

「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」／次世代人工知能技術分野(先導研究)  
＜研究開発項目⑦＞次世代人工知能技術の社会実装に関するグローバル研究開発

# 空間移動時の AI融合高精度物体認識システムの研究開発

AIRs: AI-enabled Innovative Recognition System for spatial mobile Robots



国立大学法人東京大学、国立大学法人電気通信大学、  
国立研究開発法人産業技術総合研究所、  
オリンパス株式会社、株式会社デンソー、  
一般財団法人マイクロマシンセンター

# 研究開発の背景・狙い 現在の物体認識システムの課題

- 【想定するアプリ】
- 工場搬送ロボット
  - パーソナルモビリティ
  - 家庭アシスタントロボット
  - セキュリティロボット
  - 自動運転自動車
  - ドローン



可視カメラ



赤外カメラ



## 【認識すべき対象】

ガラス窓・ドア、縁石、段差、切り下げ、車止め、カラーコーン、石、落下物、歩行者、車、人形・写真・絵、等

## 【空間移動時の物体認識の課題と解決案】

実環境で、何がどこにあるか、認識の向上が課題

AI → 革新センサ情報のAI融合

→ 多波長同一光軸イメージャ(対応点が同一ピクセル)

イメージャ → 材質・温度に依存するスペクトルの利用(夜間、ガラス)

→ 赤外線利用距離計測

ジャイロ

→ 画像各点の3次元座標情報(視線方向、距離情報利用)

→ 実環境での精密な視線方向情報

(ロボット筐体の変形、不整地移動時の振動、パン・チルト)

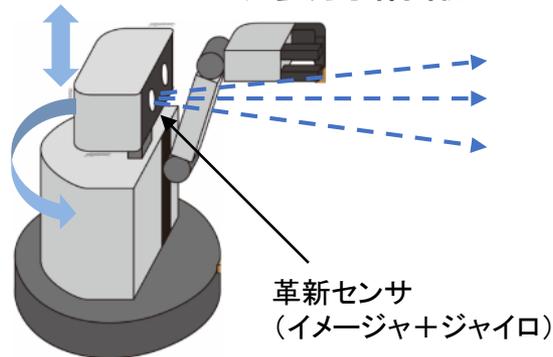


可視カメラ 赤外カメラ

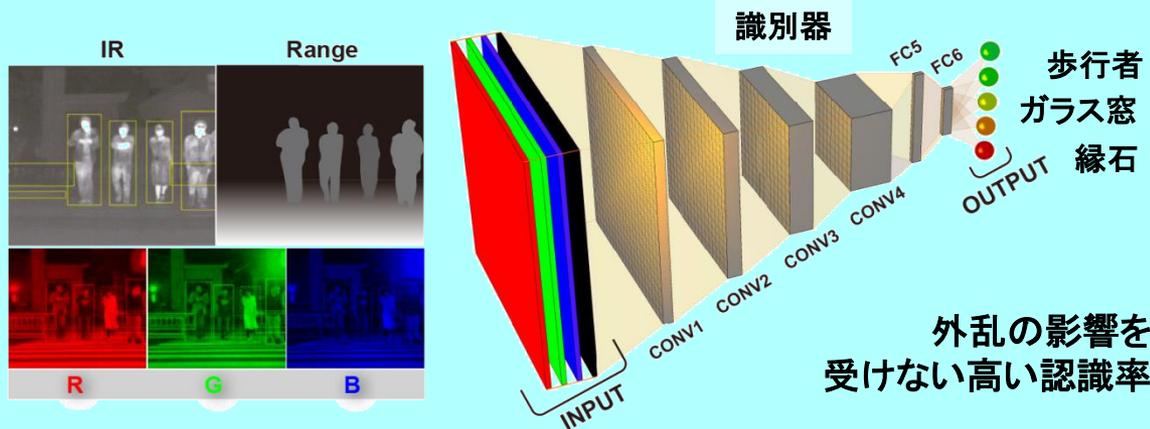


# 研究開発の内容

同軸多波長画像情報  
カメラ姿勢情報



## 革新センサ情報に基づいた次世代人工知能



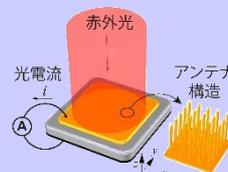
## 人工知能による物体認識

五感を超えた革新センサからの入力情報を活用する人工知能により、正確・堅牢・高速な物体認識システムを実現

- ① 可視から中赤外までの多波長画像により人などの発熱物、ガラスなどの透明物を認識
- ② 高精度分子慣性ジャイロで視線方向・画素の絶対座標をリアルタイムにズレなく計測認識。
- ③ 視線を変える能動的な認識(覗き込み)により認識能力がさらに向上

