

# ガラス基板上へのナノチャネルの作製

Fabricating nanochannels on glass substrates

力学と材料科学ユニット

Mechanics and Materials Unit

スタッフサイエンティスト

Staff Scientist

ヤンセンス ストフル

Dr. Stoffel D. Janssens



OIST

OKINAWA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY GRADUATE UNIVERSITY

沖縄科学技術大学院大学

# 従来技術とその問題点

Existing technology and its problem

- ナノチャネルとは：  
“一方向の長さが100nm以下の断面を有するチャネル”  
Definition of a Nanochannel : “A nanochannel is a channel with a cross-section of which one dimension is below 100 nm.”
- ナノチャネル作製には、高純度ガラスの板がよく使用される  
Highly pure glass plates are often used for nanochannel fabrication
- ガラスを使うメリット：高温、酸、溶媒、透明  
Benefits of using glass: High temperature, acid, solvent, transparent

# 従来技術とその問題点

Existing technology and its problem

## ナノチャネルの標準的な作製法

Standard Fabrication of Glass Nanochannels

### ステップ (Step) 1

- 基板にオープンなナノチャネルのパターンを形成

*A substrate is patterned with an open nanochannel*

方法 (Method) 1:

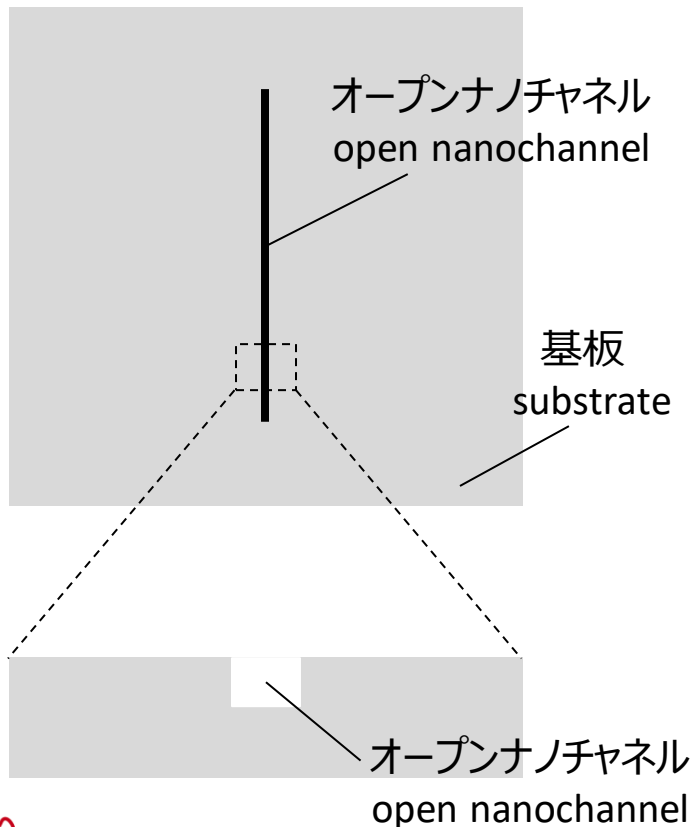
電子ビームリソグラフィー、又は、集束イオンビームミリングと反応性イオンエッチング

Electron beam lithography or focused ion beam milling and reactive ion etching

方法 (Method) 2:

