



WTLO

WASEDA Technology Licensing Organization

TECHNOLOGY OFFERS



International Nanotechnology Exhibition & Conference

nano tech 2022

国際ナノテクノロジー 総合展・技術会議



ストレス物質モニター

Monitor for stress substances

高効率な細胞内物質導入スタンプおよび顕微鏡搭載システム

Molecule delivering nanotube stamp and stamping system

微弱な生体信号を高感度に測る無線計測システム

Wireless monitoring system for human small signal detection

電気による新たな海中無線通信の開発

Development of new electric wireless seawater communication

微小液滴の化学反応への応用展開

Application of Microdroplets to Chemical Reactions

炭化水素のCNTと水素へのリフォーミング

Reforming of hydrocarbon to carbon nanotubes and hydrogen

単層カーボンナノチューブの火炎合成法

Flame synthesis of single-wall carbon nanotubes

Agエアロゲル膜・界面接合材料 界面を電氣的・熱的・機械的に、容易に安定に繋ぐ

Ag aerogel film; Binding interface easily & stably

異種材料の低温大気圧ハイブリッド接合技術

Hybrid Bonding at Low Temperature and Atmospheric Pressure

超薄膜 光ルミネッセンスセンサー

Ultra-Thin Film Luminescence Sensor

半球面電極を備えた高分解能ディスプレイ型光電子分析器による構造と電子状態の同時観測方法

Method for simultaneously observing atomic and electronic structures by a high-resolution display-type photoelectron analyzer with Spherical micro-hole grid

「ナノ光ファイバー共振器QED」を用いた量子コンピュータの開発

Quantum computers with Cavity QED with nanofiber optic resonator

低損失テーパ光ファイバと高Q値微小光共振器

Ultra-low-loss Tapered Optical Fibers(TOFs) and Ultra-high-Q Microtoroidal Resonators



目次

CONTENTS

ストレス物質モニター Monitor for stress substances	1
高効率な細胞内物質導入スタンプおよび顕微鏡搭載システム Molecule delivering nanotube stamp and stamping system	2
微弱な生体信号を高感度に測る無線計測システム Wireless monitoring system for human small signal detection	3
電気による新たな海中無線通信の開発 Development of new electric wireless seawater communication	4
微小液滴の化学反応への応用展開 Application of Microdroplets to Chemical Reactions	5
炭化水素のCNTと水素へのリフォーミング Reforming of hydrocarbon to carbon nanotubes and hydrogen	6
単層カーボンナノチューブの火炎合成法 Flame synthesis of single-wall carbon nanotubes	7
Agエアロゲル膜・界面接合材料 界面を電氣的・熱的・機械的に、容易に安定に繋ぐ Ag aerogel film; Binding interface easily & stably	8
異種材料の低温大気圧ハイブリッド接合技術 Hybrid Bonding at Low Temperature and Atmospheric Pressure	9
超薄膜 光ルミネッセンスセンサー Ultra-Thin Film Luminescence Sensor	10
半球面電極を備えた高分解能ディスプレイ型光電子分析器による構造と電子状態の同時観測方法 Method for simultaneously observing atomic and electronic structures by a high-resolution display-type photoelectron analyzer with Spherical micro-hole grid	11
「ナノ光ファイバー共振器QED」を用いた量子コンピュータの開発 Quantum computers with Cavity QED with nanofiber optic resonator	12
低損失テーパ光ファイバと高Q値微小光共振器 Ultra-low-loss Tapered Optical Fibers(TOFs) and Ultra-high-Q Microtoroidal Resonators	13



ストレス物質モニター

Monitor for stress substances

背景／課題 Background/Problems

- ◆ コロナ禍の影響で日常生活や職場での精神的な負担が加速（図1）
- ◆ 人間と関わりの深い動物たちもメンタル不安の影響が浮き彫りに
- ◆ ストレス検査のわずらわしさが健康管理を妨げている
- Mental burdens in daily life and at work are accelerated by COVID-19 (Fig.1)
- Mental disorders have health effects on animals closely related to humans
- The tedious hassle of stress tests hinders health management



図1. 言葉にできないストレスを見る

Fig. 1. See the stress that cannot be put into words

概要／解決法 Summary/Solutions

- ◆ 小型で取り扱いやすく応答の速いシリコントランジスタセンサ（図2）
- ◆ 由来の異なる複数のストレスマーカーを同時に検出し多面的に把握
- ◆ 微量の唾液や汗からの簡便な検出を実現
- Development of compact, easy-to-handle, fast-response silicon transistor sensor (Fig.2)
- Simultaneous detection and multifaceted understanding of markers of different origins
- Simple detection from minute amounts of saliva and sweat

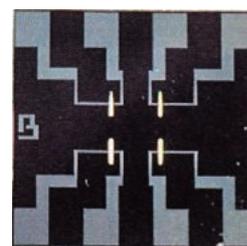


図2. 小型多素子トランジスタセンサ

Fig. 2. Compact multi-element sensor

優位性 Advantages

- ◆ 分子受容体に DNA由来物質を用いて常温での保管と使用を可能に
- ◆ 最も重要なストレスホルモンである微量コルチゾールを高感度検出
- ◆ 洗浄による繰り返し利用技術を開発中
- Using DNA-derived materials as receptors to enable storage and use at room temperature
- Highly sensitive detection of trace amounts of cortisol, the most important stress hormone
- Technology for repeated use by washing is under development

ターゲット市場／製品 Target Areas/Products

- ◆ 日常生活およびベッドサイドでの簡便な唾液ストレスモニター（図3）
- ◆ 友達であるペットなどの動物の気持ちを理解するストレスセンサー
- ◆ 畜産におけるストレス管理による品質改善
- Simple salivary stress monitoring in daily life and at the bedside (Fig. 3)
- Stress sensors to understand the feelings of pets and other animals that are our friends
- Quality improvement through stress management in livestock production



図3. わずか10 μ Lの唾液からストレス検出

Fig. 3. Stress detection in as little as 10 μ L of saliva

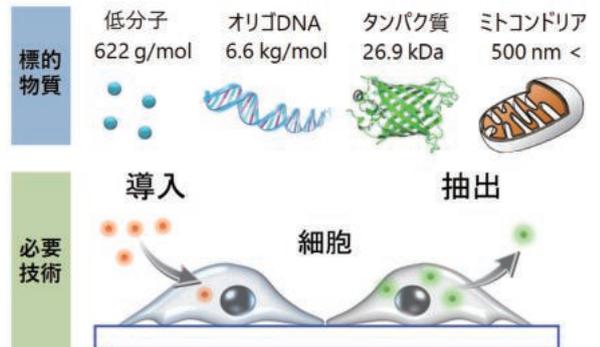


高効率な細胞内物質導入スタンプ および顕微鏡搭載システム

Molecule delivering nanotube stamp and stamping system

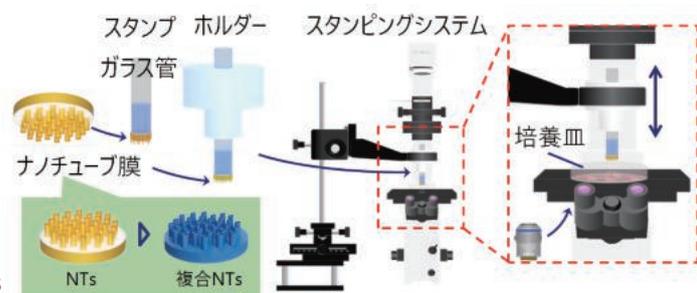
背景／課題 Background/Problems

- ◆ 大きさ・形状・電荷などの異なる物質を簡便かつ効率良く細胞内へ届ける技術の開発が望まれてきた。
- ◆ 細胞穿刺用複合ナノチューブおよびスタンプシステムを開発
- ◆ 基礎研究から再生医療や創薬など医療応用
- Delivering substances with different sizes, shapes, and charges into cells
- We have developed a hybrid nanotube (NT) stamp and its stamping system.
- The proposed technology can be used for basic and applied research (regenerative medicine, drug discovery, etc.).



