- Mass and cost of batteries will be minimized if electrodes are built on stable separators with minimal use of such components.

解決法/優位性 Solutions/Advantages

- ◆ 独自のCNTスポンジ電極の組合せ、多量のLiイオンを出入れする正負の電極の提供
- ◆ CNTのスポンジ電極により、正極が膨張したとき負極は収縮するので体積が一定に保たれる
- 🔶 金属箔を用いない構造、付随物を最小化した「無駄のない」新規構造の二次電池
- Original CNT Sponge-Based Battery holds highly capacitive active materials (S cathode and Si anode) within light-weight, conductive, flexible CNT matrix, allows reversible volume change (S expands and Si shrinks during discharge) while conserves the total cell volume
- Novel design with practical production process will realize "Soft Batteries" with innovative capacity at low cost





早稲田大学リサーチイノベーションセンター E-mail:contact-tlo@list.waseda.jp Tel:03-5286-9867



CNT-PSS 透明導電膜: 簡易・柔軟・低抵抗・安定

CNT-PSS Transparent Conductive Film: Simple, Flexible, Highly Conductive, Stable

背景/課題 Background/Problems

- ◆ フレキシブル透明導電フィルム(TCF)の問題点
- ・ ITOは柔軟性・耐摩耗性に課題
- ・ PEDOT:PSSやAgナノワイヤーは耐久性に課題
- ・ CNT透明導電膜は性能と作製プロセスに課題
- Problems in flexible transparent conductive films (TCF)
- ITO has limited flexibility and abrasion resistance.
- PEDOT:PSS and Ag nanowire have insufficient durability.
- CNT-TCF have issues in performance and production process.

概要/解決法 Summary/Solutions

- PSS水溶液にCNTを分散させて製膜する
 だけの簡易な手法の提供
- ・低抵抗(115 Ω/sq)、高透過率(90%)、
 高い耐久性(>1000 h)、耐熱性(250 °C)を実現
- Simple fabrication via dispersing CNT in aqueous solution of PSS (Poly(p-styrene-sulfonic acid)) and coating
- Conductive (115 Ω/sq) and transparent (90%) Stable in air for >1000 h or at >250 °C without passivation

優位性 Advantages

- ◆ PSSだけでCNTが均一に分散できる
- ◆ 分散材除去工程不要、ドープ工程不要
- PSS is a promising dispersant and dopant for CNT
- No need for removal process of surfactant No need for additional doping process

ターゲット市場/製品 Target Areas/Products

- ◆ フレキシブル・ウェアラブルデバイス 向け透明導電膜
- 🔶 車載用透明ヒーター
- 🔶 レアメタルを用いない透明導電膜
- TCF for flexible & wearable devices
- Transparent heater for automobiles
- Rare metal-free TCF





Post treatments for surfactant removal & chemical doping. Unstable chemical doping and gradual performance degradation.

Solutions

- ✓ Doping of PEDOT by PSS is stable but PEDOT:PSS is not stable due to agglomeration of PEDOT.
 ✓ CNT network is stable
- but CNT-TCF is not stable due to de-doping of HNO₃. Why not to disperse and dope CNTs by PSS?!









Structure
CNTs form intervioven network
for efficient electrical conduction

 1 µm

 PSS wraps CNTs, enabling
good dispersion & doping

 20 nm



●研究者名:野田 優¹, 謝 栄斌¹, 杉目 恒志² ●所属:理工学術院 応用化学科¹, ナノ・ライフ創新研究機構²

早稲田大学リサーチイノベーションセンター E-mail : contact-tlo@list.waseda.jp Tel : 03-5286-9867



セルロースナノファイバー銀粒子 エアロゲル異方性導電膜

Anisotropic Conductive Film of Ag-Cellulose Nanofiber Aerogel



●所属:理工学術院 応用化学科

E-mail : contact-tlo@list.waseda.jp Tel : 03-5286-9867



高分子ナノシートを用いた電子デバイス

Electronic devices composed of polymer nanosheets

背景/課題 Background/Problems

- ◆生体組織になじむウェアラブルデバイスの設計
- ◆従来技術における問題点:はんだ付けなどの高温 処理を要する実装技術(耐熱性の低い有機材料に 適さない・基材の伸縮性を損ねる)
- Requirement of wearable device design with conformable contact to biological tissue surfaces
- Drawbacks in conventional packaging technologies: High-temperature process damaging organic materials