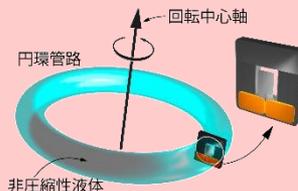
## 革新センサ

### プラズモニック ワイドバンドイメージャ



・Si基板上で、可視光から中赤外まで同一光軸の画像  
→多波長画像間ズレなし

### 高精度 分子慣性ジャイロ



- ・3軸広帯域
- ・高感度かつ加速度の影響なし

# 研究開発実施体制

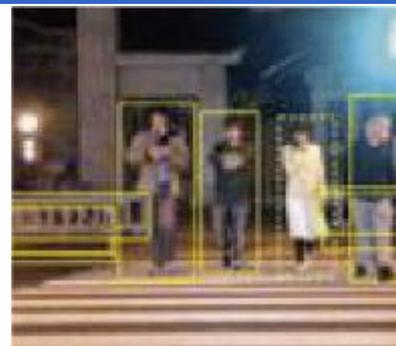
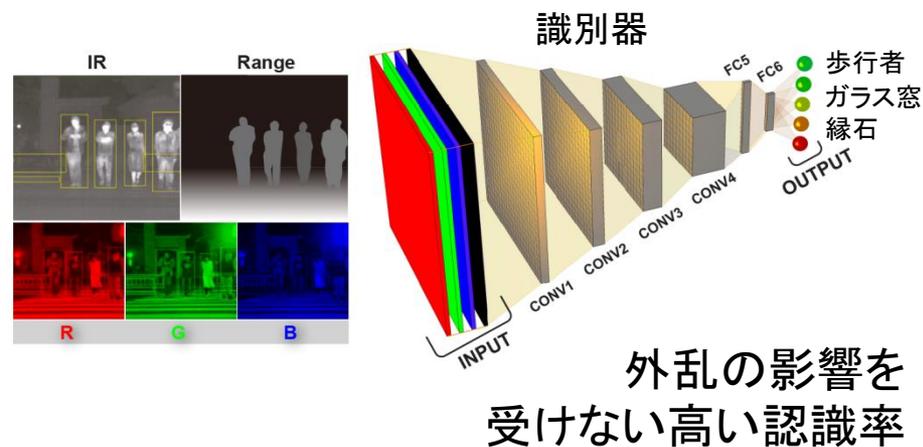
新エネルギー・産業技術総合研究開発機構



研究開発責任者  
東京大学教授  
下山 勲

▼ 中間評価

	H29年度	H30年度	
<p>プラズモニック ワイドバンドイメージャ</p>	Si中赤外デバイス要素技術開発		
	Si中赤外デバイスイメージャ化・ワイドバンド化要素開発		
<p>革新センサ情報に 基づいた次世代人工知能</p>	一次画像データセット	二次画像データセット	
			画像データセット拡張
	物体認識基礎検討	物体認識アルゴリズム開発	インテグレーション
<p>高精度分子慣性ジャイロ</p>	高精度信号処理技術	多軸高精度信号処理技術	
	高精度分子慣性ジャイロ実験モデル検討、小型化開発		



可視画像



赤外画像

ナイトビジョンとして利用可能  
信号など発光体のハレーションなし

## 物体認識アルゴリズムの特徴

可視から中赤外までの**多波長画像**を利用

- ⇒ 夜間でも高精度に歩行者を認識  
ガラスなどの透明物も物性を利用して認識

**高精度ジャイロ**から計算されたカメラの姿勢角を利用

- ⇒ ロボットの動きによりカメラが振動しても認識

⇒ 高精度かつロバストな  
物体認識



特殊カメラ

多様なシーンバリエーションで撮影



重要被写体  
ラベル付け



ガラス



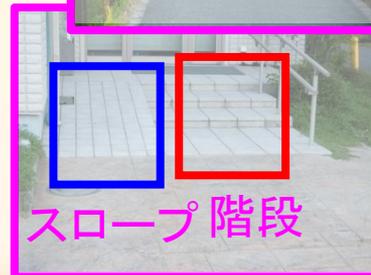
横断歩道

車



人

自転車

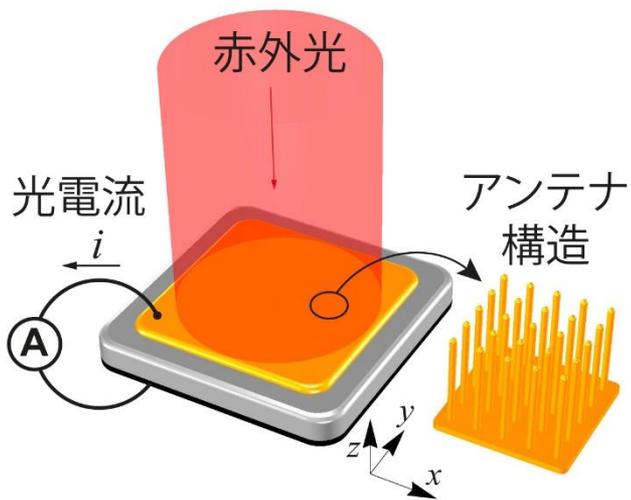


スロープ 階段

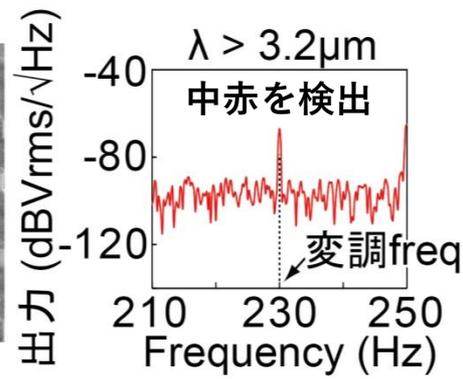
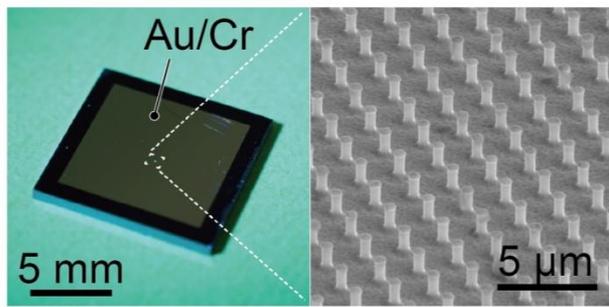