概要／解決法 Summary/Solutions

- ◆ 新規材料：ナノチューブ(NT)膜を開発
- ◆ 同時に、細胞にNTを挿入するためのシステムも開発
- ◆ 新規材料による物理的な細胞内物質導入・抽出技術
- New materials: a hybrid material of metals and conductive polymers
- Nanotube stamping system for molecular delivery and extraction
- We proposed the system for physical insertion of the NTs into the cells and for accelerating the molecular flow by the external voltage.



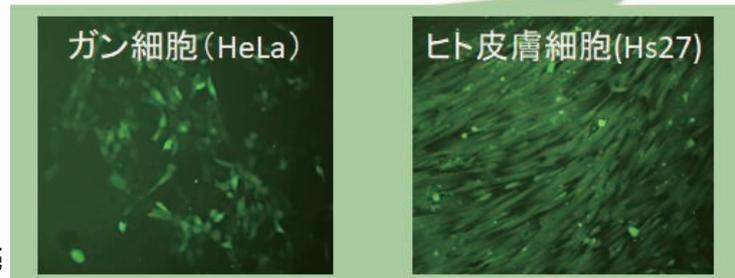
優位性 Advantages

- ◆ 高い導入効率および細胞生存率を実現
- ◆ タンパク質や細胞小器官などの導入が可能
- ◆ 導入と抽出を同じシステムで利用可能
- High delivery efficiency and high cellular viability
- Ability to delivery macromolecules (proteins and organelles)
- Succeed to deliver and extract the molecules to/from the cells

	化学的		物理的		
	リボソーム	ウイルスベクター	電圧ポレーション	微細加工ナノニードル	
				従来 (ナノ単針)	本研究提案 (ナノ複数針)
エンドサイトーシス	必要		不要	不要	不要
導入効率	高	高	低	高	高
抽出効率	低	低	低	高	高
毒性	化学的	生物的	なし	なし	なし
スループット	高	高	低	低	高
操作	簡便	簡便	簡便	複雑	簡便

ターゲット市場／製品 Target Areas/Products

- ◆ スマートセル(高度な細胞種)の製造および販売
- ◆ 細胞治療のための物質導入や抽出検査
- ◆ ナノチューブ膜・スタンプシステムの製造および販売
- Manufacture and sale of smart cells (new types of cells for medical/hospital applications and for synthesize some products in the cells)
- Molecular delivery and extraction test for cell therapy
- Manufacture and sale of NTs membrane and stamping system



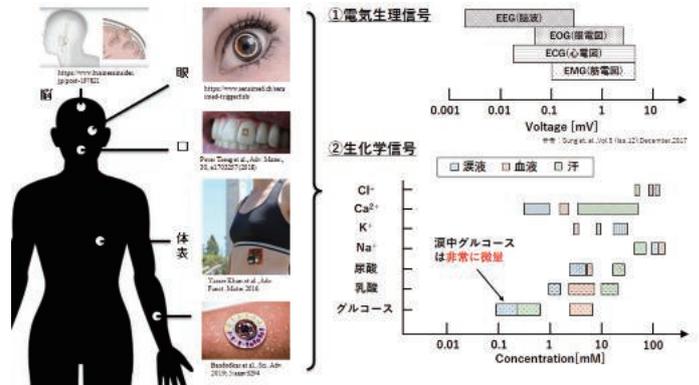


微弱な生体信号を高感度に測る 無線計測システム

Wireless monitoring system for human small signal detection

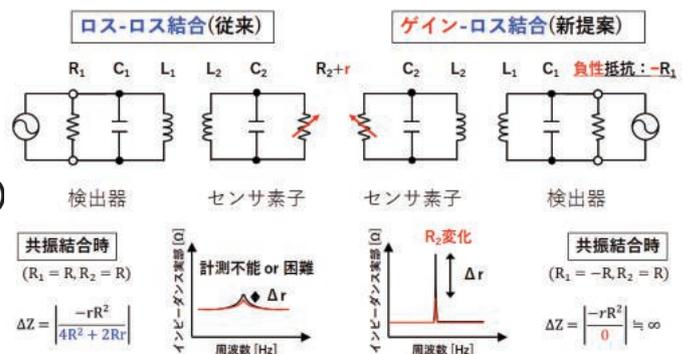
背景／課題 Background/Problems

- ◆ IoT社会の到来に伴い微弱な生体信号を無線で測るためのデバイスが求められている。
- ◆ 高感度・高利得な無線計測システムを開発
- ◆ ウェアラブルデバイス・体内埋め込み医療機器応用
- Target: Wireless human monitoring system
- Problem: Low sensitivity and efficiency for wireless detection
- We proposed the parity-time symmetric resonator circuits for human monitoring system.



概要／解決法 Summary/Solutions

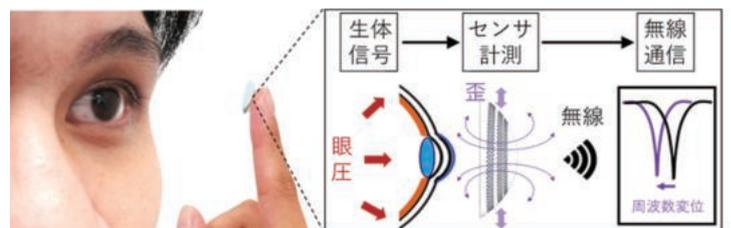
- ◆ 新原理：パリティ・時間対称性共振結合回路
- ◆ 検出回路のみに負性抵抗を追加(センサ側はそのまま利用)
- ◆ 抵抗・インダクタンス・キャパシタンス変化を無線計測
- New principle: the parity-time symmetric resonator circuits
- Add a negative resistance to the detection circuit only
- Wireless monitoring of resistance, inductance, and capacitance change



優位性 Advantages

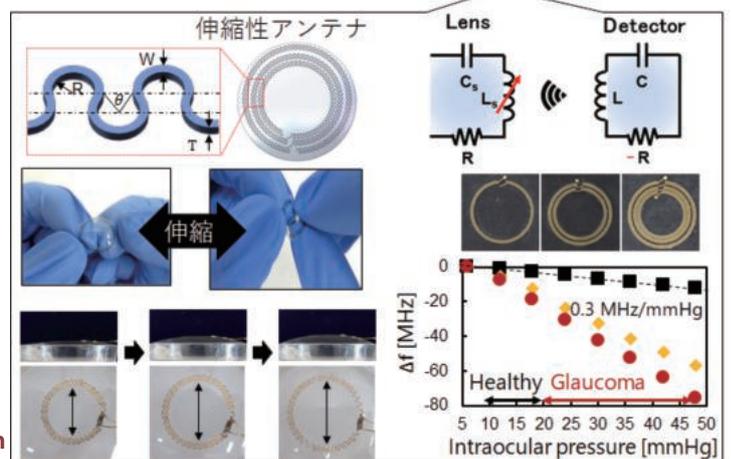
- ◆ これまで測れなかった微弱な信号の無線計測
- ◆ センサ側：電源不要，コスト削減が可能
- ◆ 検出器側：負性抵抗を追加のみ
- Enables wireless measurement of weak human signals.
- Sensor side: no power supply required, cost reduction possible
- Detector side: only add negative resistance

実施例：無線式眼計測レンズ



ターゲット市場／製品 Target Areas/Products

- ◆ 健康状態を測る生体センサ応用
- ◆ 例：スマートコンタクトレンズ(緑内障や糖尿病)
- ◆ 体内埋め込みなど医療機器デバイスへの応用
- Wireless biosensor for health monitoring
- Example: Smart contact lens for glaucoma and diabetes detection
- Implantable medical devices for wireless sensing and therapy





電気による新たな海中無線通信の開発

Development of new electric wireless seawater communication

課題 Problems

- ◆ 学術：宇宙と並び未知な深海の探索
- ◆ 資源：海底に埋蔵 → 水中ロボットによる開拓
- ◆ 情報通信：水中IoTの構築
(津波、水温、塩濃度、pH等のモニタリング)

- Academic : exploring the unknown deep sea
- Resources : available resources on the seabed accessible by developing underwater robot
- Telecommunication : construction of underwater IoT
(monitoring of Tsunami, water temperature, NaCl's concentration, pH, etc.)