ワイドチャネル - フトリソグラフィと反応性イオンエッチング

Wide channels – photolithography and reactive ion etching

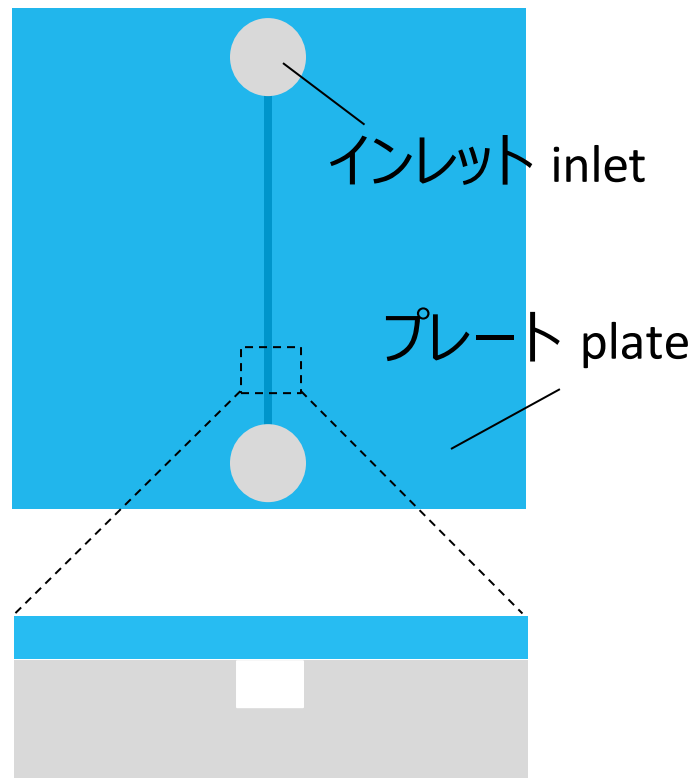


# 従来技術とその問題点

Existing technology and its problem

## ナノチャネルの標準的な作製法

Standard Fabrication of Nanochannels



### ステップ (Step) 2

－ チャネルの封止

*The channel is sealed*

方法 (Method) :

ガラス板の熱接合及び/又は陽極接合

Thermal and/or anodic bonding of a glass plate

# 従来技術とその問題点

Existing technology and its problem

## ナノチャネルの標準的な作製法

Standard Fabrication of Nanochannels

### 問題 Problems

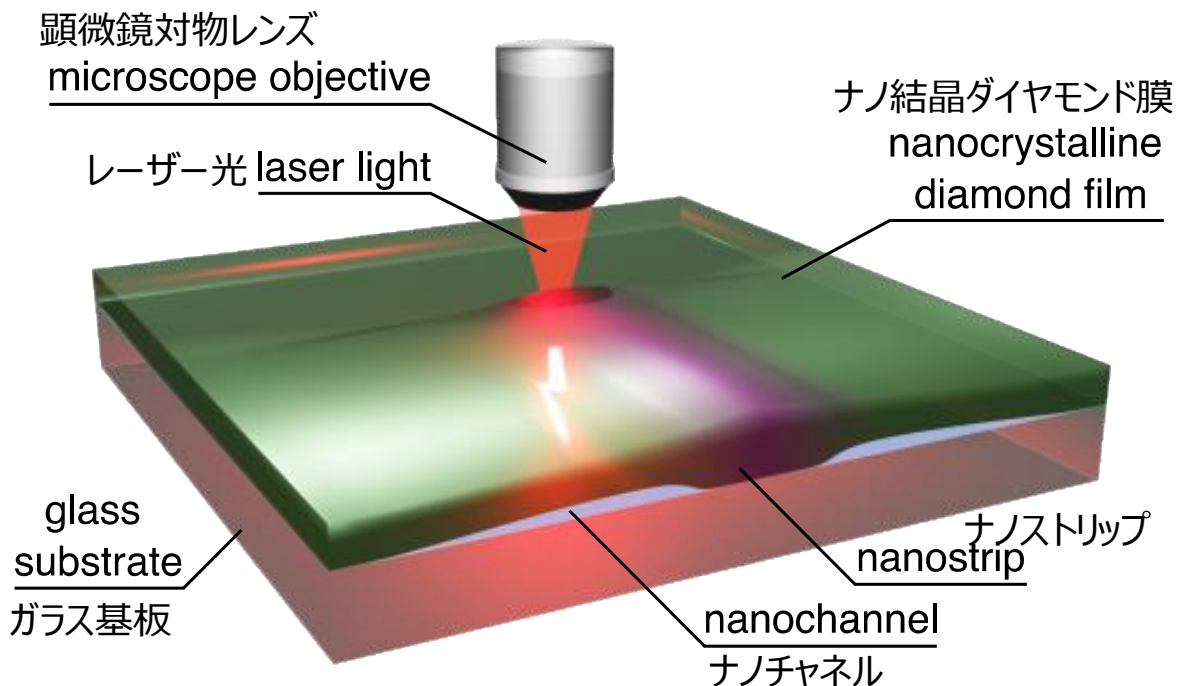
- 時間がかかる      time-consuming
- 設備が高価      expensive equipment
- クリーンルーム環境      cleanroom environment

# 新技術の特徴・従来技術との比較

Our technology for nanochannel fabrication

ナノ結晶ダイヤモンド膜とガラス基板の間にナノチャネルをレーザーにより直接描画

Direct laser writing of nanochannel pairs between nanocrystalline diamond films and glass substrates