可視光・赤外光を同じ位置で記録

# ②プラズモニックワイドバンドイメージャ 「Si中赤外光検出素子要素開発」



試作したSi中赤外検出素子

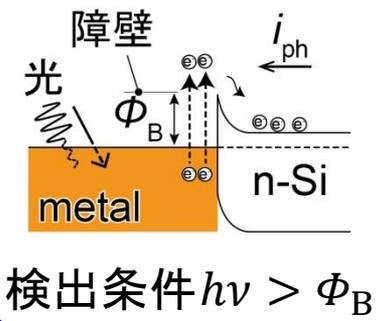
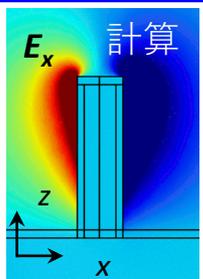


当グループは、Siで近赤外～中赤外光を効率よく検出できる独自技術を有している



この技術をさらに伸ばし、AI用認識データ取得のための多波長イメージャ(プラズモニックワイドバンドイメージャ)の研究開発

アンテナ構造で効率的な光吸収  
表面プラズモン共鳴(金属表面電子の共振)が光を吸収  
(右図:アンテナにおける共鳴)



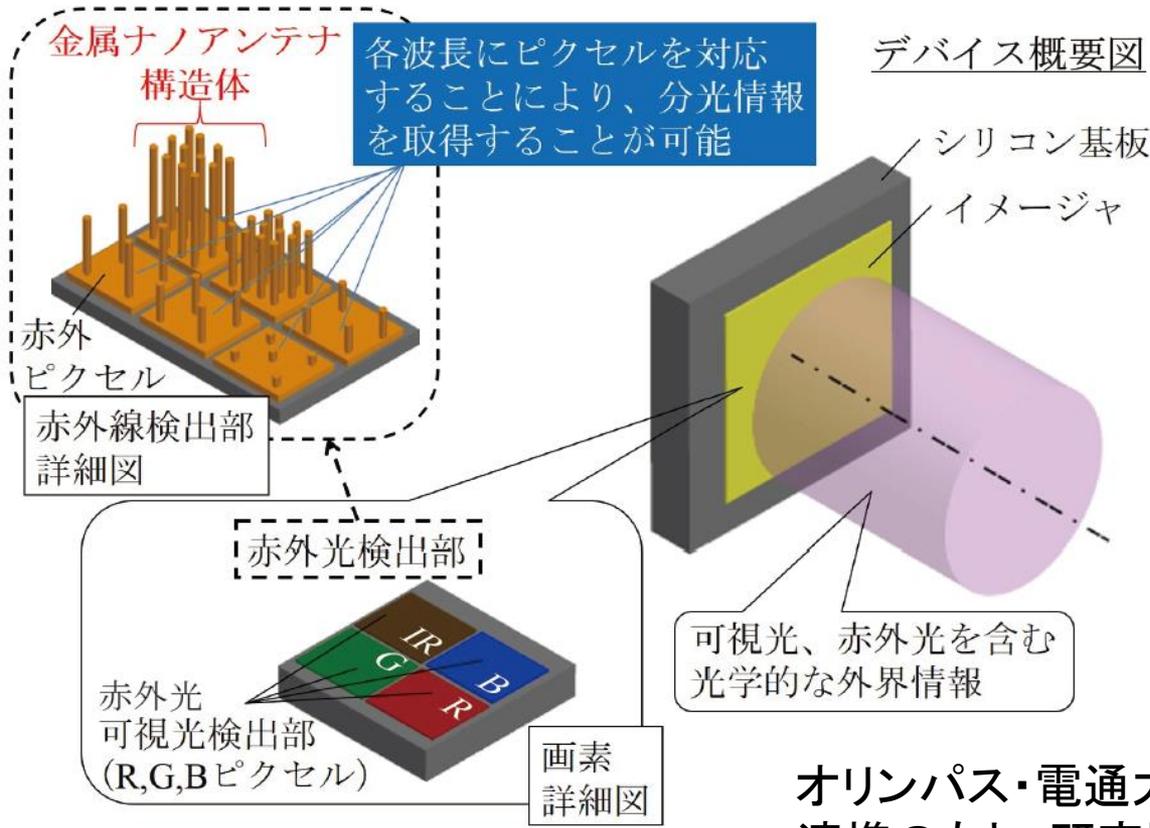
吸収した光エネルギーをアンテナ内部の界面(ショットキー障壁)で電流に変換  
Siで赤外線検出器