解決手段 Solutions

- ◆ 海水の導電性を利用した電気通信
- ◆ 送信側：金属電極
⇨ 受信側：液体中で動作するトランジスタ型センサ
- ◆ 金属電極に矩形波の電圧を印加 → 受信側にパルス波が伝搬

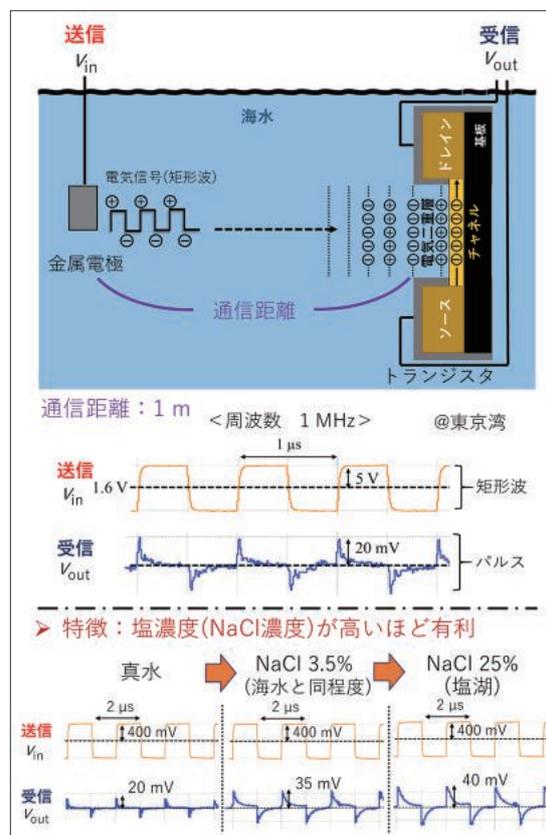
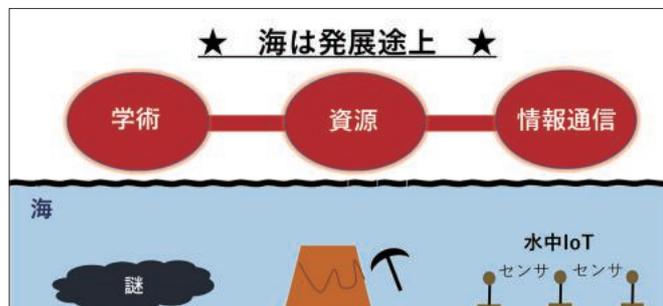
- Electric communication utilizing conductivity of seawater
- Transmitter : metal electrode
⇨ Receiver : transistor shape sensor operating in solutions
- Apply square wave voltage to metal electrode
→ Pulse wave is transmitted to the receiver

優位性 Advantages

- ◆ イオン伝導を用いる → 伝達スピードが速い、等方的に伝搬
- ◆ 送信側、受信側ともに小型かつ省電力
- ◆ トランジスタにダイヤモンドを用いる → 海水中で安定動作
- Using ionic conduction → high speed and isotropic propagation
- Compact and low power for both transmitter and receiver
- Using diamond for transistor → stable operation in seawater

ターゲット市場 Targets

- ◆ 資源開拓：水中ロボットの制御
(世界市場規模：2023年に約12億ドルの予測※1)
- ◆ 娯楽：マリンスポーツ、ダイバー間通信
- ◆ 生態系：海洋環境の保全、漁業の発展
- Resources development : underwater robot control
(Global market size : about \$ 1.2 billion forecast in 2023※1)
- Amusement : marine sport, communication between divers
- Ecosystem : conservation of marine environment and development of fishery



※1 海洋開発市場の現状, 平成29年12月, 国土交通省 海事局, p.16
<https://www.mlit.go.jp/common/001215814.pdf>

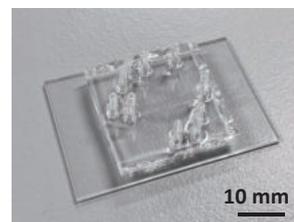


微小液滴の化学反応への応用展開

Application of Microdroplets to Chemical Reactions

背景／課題 Background/Problems

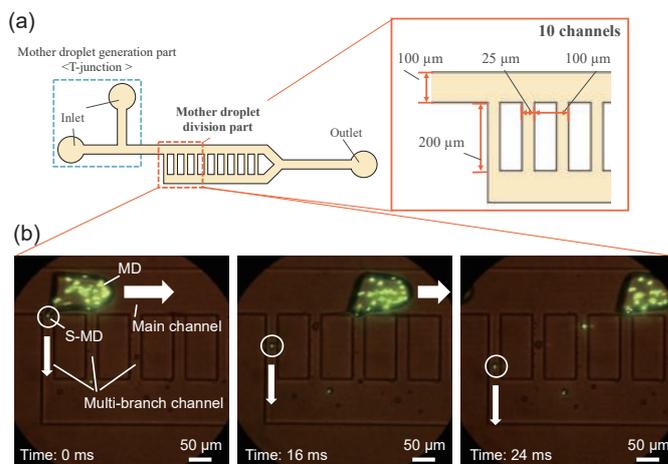
- ◆ 化学応用に向けた微小液滴の自由自在なコントロールの実現
- ◆ 微小反応場での特異性を応用した新しい化学反応条件の探究
- Realization of precise control of microdroplets for chemical applications.
- Study of new chemical reaction conditions by applying the specificity of micro-reaction fields.



マイクロデバイス

概要／解決法 Summary/Solutions

- ◆ 微小液滴生成の安定化に向けたマイクロデバイスのデザインの工夫や流路表面処理, 流量条件の検討
- ◆ 化学反応場制御のための化学物質のカプセル化
- Design of micro-devices to stabilize droplet generation, surface treatment of channels, and flow conditions
- Encapsulation of chemicals for chemical reaction field control

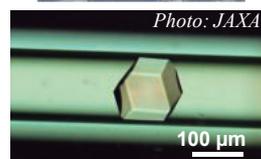


蛍光試薬(φ3 μm)のカプセル化

優位性 Advantages

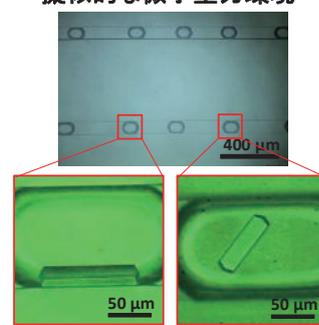
- ◆ 擬似的な微小重力環境でのタンパク質の結晶化
- ◆ 複雑な化学合成を微小液滴内で完結
- ◆ 従来法（ビーカー）と比較して効率的な反応条件
- Protein crystallization in microgravity
- Completing complex chemical synthesis in microdroplets
- More efficient reaction conditions compared to the conventional method (Beaker)