## シンプルなワンステップ方式

### Simple One-Step Method

- レーザー光によるサンプルの膨張（ナノストリップ）  
Laser light causes the sample to expand (nanostrip)
- 膨張が膜の剥離を引き起こし、  
これにより（二つの）ナノチャネルが形成される  
The expansion causes delamination of the film  
which is followed by nanochannel (pair) formation

# 新技術の特徴・従来技術との比較

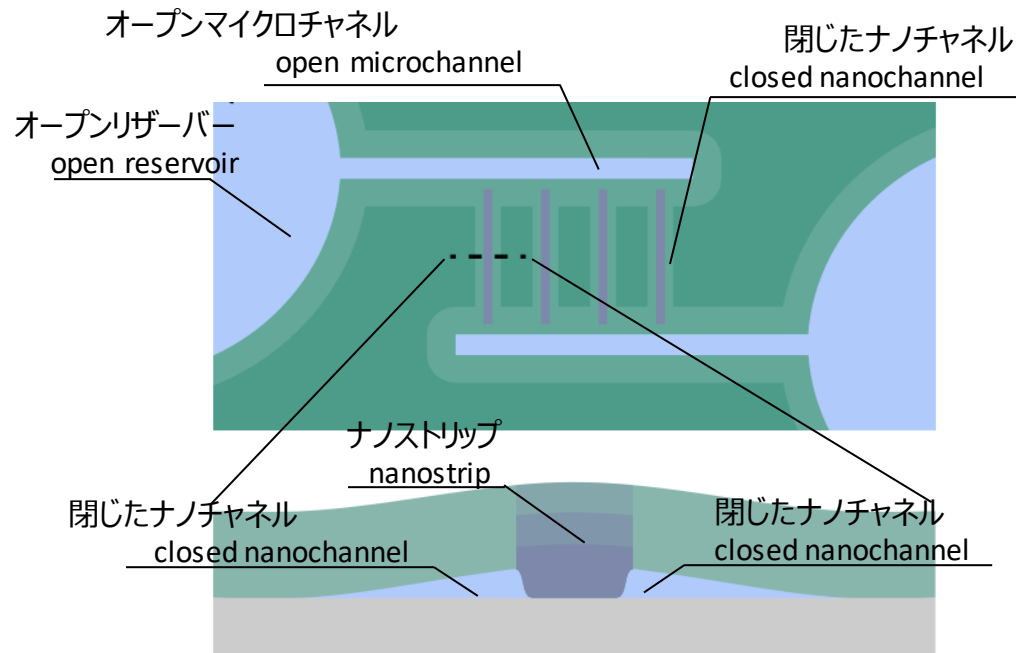
Our technology for nanochannel fabrication

## デモ：ナノ流体デバイス

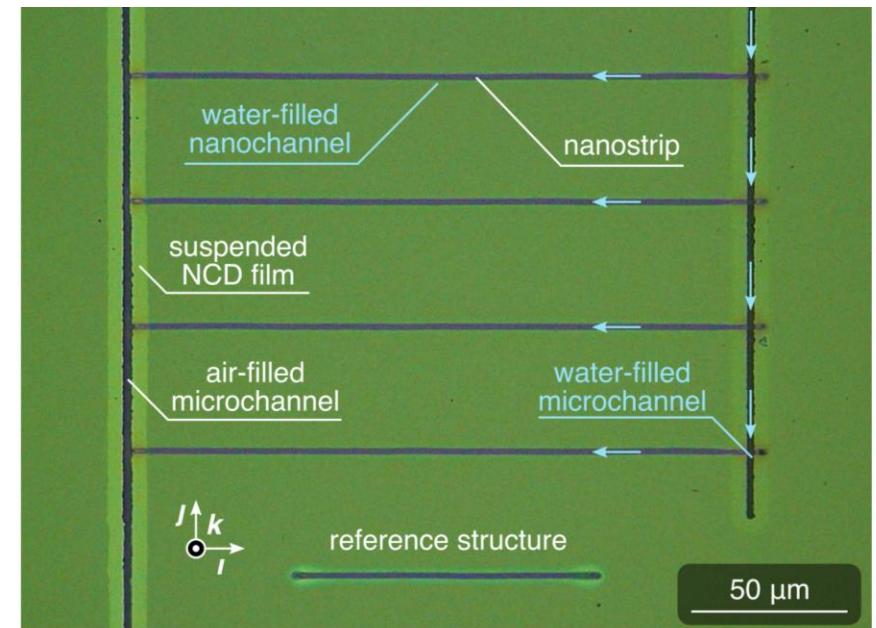
Demonstration nanofluidic device

- オープンリザーバー → オープンマイクロチャンネル → ナノチャンネル  
Open reservoir → open microchannel → nanochannel