## 具体的研究課題

- ①チップ化のために検出回路との統合
- ②全体システムのワンチップ化の検討
- ③距離計測アプリケーションへの適用検証

## ②プラズモニックワイドバンドイメージャ 「Si中赤外イメージャ化要素開発」

### イメージャ 想定図



赤外光検出素子の  
イメージャ化  
への展開には

- ・読み出し回路
- ・画素選択回路

以上の機能要素  
との融合が必要  
不可欠

オリンパス・電通大・AIST・MMCの  
連携のもと、研究開発

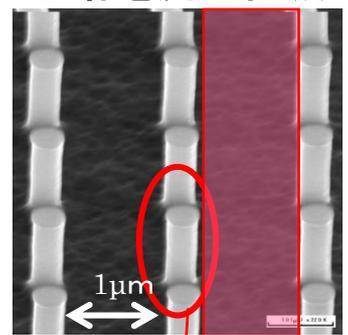
### 具体的研究課題

- ①光検出器のモデルを作成し、読み出し回路、及び、画素選択回路を研究開発する
- ②将来的な読み出し回路チップと光検出チップとの統合を見据え、接合技術の研究開発を進める

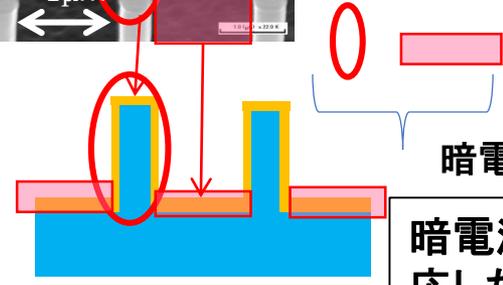
# ②プラズモニクワイドバンドイメージャ 「Si中赤外光検出素子実証検証試作」

## Si中赤外素子受光性能高性能化

### ○暗電流の低減



暗電流発生部位特定  
発生量を見積もり  
構造、加工条件を改善  
現状 約1mA/□を  
1/10に低減

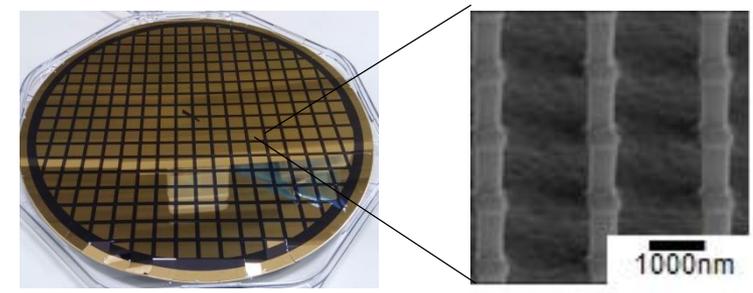


暗電流発生部位例  
暗電流活性中心に対  
応した、パッシベー  
ション構造を検討

### ○感度向上

電通大と共同でナノポール・メタル構造等を見直す