概要/解決法 Summary/Solutions

- ◆自己支持性高分子ナノシート(数十〜数百ナノ メートル厚)を基材とする柔軟な電子デバイス
- ◆銀ナノ粒子のインクジェット印刷による室温での 配線形成が可能
- ヘンダ付け不要の分子間力による電子素子の実装
- Flexible electronic devices mounted on freestanding polymer nanosheets
- Fabrication of conductive lines by inkjet printing of silver nanoparticles at room temperature
- Soldering-free packaging of electronic elements (e.g., LED) based on van der Waals interactions

優位性 Advantages

- ◆肌などの対象物への直接貼付が可能
- ◆対象物への高い追従性・密着性を有する導電配線
- ◆電子素子と導電配線の物理的密着による室温実装
- Direct attachment of electronic devices owing to physical adhesiveness of polymer nanosheets
- Conductive lines with high conformability and adhesiveness
- Packaging at room temperature by physical adhesion between electronic elements and conductive lines

<mark>ターゲット市場/製品</mark> Target Areas/Products

- ◆糊などによる装着時の不快感を伴わない生体計測用 ウェアラブルデバイスなど
- Wearable devices for monitoring biological information without discomfort due to glue contact



高分子ナノシートを用いた電子デバイスの作製 Fabrication of electronic devices composed of polymer nanosheets



ナノシート上に実装された電子素子

Electronic elements mounted on polymer nanosheets



肌に直接貼付した電子デバイス

Electronic device composed of polymer nanosheets attached on human skin surface

 ●研究者名:藤枝俊宣¹,岩瀬 英治²,武岡 真司³,岩田 浩康⁴
 ●所属:ナノ・ライフ創新研究機構¹,理工学術院 機械科学・航空宇宙学科², 生命医科学科³,総合機械工学科⁴

早稲田大学リサーチイノベーションセンター E-mail : contact-tlo@list.waseda.jp Tel : 03-5286-9867



異種接合材の純モード 層間破壊靱性評価試験法の開発

Development of Test Method for Evaluating Pure Mode Interlaminar Fracture Toughness of Dissimilar Materials

背景/課題 Background/Problems

- 自動車車体や航空機機体等のマルチマテリアル化 に伴う異種接合技術の開発
- ◆ 繊維強化熱可塑性プラスチック(FRTP)と金属の 接合部における正確な機械的特性評価の必要性
- Development of dissimilar joining technologies for multimaterial automotive bodies and aircraft fuselages
- The Need for Accurate Mechanical Characterization of Fiber Reinforced Thermoplastics (FRTP) to Metal Joints

概要/解決法 Summary/Solutions

- DCB試験の応用
- 異種材接合に伴う混合モードの影響を除去
- 熱残留応力の影響をキャンセル
- 正確なモード | 層間破壊靱性の評価

Application of Double Cantilever Beam (DCB) test • Cancel the effects of mixing modes when joining

- dissimilar materials and thermal residual stress
- Accurate mode l interlaminar fracture toughness evaluation

優位性 Advantages

- 従来のDCB試験法の応用で評価が容易
- 接合に伴う熱残留応力の影響を考慮した評価
- 🔶 いかなる異種材接合試験片においても適用可能
- ◆ FE解析に入力する破壊靭性値の取得
- Easy evaluation by conventional DCB test method
- Evaluation considering the effect of thermal residual stresses
- Applicable to any dissimilar material bonding specimen
- Obtaining fracture toughness values for numerical simulations

ターゲット市場/製品 **Target Areas/Products**

異種材接合を有する機械、構造物等の設計 ♦ FRTPと金属材料のさらなる接合強度向上 新規複合材料の開発

Design of machines and structures with dissimilar materials

- Improvement in the bonding strength of FRTP and metals
- Development of new composite materials.





CL-DCB test

mode]

常にモードⅡが

ゼロ

Interface a

Interface b

Interface c

Load per width

CL-DCB試験で得られる

層間破壊靱性値(理論値)

·ド I のみ評価することが可能

P/B

mode II

従来の層間破壊靱性試験と開発した試験

Ŧ

0.40

0.35

E 0.30

0 0.25 G

0.15

Energy 0.20

Fracture 0.10



-ド I , モード II の混合モード Ŧ



各試験におけるモード混合率の比較 モード混合率 $\phi = \tan^{-1}$

0.05 0.00 CL-DCB $\Delta T = 186^{\circ}C$ $DCB \Delta T = 0^{\circ}C$ DCB $\Delta T = 186^{\circ}C$