概略図 schematic



顕微鏡イメージ microscope image



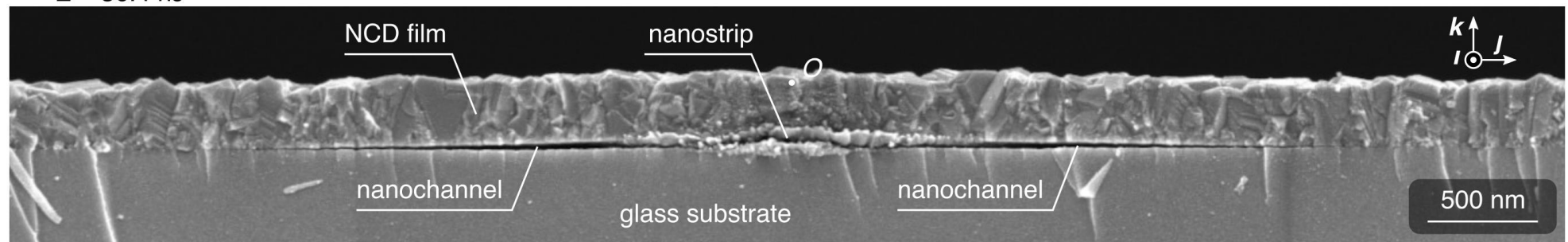
# 新技術の特徴・従来技術との比較

Our technology for nanochannel fabrication

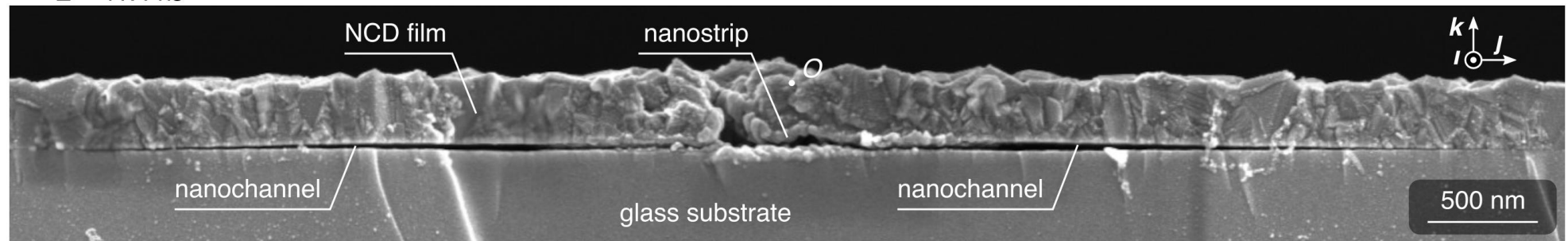
## ナノチャネルに挟まれたナノストリップの断面図

Cross-sections of nanostrips surrounded by nanochannels

(a)  $E = 36.4 \text{ nJ}$



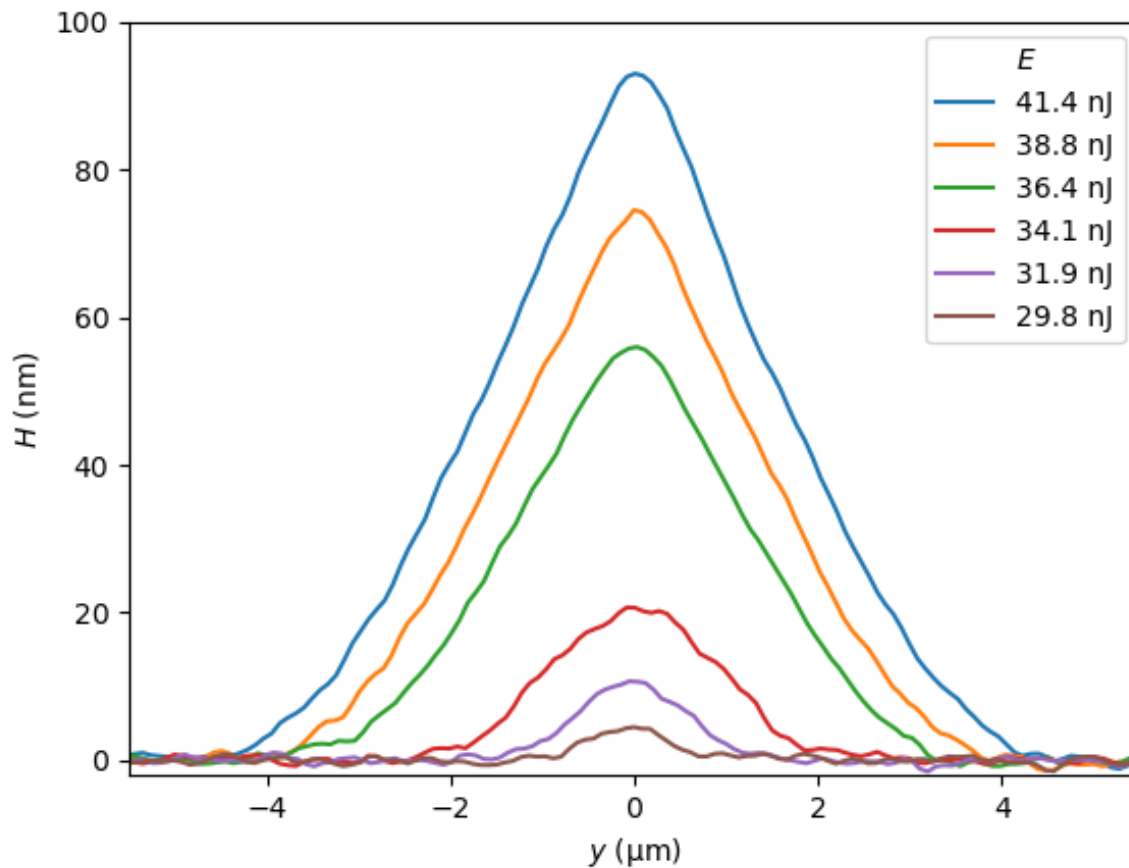
(b)  $E = 41.4 \text{ nJ}$





# 新技術の特徴・従来技術との比較

Our technology for nanochannel fabrication



## 調整可能性 Tunability

- ナノチャネルの高さは、レーザーパルスのエネルギー  $E$  によって調整可能

Nanochannel height can be tuned by laser pulse energy  $E$

# 新技術の特徴・従来技術との比較

Benefits, properties, and limitations of our technology

## 利点 Benefits

- 高速加工(200 mm/s) Fast fabrication (200 mm/s)
- 比較的安価な機器 Equipment is relatively inexpensive
- 材料は安価でサステナブル Materials are inexpensive and sustainable
- 封止工程なし No sealing step
- クリーンルームは不要 A cleanroom is not necessary

# 新技術の特徴・従来技術との比較

Benefits, properties, and limitations of our technology

## 特性 Properties

- 非常にロバストなナノチャネル(400°C、溶媒、酸など)  
Highly robust nanochannels (400°C, solvents, acids, ...)
- 光学的アクセスが可能  
Optically accessible
- サステナブルな材料(ガラス、炭素)  
Sustainable materials (glass, carbon)