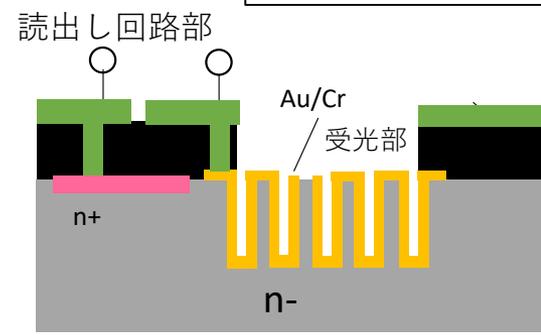
## Si中赤外光検出イメージャ化検討



ナノアンテナ構造体形成8インチウエハ試作例

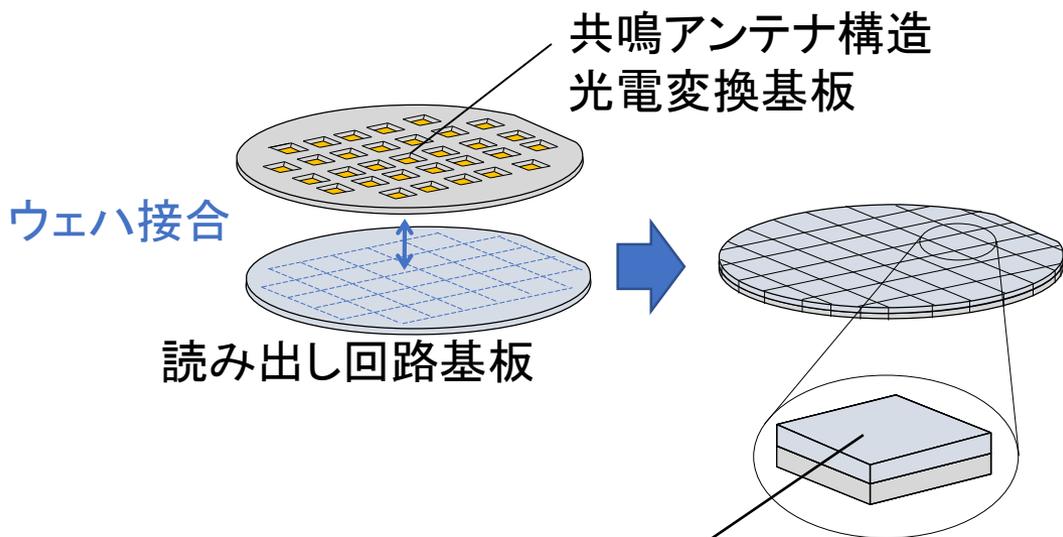
### ○イメージャ化構造検討

読出し回路部へ接続するための  
配線電極構造等を検討



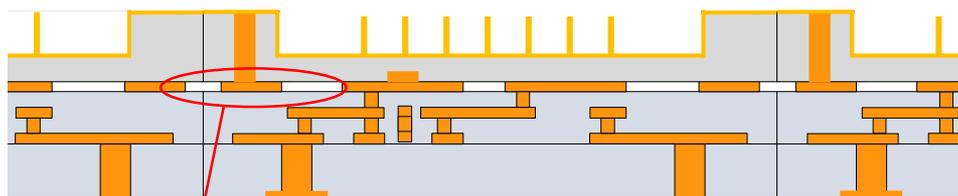
配線構造検討例

# ②プラズモニックワイドバンドイメージャ 「イメージャ化に向けた高精度実装要素技術」



共鳴アンテナ構造  
光電変換基板

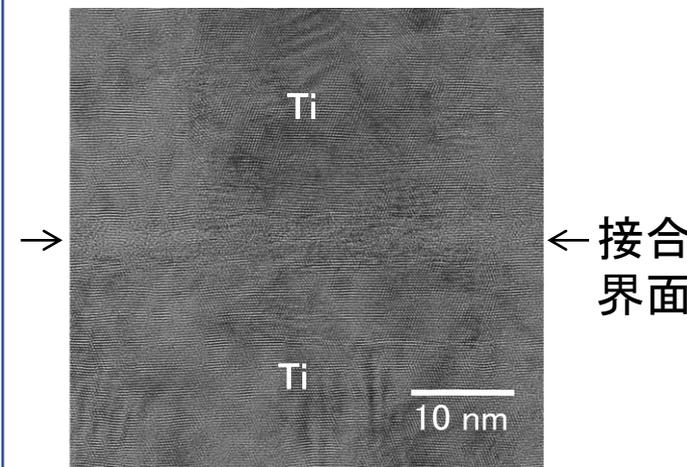
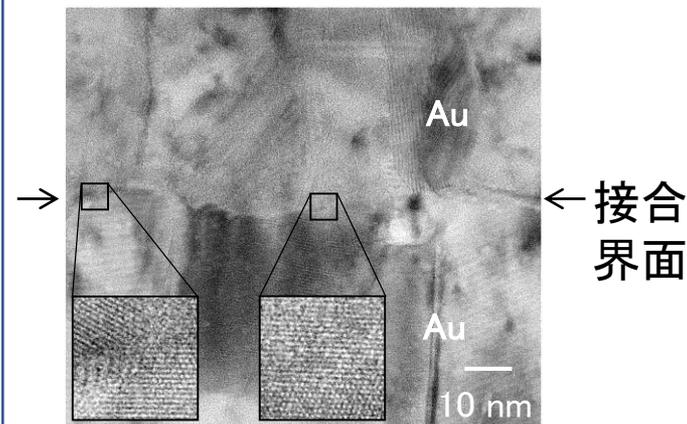
断面の一部



読み出し回路基板

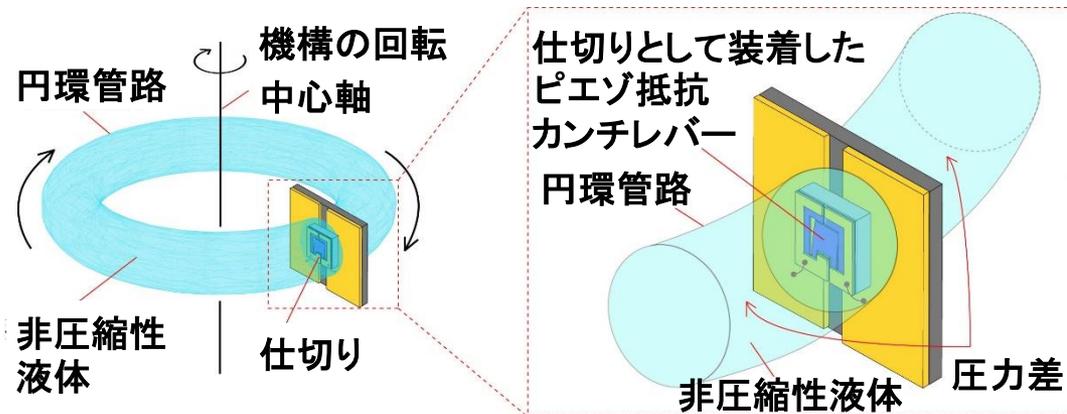
ショットキー特性を劣化させない、読み出し回路へダメージを与えない、低抵抗接続を実現する接合技術の研究開発

低温接合の一例(断面TEM像)



### 高精度分子慣性ジャイロの特徴

- 機構回転時、仕切りは静止した非圧縮性液体が持つ慣性力を受ける。この力から、角加速度、角速度を求める
- 可動要素のない構造であるため、振動・(他軸)加速度の影響を受けない
- 仕切りに高感度な力センサを用いること、また流路長を延長するような構造により高感度化が可