微小重力環境



宇宙ステーションでのタンパク質の結晶化

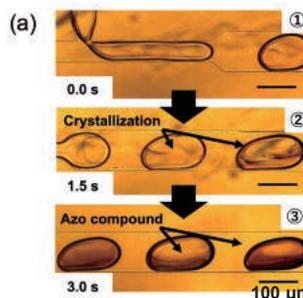
擬似的な微小重力環境



微小液滴を応用したタンパク質の結晶化

ターゲット市場／製品 Target Areas/Products

- ◆ 高純度合成が求められる創薬・製薬
- ◆ 細胞培養・タンパク質の結晶化等の生化学分野
- ◆ 貴重試薬を用いた合成実験・条件出し
- Drug discovery that requires high-purity synthesis
- Protein crystallization and other biochemical fields
- Synthesis experiments using precious reagents



アゾ化合物の合成実験の結果と反応条件

	Synthesis condition	
	Temperature and time	Concentration of HCl and NaOH
Conventional method	0-5 [°C]/1 [h]	5.6 [mol/L]
Microdroplet	RT/4 [sec]	0.5 [mol/L]

- D. Tanaka and S. Shoji et al., RSC Adv., 10, 38900–38905, 2020
- D. Tanaka and S. Shoji et al., Molecules, 26, 3707, 2021

- 研究者名 : 田中大器¹, 藤田博之², 関口哲志¹, 庄子習一³
- 所属 : ナノ・ライフ創新研究機構¹, キヤノンメディカルシステムズ², 理工学術院 電子物理システム学科³

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



炭化水素のCNTと水素へのリフォーミング

Reforming of hydrocarbon to carbon nanotubes and hydrogen

背景/課題 Background/Problems

- ◆ 良質なCNTは未だ高価、製造時にCO₂も排出
- ◆ 水素は現状炭化水素から製造、CO₂を排出
- High-quality CNTs are still expensive. Their production accompanies CO₂ emission.
- Production of H₂ from hydrocarbon accompanies CO₂ emission.

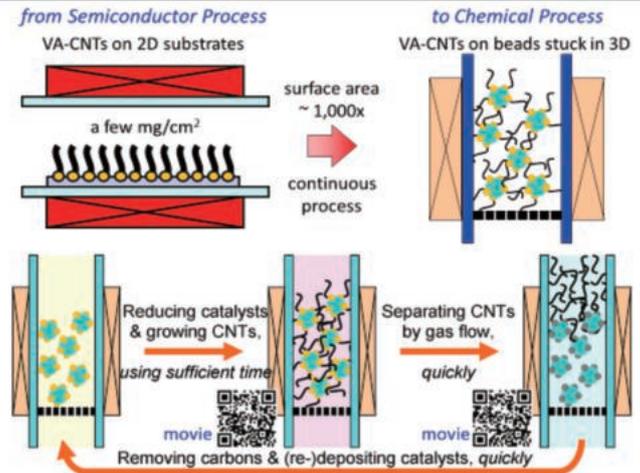
解決法/Solutions

- ◆ 独自の流動層法で炭化水素からCNTを高収率合成、炭化水素C_nH_mの中の、CをCNTに、HをH₂に
- Produce CNTs at high yield from hydrocarbon by original fluidized-bed technology. Convert C and H in C_nH_m to CNTs and H₂.

優位性 Advantages

- ◆ CCSによるブルー水素は、コストをかけて炭素を地中に埋設、水素のみを得るため、高コスト
- ◆ CCUSは回収したCO₂の還元で多量のエネルギーを必要、得られる製品も安価
- ◆ 本技術では炭素を高価なCNTで回収してクリーンな水素を得る
- ◆ CNTは長尺・短径・高純度、LIB应用到に好適
- CCS yields blue hydrogen by filling carbon underground. High cost for carbon storage and small profit from only H₂.
- CCUS yields blue hydrogen with low-price products with extensive energy consumption for CO₂ reduction.
- This technology yields high-price CNTs and clean H₂.
- Long, thin, and highly-pure CNT, ready for use in LIBs.

Long CNTs from On-Substrate to Fluidized-Bed



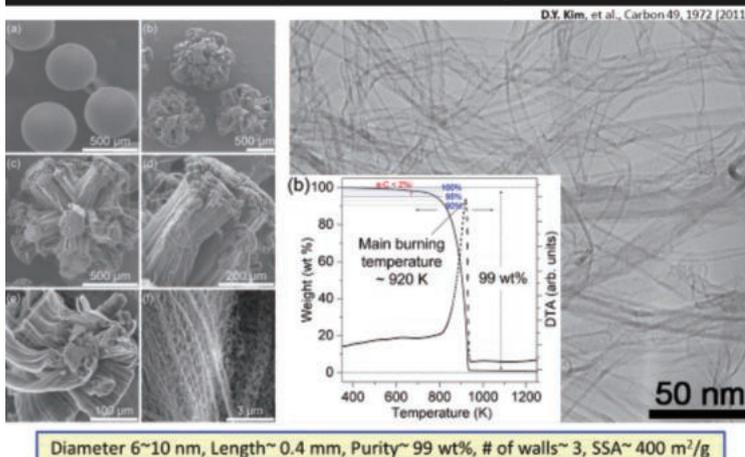
QRコードでCNT製造中の動画をご覧ください。
QR codes for movies of the working reactor.

Small Reactor & Big Container



Gas residence time < 0.3 s, Carbon yield > 70%
Reforming of C₂H₂ to CNTs + H₂!

Semi-Continuously Produced Long Few-Wall CNTs



99.6-99.8 wt%-Pure FWCNTs by FBCVD

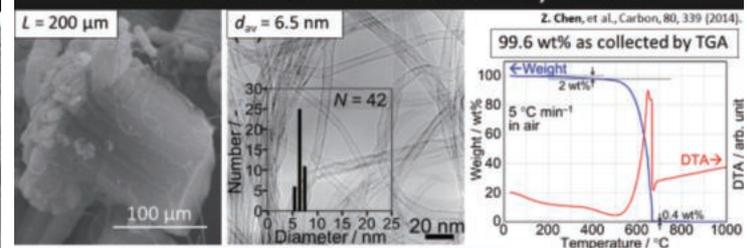


Table 1 - Elemental composition of the CNT papers^a by XRF.

Element	C	O	Al	Si	Fe
Without centrifugation	99.81	0.10	0.06	0.01	0.02
With centrifugation ^b	99.84	0.14	0.01	0.01	0.003

^a No chemical purification was applied in making the CNT papers.
^b S is also contained at 0.61 wt% due to SDBS used in dispersion.

99.8 wt% as collected by XRF, 440 m² g⁻¹ by BET

Reduced further to 1/6 by dispersion-centrifugation. Fe & Al possibly in powder being scraped off from the beads.

Ready for use without purification.

- 研究者名：野田 優
- 所属：理工学術院 応用化学科

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



Ag エアロゲル膜・界面接合材料

界面を電氣的・熱的・機械的に、容易に安定に繋ぐ

Ag aerogel film; Binding interface easily & stably

背景／課題 Background/Problems

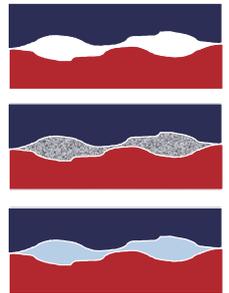
- ◆ 固体界面の電氣的・熱的な接合に、低融点の半田やAgペーストが汎用されている。しかし、半田では合金の融点で耐熱温度が決まり、Agペーストは樹脂の耐熱性が低い。
- Solders and Ag paste are widely used to bond solid-solid interfaces electrically and/or thermally. They have poor heat resistance, limited by the melting point of solder alloys and heat resistance of resins.