異なる界面特性を有する試験片の 破壊靱性値シミュレーション結果

ドI破壊靭性を評価可能



異種材接合試験片のDCB試験シミュレーション 純モード層間破壊靱性値の取得により より複雑な剥離進展シミュレーションが可能になる

早稲田大学リサーチイノベーションセンター E-mail : contact-tlo@list.waseda.jp Tel: 03-5286-9867



「埋もれた界面」の計測技術 SERS を用いたプラズモンセンサ及び測定システム

The New Interface Measuring Device using New Plasmon Sensor and Raman Scattering Spectroscopy

背景/課題 Background/Problems

- 🔶 分析プローブが届かない埋もれた界面の測定は難しい
- ◆ 非破壊測定が困難、測定機器が大型で操作が困難
- Non-destructive depth profile analysis, is difficult
- High-precision nondestructive inspection is difficult
- Complicated operations of large measurement equipment.

優位性 Advantages

- ♦ 0.1nm以下の深さ分解能、現状10倍以上の高感度
- ◆ 非破壊計測、安価、その場観察が可能
- Depth-resolution 0.1nm or less (More than 10 times of the present sensitivity)
- High-precision nondestructive inspection, low cost and high measurement convenience



●研究者名:本間 敬之

応用化学科

●所属:理工学術院

概要/解決法 Summary/Solutions

- ◆ ナノスケールでの固液界面など材料表面から埋もれ た界面や原子レベルの化学構造変化が測定可能
- Molecular configuration at buried interface, i.e. solid / liquid, Chemical structure change of the atomic level, are simply measured in nanometer scale.

ターゲット市場/製品 Target Areas/Products

- ◆磁気ディスクめっき液界面、Liイオン電池、 半導体デバイスなど
- High-density optical recording multilayer film, a variety of devices, i.e. magnetic disks or semiconductors, Li ion battery, fuel cell, vital reaction, and so on.



早稲田大学リサーチイノベーションセンター E-mail : contact-tlo@list.waseda.jp Tel : 03-5286-9867

単一入力信号による MEMS マイクロミラーの 3 次元駆動

Operation of 3-D MEMS micro mirror by single superposed driving signal

背景/課題 Background/Problems

- ◆ MEMSマイクロミラーはプロジェクタや内視鏡な ど幅広い分野の光デバイスに応用可能
- ◆ 3次元に光を走査するMEMSミラーへの需要
- 🔶 駆動方向の増加によるデバイスの大型化する問題
- MEMS micro mirrors have been widely used for optical devices such as projectors and endoscopes
- Requirement for three-dimensional (3-D) scanning by MEMS micro mirror in addition to 1-D or 2-D scanning
- Increase in device size due to increase in driving direction

概要/解決法 Summary/Solutions

- 🔶 単一の駆動機構により3つの共振モードを出力
- ◆ 3つの共振周波数を重ね合わせた一つの信号の入力 によって3次元に駆動
- By single driving apparatus, MEMS micro mirror is actuated in three resonant modes
- MEMS micro mirror is operated in 3-D by single superposed signal with the three resonant frequencies

優位性 Advantages

- ◆単一駆動機構や単一駆動信号よるデバイスの小型化
- Miniaturization of whole device by single driving apparatus and single driving signal

ターゲット市場/製品 Target Areas/Products

- ◆ 3次元画像を取得できる内視鏡 や網膜投影プロジェ クタなど3次元映像を取得する小型デバイス
- Optical device that acquires 3-D images such as an endoscope and retinal projector



3次元MEMSミラー 3-D MEMS micro mirror

x-rotational mode *z*-parallel mode *y*-rotational mode $f_x = 7.43 \text{ kHz}$ $f_z = 18.35 \text{ kHz}$ $f_y = 31.96 \text{ kHz}$



MEMSマイクロミラーの共振周波数と共振モード Resonant frequencies and modes of MEMS micro mirror



共振周波数の重ね合わせた信号による3次元駆動

3-D operation by single superposed signal with the three resonant frequencies



ーつの入力信号による多軸走査 Multi-dictional scanning by single superposed signal



発行元

早稲田大学リサーチイノベーションセンター 知財・研究連携支援部門(承認TLO)

WASEDA UNIVERSITY Research Innovation Center Intellectual Property and Research Collaboration Support Section

TEL +81-3-5286-9867 FAX +81-3-5286-8374 E-mail contact-tlo@list.waseda.jp U R L https://www.waseda.jp/inst/research/tlo/collaboration U R L https://www.waseda.jp/inst/research/en/tlo