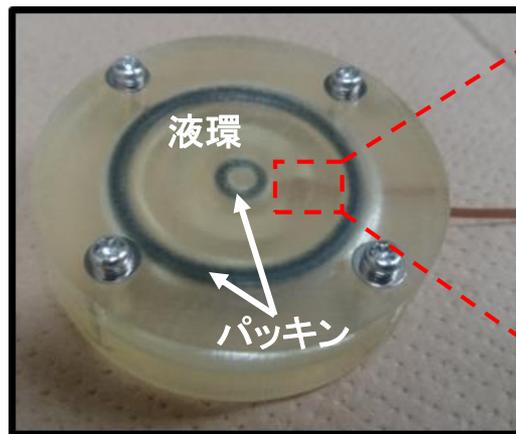


### 本研究の目標

スパイラル流路構造により、小型かつ高感度なジャイロを実現

3軸角速度が検出可能な高精度ジャイロを実現

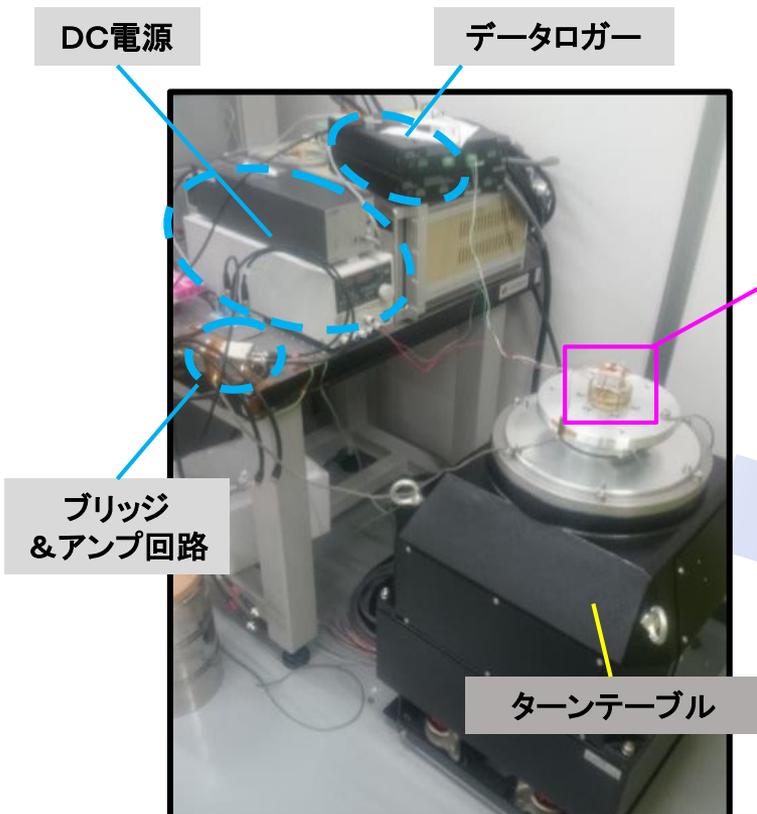
試作した1軸高精度分子慣性ジャイロ  
ラージスケールモデル



慣性力検出部  
拡大図

### ③高精度分子慣性ジャイロ

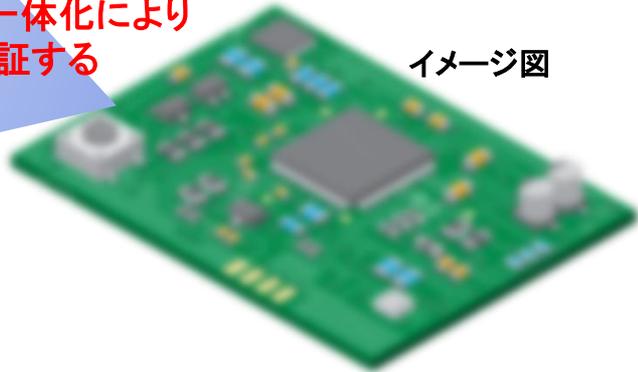
「検出用高精度信号処理技術の検討、多軸用-高精度信号処理回路の検討」



分子慣性ジャイロ  
(LSモデル)

LSモデル、ブリッジ&アンプ回路  
およびデータロガーの一体化

検出信号処理の高度化と一体化により  
高精度ジャイロセンサを実証する



イメージ図

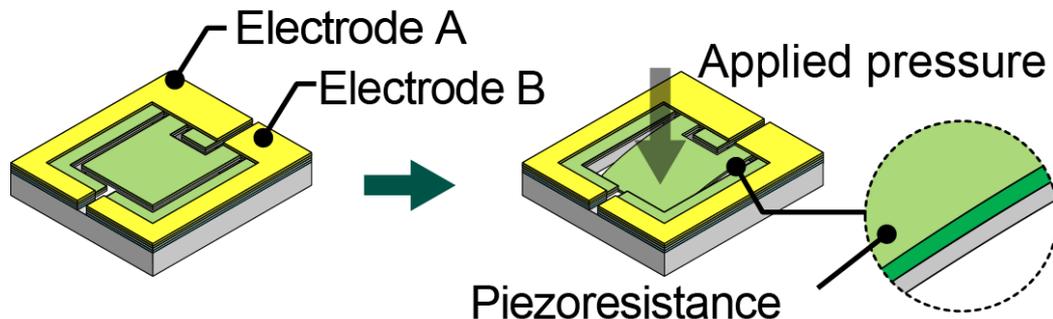
- \* 高精度な検出信号処理  
積分演算(角加速度→角速度)含めた  
低ノイズ信号処理回路を開発
- \* 多軸信号処理  
相関分析を用いた高精度回路を開発