Air-gap disturbs electrical/thermal conduction at solid-solid interfaces.

Solders and Ag paste are widely used but have low heat resistance.

How excellent the interface will be if bonded with pure Ag?

How can we do it?

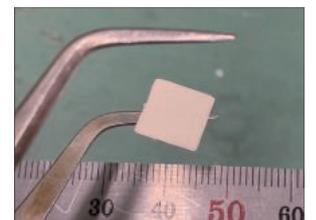


概要／Summary

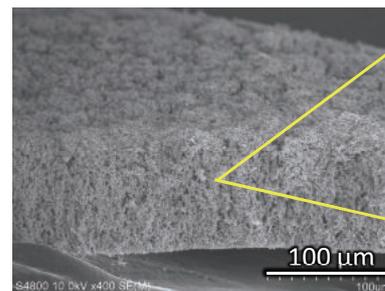
- ◆ Ag粒子が連なるユニークなエアロゲル構造
- ◆ Agのみで構成、低温で焼結してバルク化、電氣的・熱的・機械的に界面接合、高耐熱
- ◆ 少量のAg (~10 mg/cm², ~1 JPY/cm²)で短時間・高収率で作製可能
- A unique aerogel film made of Ag particles.
- Contains no additive, easily sinters into bulk, and builds excellent electrical, thermal, and mechanical interfaces with high heat resistance.
- Can be manufactured quickly at high yield with small Ag amount (~10 mg/cm², material cost of ~1 JPY/cm²)



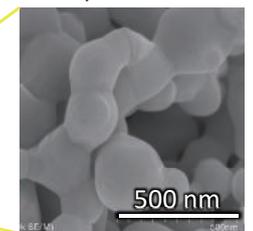
Ag aerogel film deposited on Si wafer in 2 minutes



Self-supporting Handled by tweezers



Cross-sectional SEM image, ~90% pore



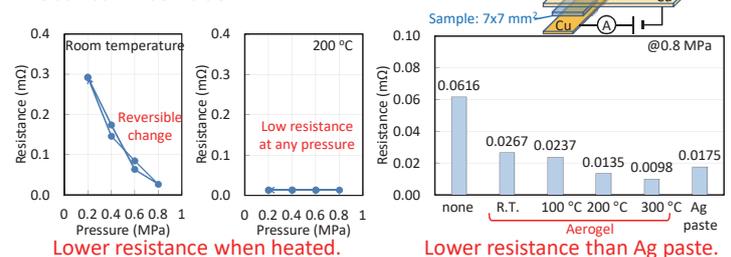
Aerogel film made of Ag particles only

Agエアロゲル膜の様子

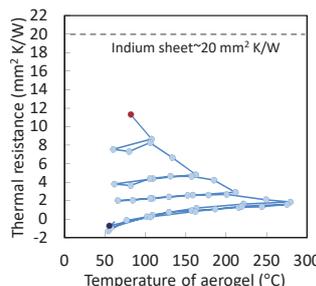
優位性 Advantages

- ◆ ナノ構造により常温～低温で「溶接」ができ、一旦「溶接」するとバルクの耐熱性が発現
- ◆ 常温・低圧(<1 MPa)下で固体界面を電氣的・熱的に接合可能
- ◆ 加熱(200–300 °C)すると機械的にも接合でき、電氣的・熱的接合の性能も更に向上
- ◆ シートはAgのみで構成され樹脂などは含まないため、接合界面の性能と耐熱性が高い
- The nanostructure allows "welding" at room/low temperatures, and once "welded", it shows heat resistance of bulk.
- Solid interfaces can be electrically and thermally bonded at room temperature and low pressure (<1 MPa).
- When heated (> 200 °C), the interface can be bonded mechanically, and has improved electrical and thermal performances.
- Since the sheet is composed only of Ag without any resin, it shows excellent performances and heat resistance.

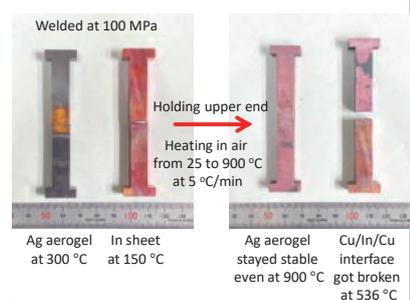
Electrical interface



Thermal interface



Mechanical interface



Agエアロゲル膜によるCuブロック間の接合試験結果

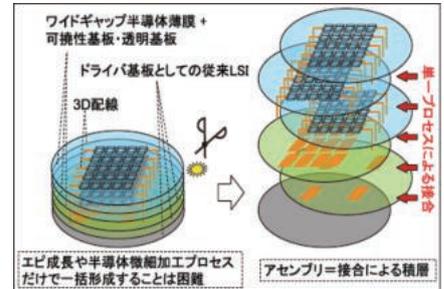


異種材料の低温大気圧ハイブリッド接合技術

Hybrid Bonding at Low Temperature and Atmospheric Pressure

背景／課題 Background/Problems

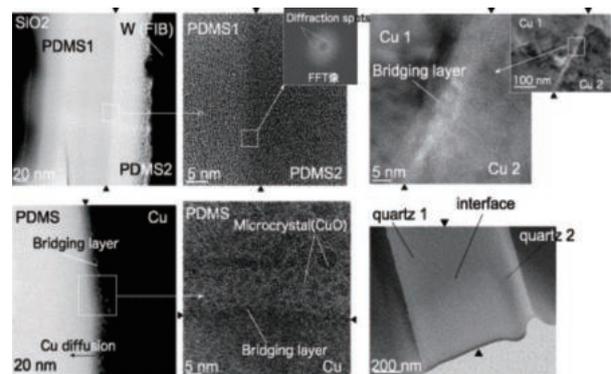
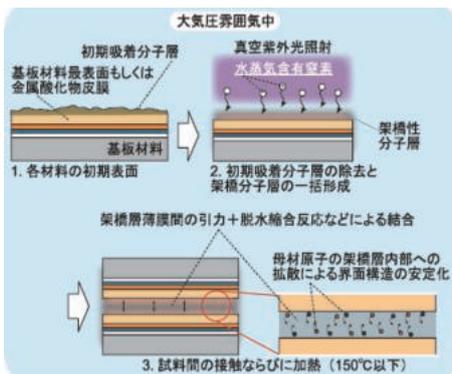
- ◆ ユビキタス、ウェアラブルな電子実装：異種信号の混載
- ◆ 相反する物性の両立：有機・無機混載による“強さ”と“粘さ”
- ◆ 環境調和型製造プロセス
- Mixed-signals integration by organic-inorganic hybrid structure
- Eco-friendly assembly process



ハイブリッド接合で達成される異種信号混載化のイメージ
Concept of 3D integration of mixed signals via hybrid bonding

概要／解決法 Summary/Solutions

- ◆ 配線金属と透明基板材料の150℃・大気圧雰囲気での混載接合（他材料接合事例あり）
IEEE NANO ベストポスターペーパー賞，日刊工業新聞掲載（2013.10.25），関連特許2件 など
- Hybrid bonding of Cu, PDMS, and quartz at 150 °C and atmospheric pressure



VUV/vapor-assisted手法で実現された各種材料の混載接合界面の透過電子顕微鏡像
TEM images of hybrid bond interfaces