# 新技術の特徴・従来技術との比較

Benefits, properties, and limitations of our technology

## 制約 Limitations

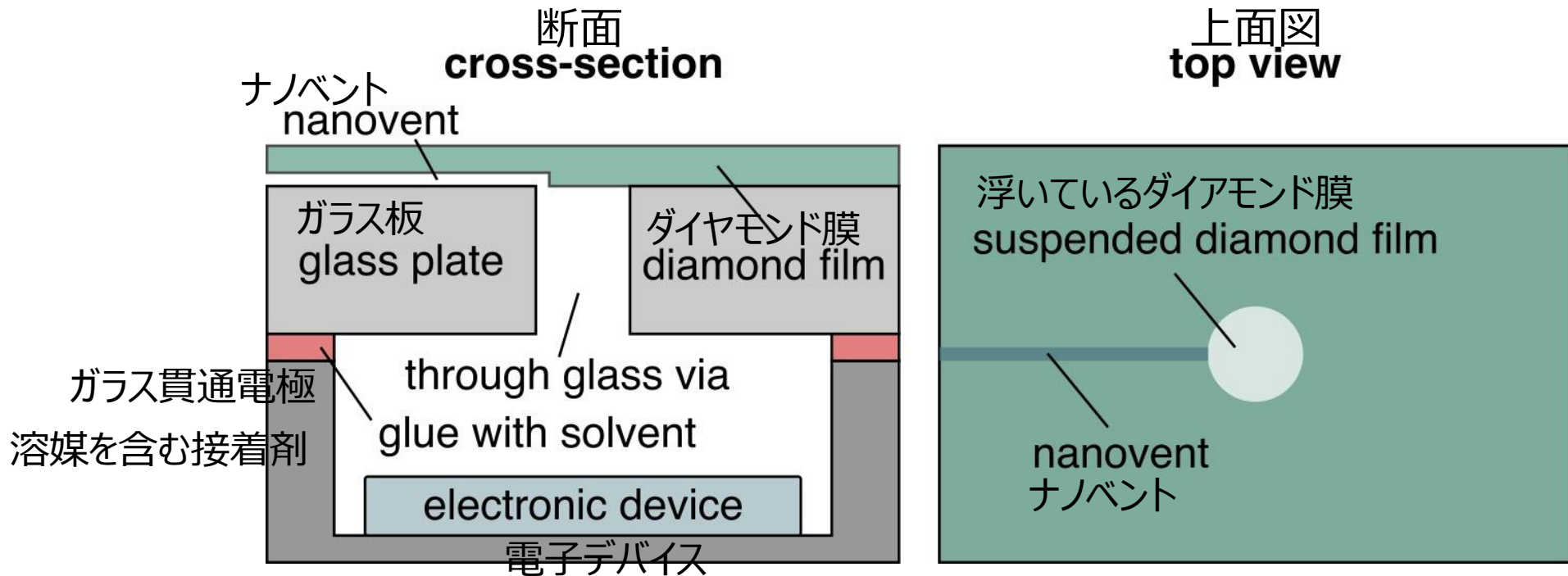
- ナノチャンネルの幅は数ミクロン  
A nanochannel is several microns wide  
  
→ 幅が広いと詰まりにくい  
wide nanochannels clog less

# 想定される用途

Expected application

## 電子パッケージング用ナノベント

Nanovent for electronics packaging



接着剤中の溶媒により圧力が溜まるが、ベントにより解放される

The solvent of the glue generates a pressure that is released by the vent

ベントは疎水性で、十分に小さいので粒子をブロック

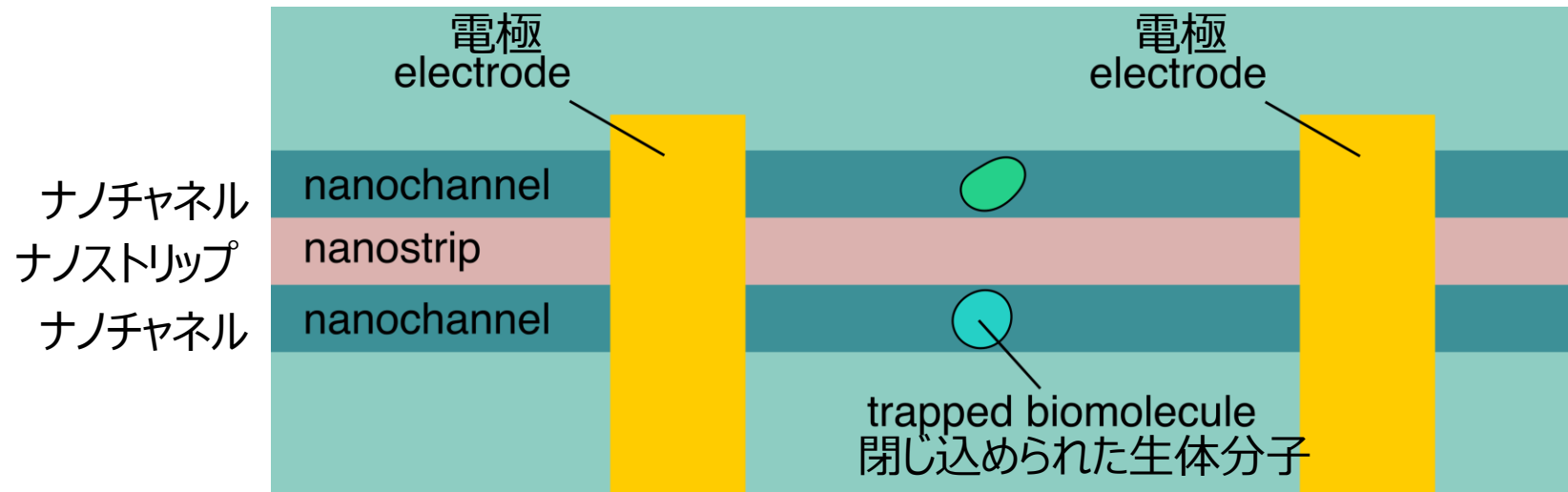
The vent is hydrophobic and sufficiently small to block particles