## カンチレバー型差圧センサの特徴

- カンチレバー上面と下面の圧力差により、表面のピエゾ抵抗の抵抗値が変化
- 機械的に変形しやすいため、高感度に圧力差を計測可能

A-B Resistance :  $R$

$$R = \Delta R + R_0$$

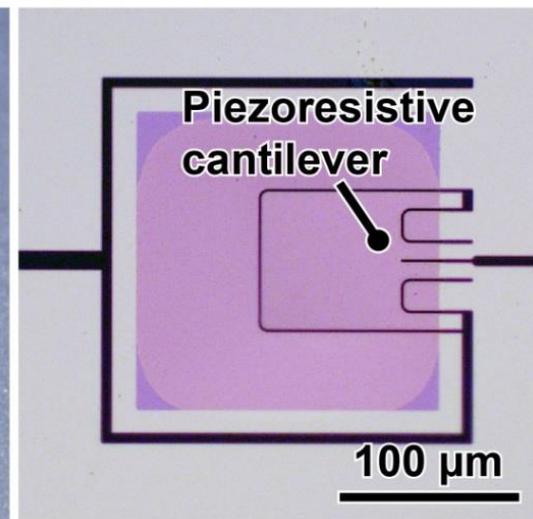
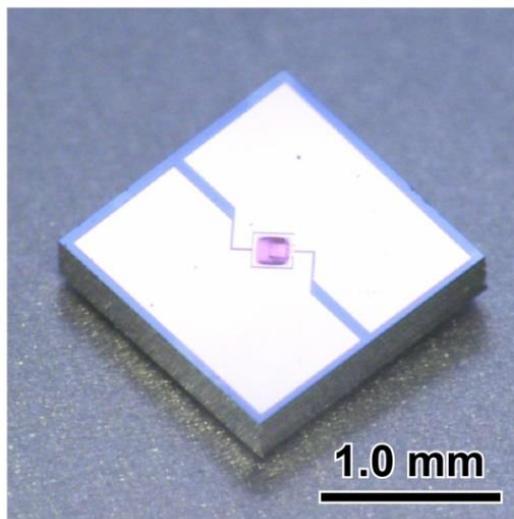


## 試作したピエゾ抵抗型カンチレバー

## 本研究の目標

カンチレバーの薄型化、  
形状の最適化により  
従来の10倍の感度を実現

高感度化することで  
より高性能なジャイロ素子を実現



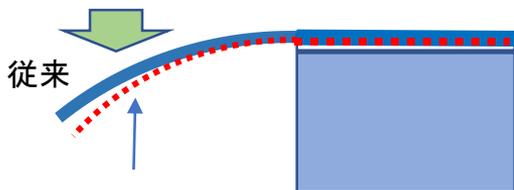
## カンチレバーセンサ高性能化、実証用素子試作提供を担当

### ○カンチレバーの高感度化

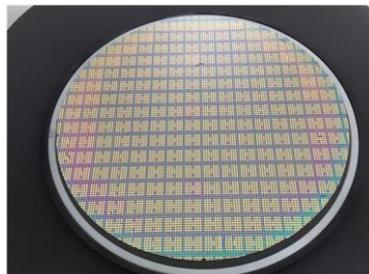
### ○カンチレバー形状歩留り向上

### ○低ノイズ化構造検討

カンチレバー薄厚化

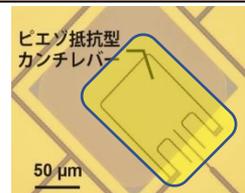


従来  
Si厚さ200nm 以下  
カンチレバーを試作



8インチ基板カンチレバー試作加工例  
(1.5mm□カンチレバーchip  
1300個以上配置)