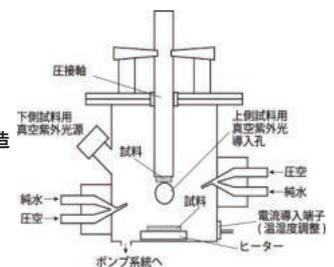
優位性 Advantages

- ◆ 150℃以下・大気圧雰囲気での有機・無機材料の組合せを問わない混載接合を実現結晶性に優れたGaNテンプレート基板を提供
- ◆ VUV / Vapor - Assisted 接合手法の提案
 - ・ 真・空紫外光照射による初期表面処理：真空プロセスが不要，装置の簡易化可能
 - ・ “水”を接着剤代わりに利用：低毒性プロセス，接合界面構造の制御が容易
- Covalent, ionic, metal, and organic materials can be assembled in single process, at 150 °C in ambient air
- VUV/vapor-assisted surface modification method : Simple and easy-to-tune bonding process

ターゲット市場／製品 Target Areas/Products

- ◆ 低コスト・低環境負荷な電子実装用接合装置の開発：
チャンバ，光源，加湿源のみの簡易な構造
- ◆ 機能性界面（透過性など）を有する新規デバイス開発：
光学デバイスや（Bio）MEMSセンサの混載
- Low cost, Eco-friendly joining device for mounting :
simple structure only chamber apparatus, light source and humidifying
- New devices with functional interface such as transmission :
mixed optical device and bio MEMS sensor

ハイブリッド接合装置構造の概念
(特願2013-064468)
Schematics of hybrid bonding apparatus (JPA2013-064468)





超薄膜 光ルミネッセンスセンサー

Ultra-Thin Film Luminescence Sensor

背景／課題 Background/Problems

- ◆ 生体情報のセンシング技術
- ◆ 従来技術における課題：細胞から組織までをシームレスに可視化、生体組織表面への安定なプローブの固定、振動する対象物の観察
- Development of bio-sensing technology.
- Drawbacks in conventional bio-imaging technology: Seamless imaging from cells to tissues; Stable fixation of probes on the surface of biological tissue; Vibration control of monitored objects.

概要／解決法 Summary/Solutions

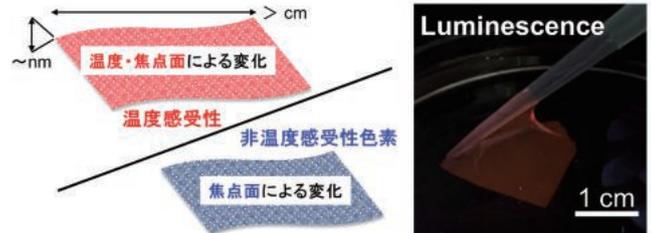
- ◆ 自己支持性高分子ナノシート（数十～数百ナノメートル厚）からなる光ルミネッセンスセンサー
- ◆ 担持するセンサー色素の種類に応じて検出項目を選択可能（例：温度・酸素濃度）
- ◆ レシオメトリックな生体情報のセンシング
- Luminescence sensor made from free-standing polymer nanosheets with the thickness of tens to hundreds of nanometers.
- Versatile fabrication by selecting sensor dyes (e.g., temperature, oxygen concentration).
- Ratiometric sensing of biological information.

優位性 Advantages

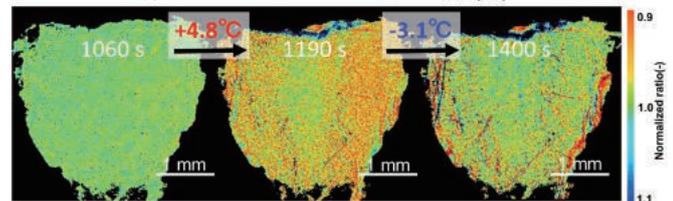
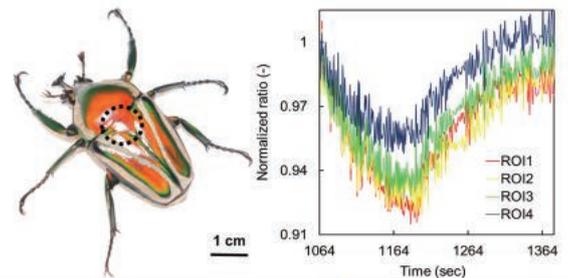
- ◆ 生体組織などの凹凸表面に接着剤不要で貼付
- ◆ 超薄膜状構造により高い時空間分解能を達成
- ◆ 幅広いマッピング領域（細胞数個から組織まで）
- To be stuck on biological tissues w/o glue fixation.
- High spatiotemporal resolution by ultra-thin structure.
- Wide-mapping range from a few cells to tissue size.

ターゲット市場／製品 Target Areas/Products

- ◆ 貼れるセンサー（高い時空間分解能・使い捨て可）
- ◆ 極限環境（宇宙・深海），手術現場（脳・血管）
- Sticky sensor (High-spatiotemporal resolution, disposable).
- Sensors for extreme environment, surgical situation, etc.

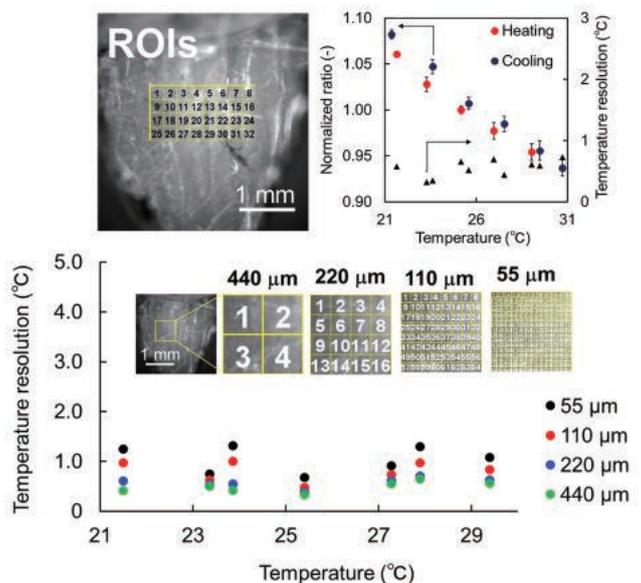


二層構造を有するレシオメトリック発光センサー
Ratiometric-luminescence sensor with bilayered structure
(Ref: *ACS Appl. Mater. Interfaces*, DOI: 10.1021/acscami.6b06075)



生体組織の温度マッピング（例：カブトムシの背部筋肉）

Temperature mapping of living biological tissues (e.g., dorsal muscle of a beetle).



ナノシートセンサーの温度感受性・空間分解能
Temperature sensitivity and spatial resolution of nanosheet sensor