# 想定される用途

Expected application

## 生体分子の解析

Analysis of individual biomolecules



例えば、生体分子を電極の間に閉じ込めて、解析することが可能

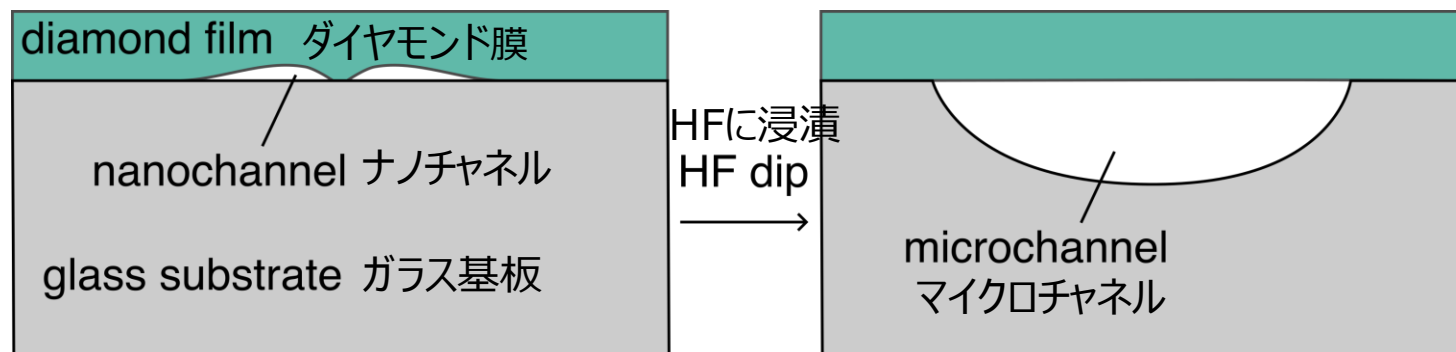
For example, a biomolecule can be trapped between electrodes for further investigations

# 想定される用途

Expected application

## マイクロチャネルの作製

Fabrication of microchannels



- HF酸をチャネルに誘導し、基板エッチングによりマイクロチャネルを形成  
HF acid is guided into the channels and forms a microchannel by substrate etching
- ダイヤモンド膜はHFに耐性がある  
The diamond film is resistant to HF
- ダイヤモンド膜に導電性を付与することも可能  
The diamond film can be made electrically conductive