ノイズ発生部にパッシベーション  
構造を導入

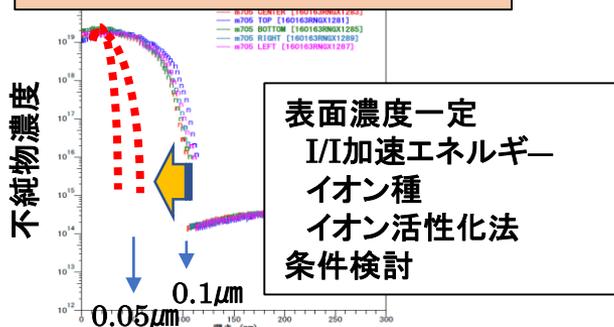


ノイズ発生源  
特定改善

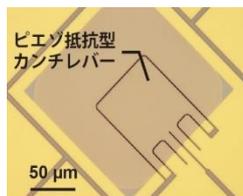
ピエゾ抵抗層拡散深さ浅化

カンチレバー工程中破壊を防止

### ○流路一体化構造検討



表面濃度一定  
I/I加速エネルギー  
イオン種  
イオン活性化法  
条件検討



薄いSi構造の破壊防止  
応力、歪集中を改善

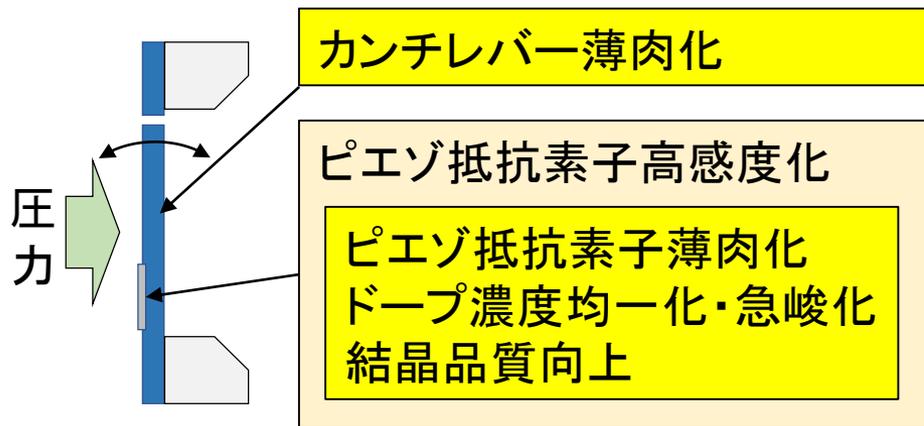
現状カンチレバー平面形状

流路設計とマッチ  
ングするセンサ構  
造を検討

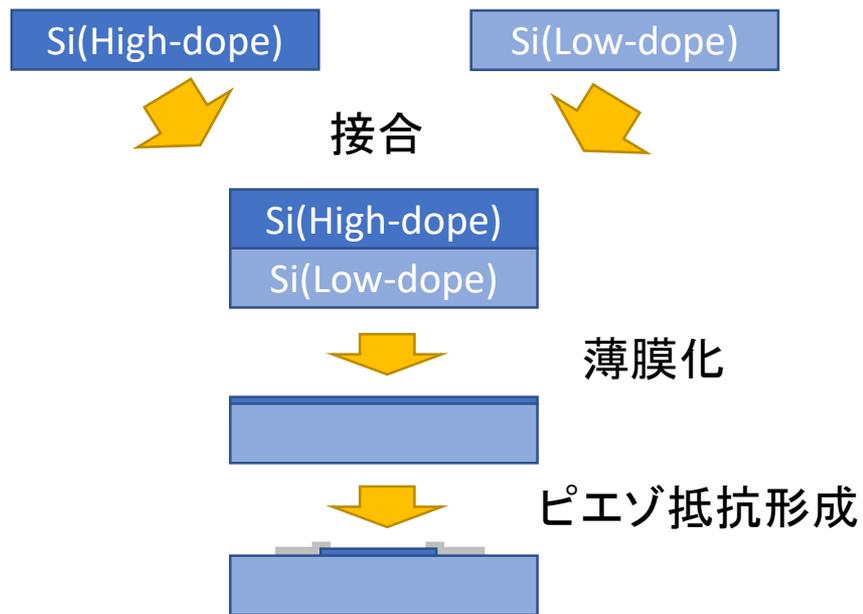
ピエゾ抵抗層拡散深さ

# ③高精度分子慣性ジャイロ 超小型カンチレバー高感度化

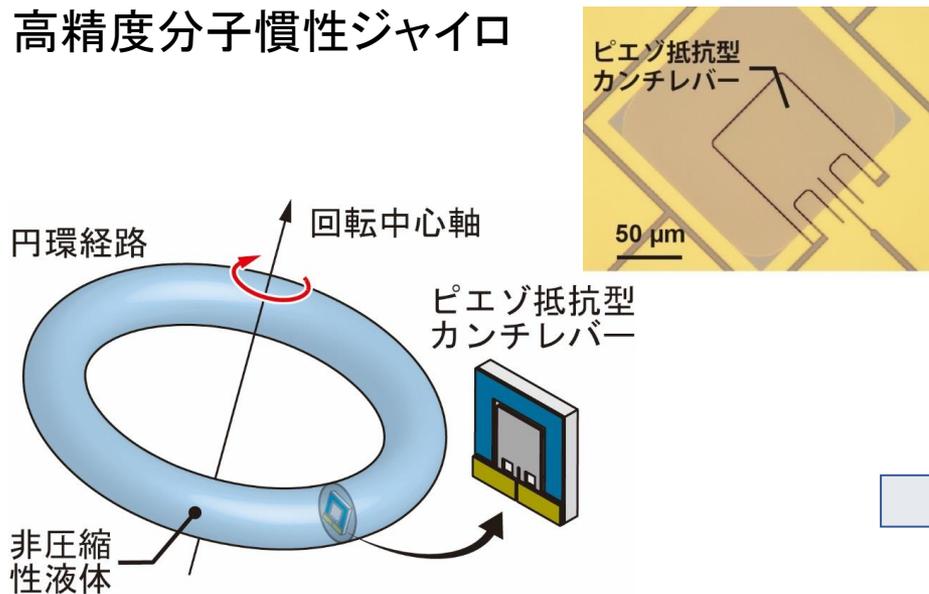
## ○カンチレバー型センサの高感度化



## 接合・転写による超薄膜形成



## 高精度分子慣性ジャイロ



石英ウェハ上に転写されたGaAs薄膜

# ご清聴ありがとうございました

お問合せ先:

一般財団法人マイクロマシンセンター  
千代田区神田佐久間河岸67

Tel.: 03-5835-1870

URL: <http://www.mmc.or.jp/>

担当: 小池智之