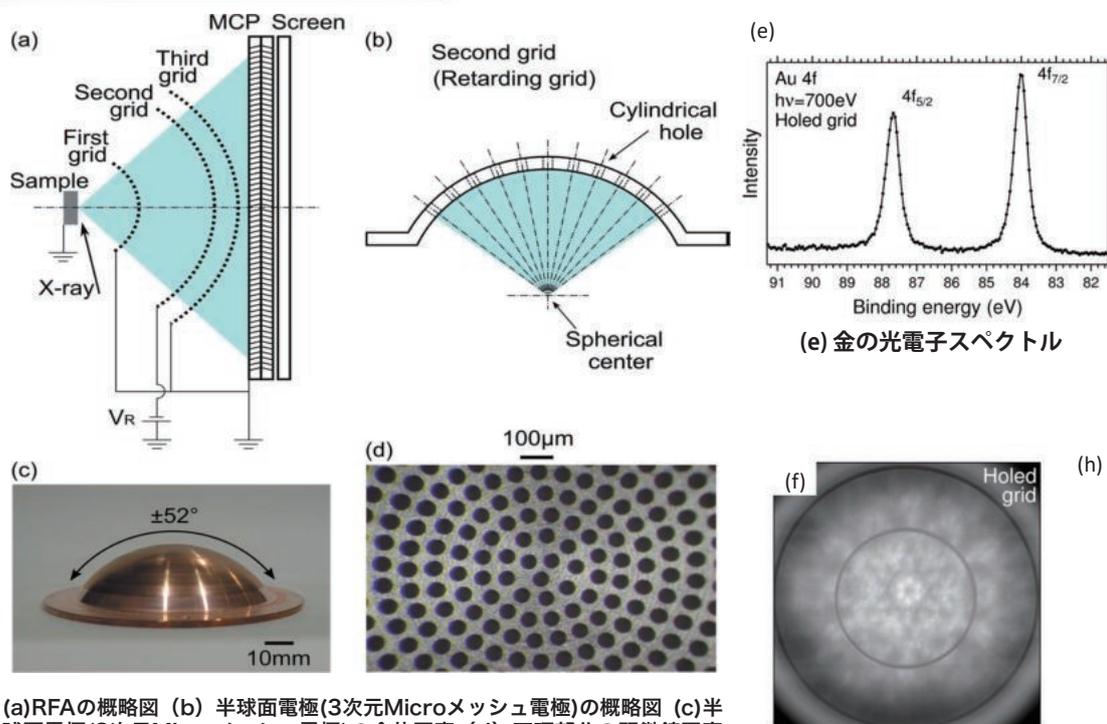
半球面電極を備えた高分解能ディスプレイ型光電子分析器による構造と電子状態の同時観測方法

Method for simultaneously observing atomic and electronic structures by a high-resolution display-type photoelectron analyzer with Spherical micro-hole grid

背景 / 概要 Background/Summary

- ◆ 従来の光電子分光法では微量元素の立体原子配列を観測することは困難で、金属や半導体や超電導材料などの微量元素の原子配列を観察できる手法が求められていた。
- ◆ 2013年、先端科学技術大学院大学の松下教授が電子軌道シミュレーションを用いて新しいタイプの電子アナライザの原理(RFA:阻止電場型分析器)とそれに使う特殊な半球面電極を発明。早稲田大学の水野教授が長年蓄積してきたマイクロ加工技術のノウハウを活用して、株式会社IMUZAKと半球面電極(3次元Microメッシュ電極)を完成させた。
- ◆ 半球面電極(3次元Microメッシュ電極)とRFA (阻止電場型分析器) を組み合わせることにより、PEH(光電子ホログラフィー)による立体原子配列観測に加え、ARPES (角度分解光電子分光) による電子構造観測とが可能なディスプレイ型光電子分析器を実現。
- ◆ 2021年4月にSPring-8ビームラインBL25SUの実験装置として導入。今後の材料開発の加速化を期待。
- Conventional photoelectron spectroscopy is difficult to observe the 3D atomic structure of dopants, and there is a demand for a method for observing the atomic arrangement of dopant in metals, semiconductors, and superconducting materials and so on.
- In 2013, Prof. Matsushita of NAIST invented the principle of a new type of electron analyzer (retarding field analyzer: RFA) and the special spherical micro-hole grid (3D Micromesh electrodes) using electron orbit simulation. By combining RFA (element electric field type analyzer) with a special grid, it has become possible to observe the 3D atomic structure of dopants by using PEH (photoelectron holography). In addition, it also enables to observe the electronic structure by ARPES (angle-resolved photoelectron spectroscopy).
- Prof. Mizuno of Waseda University, who has accumulated know-how of micro processing technology for many years, and IMUZAK Co., Ltd. have realized spherical micro-hole grid (3D Micro mesh electrodes).
- This RFA has been installed at SPring-8 Beamline BL25SU since April 2021.

観察例など/Observation



(g)



SPring-8 ビームラインBL25SU の RFA 実験ステーション。2021年4月に3次元Microメッシュ電極導入された。

(a)~(f) : 引用元 <https://journals.iucr.org/s/services/authorservices.htm>

(g)(h) : 引用元 <https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-17H06201/17H06201seika.pdf>

- 研究者名 : 室 隆桂¹, 松下智裕², 澤村 一実³, 水野 潤⁴
- 所属 : 公益財団法人 高輝度光科学研究センター¹, 奈良先端科学技術大学院大学², 株式会社IMUZAK³, ナノ・ライブ創新研究機構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



「ナノ光ファイバー共振器 QED」を用いた量子コンピュータの開発

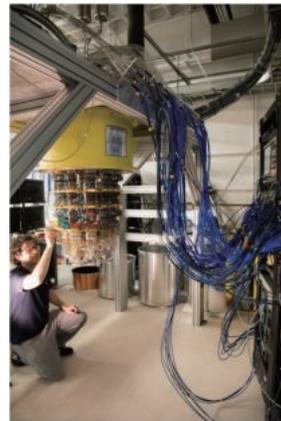
Quantum computers with Cavity QED with nanofiber optic resonator

背景／課題 Background/Problems

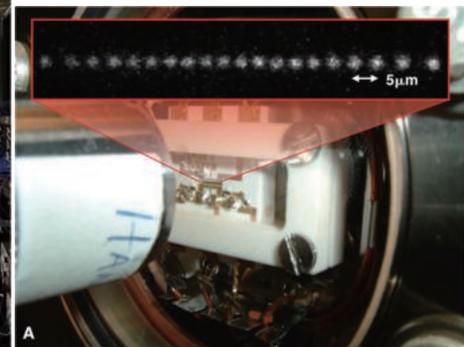
- ◆ 量子力学に基づく量子コンピュータは、現在できない計算を可能とすると大きく期待されている。
- ◆ Googleは超電導方式、IonQ社はイオントラップ方式の量子CPを開発しているがそれぞれ問題があり計算規模には限界がある。
- Quantum computers are highly expected to enable calculations that are not currently possible.
- Google is developing a superconducting quantum computer, and IonQ is developing an ion trap quantum computer, but there are problems with each and the calculation scale is limited.

概要／優位性 Summary/Advantages

- ◆ 独自技術の「ナノ光ファイバー共振器QED」を使った分散型量子コンピュータを提案
- ◆ 独自の共振器は光の光子や原子を量子ビットとして取り扱う。この光ファイバーに組み込んだユニットの一つひとつが量子コンピュータとなり、一般的な光ファイバと同じように接続可能
- ◆ 単一のユニットを独自のナノ光ファイバーで複数つなぐことにより他方式と比較して圧倒的な大規模化が期待できる。単一ユニットでも現在の量子コンピュータ以上の計算規模が可能
- Proposing a distributed quantum computer using the original technology "nano-fiber optic resonator QED"
- The unique resonator treats photons and atoms of light as qubits. Each unit incorporated in this optical fiber becomes a quantum computer, and can be connected in the same way as a general optical fiber.
- By connecting multiple single units with unique nano-optical fibers, an overwhelmingly large scale can be expected compared to other methods. Even a single unit can be calculated on a larger scale than the current quantum computer.