# 実用化に向けた課題

Challenges for commercialization

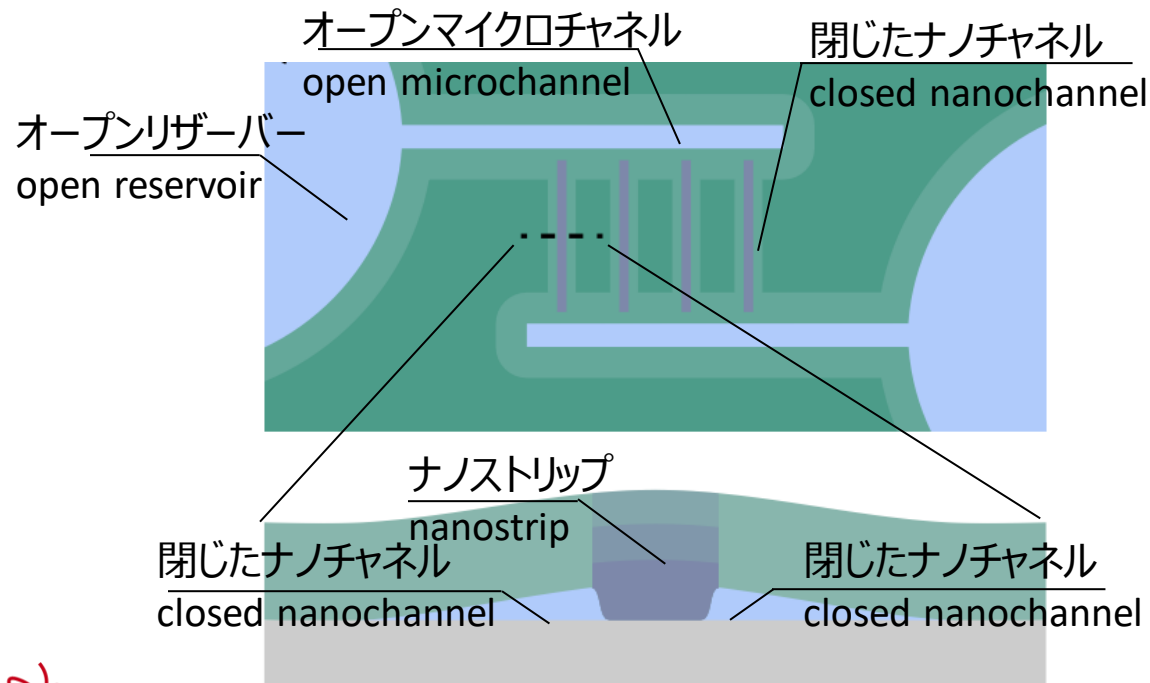
ナノ流体デバイス → 液体をチャネルに押し込む

Nanofluidic device

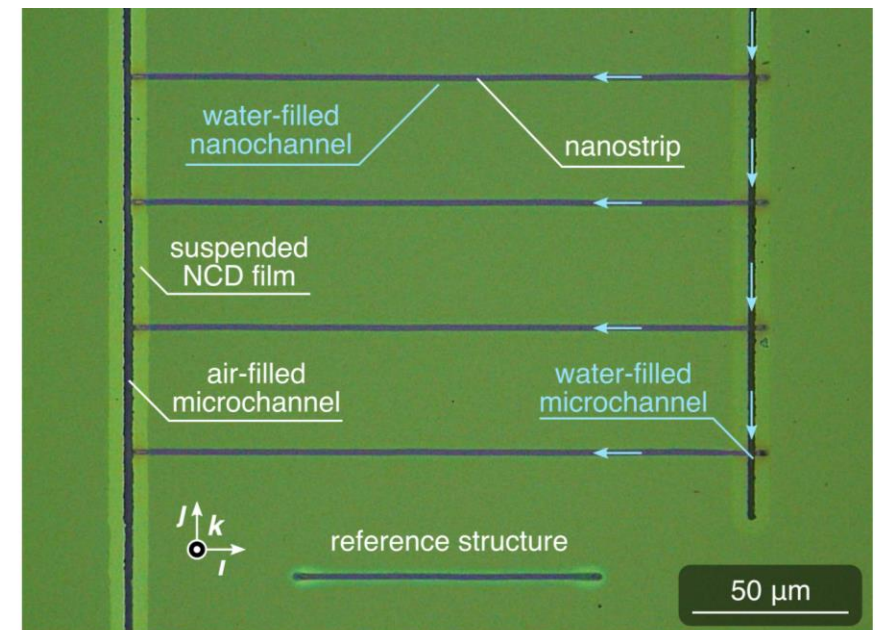
press liquid through the channels

- リザーバー → シリンジ、オープンマイクロチャネル → 閉じたマイクロチャネル  
reservoir      syringe, open microchannel      closed microchannel

概略図 schematic



顕微鏡イメージ microscope image





# 企業への期待

Potential ways for technology transfer

- 特許ライセンス  
Licensing
- 共同研究：様々な用途向けに共同開発  
Collaborations for specific applications

# 本技術に関する知的財産権

Patent application status

発明の名称 : 流路素子、パッケージ、薬物送達デバイス、  
生体分子検査装置、およびチャネル形成方法

原題 「Channel Element, Package, Drug Delivery Device, Biomolecule Testing Apparatus, and Channel Forming Method」

出願番号 : 特願2023-073856

出 願 人 : 沖縄科学技術大学院大学学園

発 明 者 : ヤンセンス ストフル、バスケス-コルテス ダビッド、  
ステスティスナ ブルハンヌディン、フリード エリオット

# お問い合わせ先

Contact

沖縄科学技術大学院大学

OIST | **Innovation**

TEL : 098-966-8937

FAX : 098-982-3424

E-mail : [tls@oist.jp](mailto:tls@oist.jp)



OIST

OKINAWA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY GRADUATE UNIVERSITY  
沖縄科学技術大学院大学