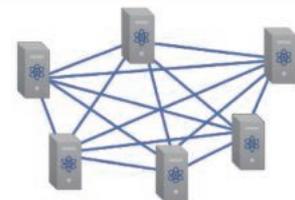
(a)超電導方式
<https://ai.googleblog.com>



(b)イオントラップ方式
C. Monroe and J. Kim, Science 339, 1164 (2013)

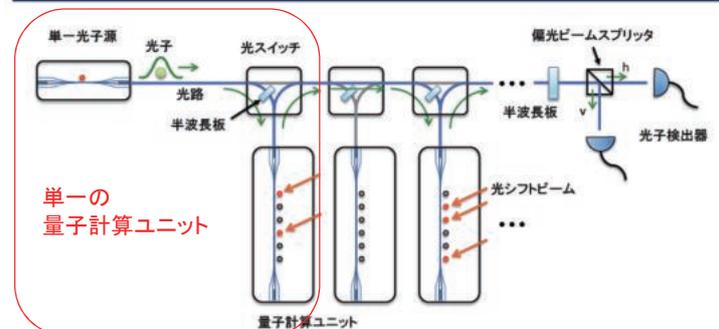
- (a)数ミリケルビンの極低温に冷却する必要があり、冷却装置や配線の技術的制約のため、現在の技術の延長では数百量子ビット程度が限界
- (b)量子コンピュータの規模（量子ビット数）は数十量子ビットにとどまっており、クロストークやゲート速度の問題からこれ以上の規模の拡大は困難

分散型量子コンピュータ



- 量子ビット数の限界を打ち破る方法として、多数の小規模な量子コンピュータをネットワーク化し、大規模な量子コンピュータを実現する「分散型量子コンピュータ」が注目されている。

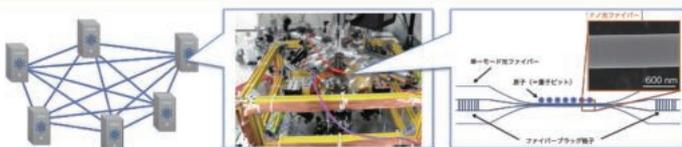
動作原理(分散型量子コンピュータ)



単一の量子計算ユニットにおいて任意に選んだ原子に光シフトビームを照射し、単一光子源から出力した光子を量子計算ユニットに入力することで、これらの量子ビットに対して量子ゲートを実行できる。

さらに、光ファイバで接続した複数の量子計算ユニットに連続して光子を入力することでこれらのユニット中の任意に選んだ量子ビットに対する量子ゲートを実行できる。

本技術：ナノファイバー共振器QED



- 本技術は、JST CRESTプロジェクトのもと、早稲田大学において独自に開発された全く新しい方式「ナノ光ファイバー共振器QED」に基づく量子コンピュータハードウェアである。
- 単一のユニットで数百～数千量子ビット程度、さらには高効率な分散型量子コンピュータにより、他方式と比較して圧倒的な大規模化が期待できる。

● 研究者名：青木 隆朗
● 所属：理工学術院 応用物理学科

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



低損失テーパ光ファイバと高 Q 値微小光共振器

Ultra-low-loss Tapered Optical Fibers(TOFs) and Ultra-high-Q Microtoroidal Resonators

背景 / Background

- ◆ 理学（物理学）としての量子光学研究と工学（応用物理学）としてのナノフォトニクスデバイス開発中。
- ◆ 近年、量子コンピューターや量子ネットワークといった量子情報技術の開発が盛んになっている。

- Development of nanophotonics devices
- The development of quantum information technologies such as quantum computers and quantum networks has become active.

概要 / Summary

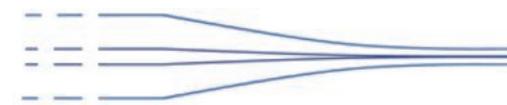
- ◆ 独自の技術を用いて、99.7% 以上の透過率を持つ低損失のナノ光ファイバーの開発に成功
- ◆ さらに、ナノ光ファイバーとファイバーブラッグ格子 (FBG) を組み合わせた「ナノ光ファイバー共振器 QED」を開発。これにレーザー冷却・トラップされた単一原子を結合させることで、世界で初めて全ファイバーキャビティQED系を実現
- ◆ キャビティQED系同士を伝搬モードを介して低損失に接続することができれば、多数のキャビティQED系が巨視的距離を隔てて結合した量子ネットワークの構築が可能となる。

- Succeeded in developing a nanofiber optic with a transmittance of 99.7% or more using our unique technology
- Developed a "nano-fiber optic resonator" that combines a nano-fiber and a fiber Bragg grating (FBG). By combining this with a single atom that is laser-cooled and trapped, the world's first all-fiber cavity QED system is realized.
- Developing extreme generation, measurement, and manipulation technologies for quantum states of light using nano-fiber optic resonator
- Aiming to realize scalable optical quantum computation by connecting cavity QED systems to each other with low loss via propagation mode and constructing a quantum network in which a large number of cavity QED systems are connected at a macroscopic distance.

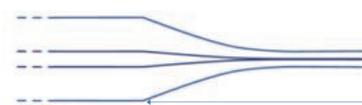
ターゲット市場 / 製品 Target Areas/Products

- ◆ 量子コンピューターへの応用
- ◆ 量子光学デバイスの開発
- Application to quantum computer
- Quantum information science(e.g., nonclassical light sources, scalable quantum logic with photons, quantum networks connected with light), ultra-low threshold optical devices, and single atom/molecule detecting devices

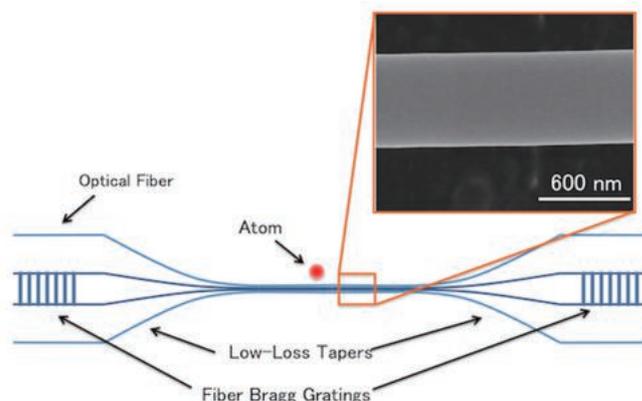
(a)従来のテーパ光ファイバ Conventional technology



(b) 開発した低損失テーパ光ファイバ Our technology

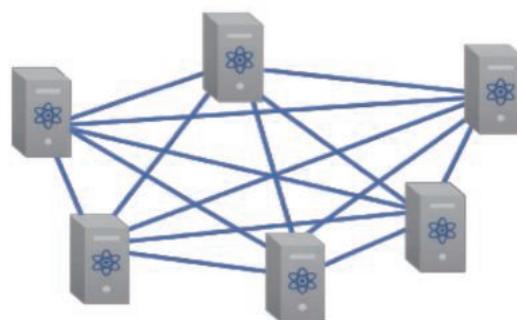


テーパ部分が短く、99.7%の透過率を持つナノ光ファイバーを開発
The highest transmission in excess of 99.7%. A total TOF length of only 23mm



開発したテーパ光ファイバとFGBを組み合わせた全ファイバーキャビティQED系の模式図
これを用いた量子コンピュータを開発中

Developed all fiber cavity QED system.
Quantum computer using this is under development



現在、さまざまな物理系に基づいた量子コンピューターが研究されていますが、いずれも従来の（古典）コンピュータを凌駕する性能を達成する規模への拡大が大きな課題となっています。これに対し、一つの量子コンピューターを大規模化するのではなく、多数の小規模な量子コンピューターを光ファイバでつないでネットワーク化することで大規模な量子コンピューターを実現する「分散型量子コンピューター」を開発しています。

Currently, quantum computers based on various physical systems are being researched, but the major challenge is to expand to a scale that achieves performance that surpasses that of conventional (classical) computers. On the other hand, instead of enlarging one quantum computer, we are developing a "distributed quantum computer" that realizes a large-scale quantum computer by connecting many small-scale quantum computers with optical fibers and networking them.



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・研究連携支援セクション(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>

発行日 2022年1月26日



© 2022 WTLO