

TIA-NMEMS拠点の構築



つくばR&Dプラットフォームの概要

- ◆ 最先端MEMS関連設備
- ◆ 産総研・研究リソース
- ◆ 関連研究開発プロジェクト



2011年2月
(財) マイクロマシンセンター
MEMS協議会

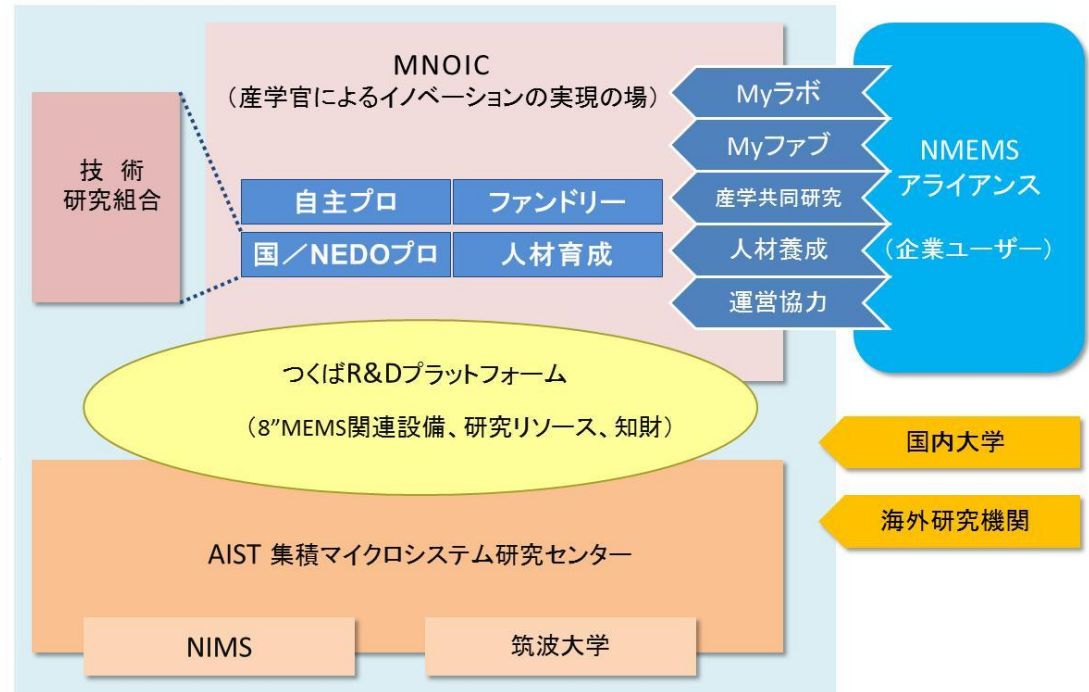
TIA-NMEMS拠点の構築

- ・最先端設備、研究リソース、および知財から成るつくばR&Dプラットフォームをベースに
- ・産学連携によりイノベーション創出を実現する場を提供する仕組み:MNOIC
- ・MNOICを利活用し、支援する企業グループであるNMEMSアライアンス

NMEMS 拠点の概略

TIA-NMEMS

産総研つくば東事業所



NMEMSアライアンス 参画企業(想定)

- ・オムロン(株) ・オリンパス(株) ・三菱電機(株) ・(株)東芝 ・パナソニック電工(株) ・みずほ情報総研(株)
- ・セイコーインスツル(株) ・日本ユニシス・エクセリューションズ(株) ・(株)日立製作所 ・横河電機(株)
- ・大日本印刷(株) ・(株)フジクラ ・住友精密工業(株)

1. 最先端MEMS関連設備

(1) センサーネットワーククリーンルーム

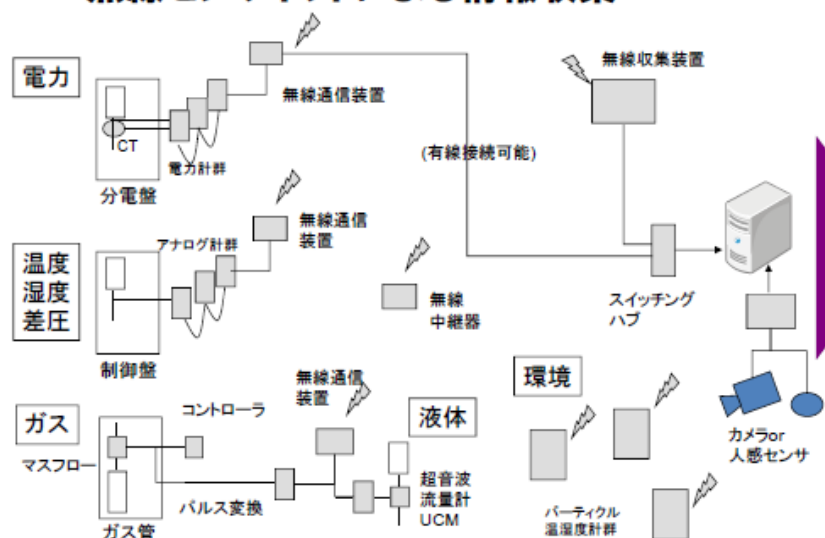
① 制御機能付き空調設備とクリーンルーム(3B棟1Fクリーンルーム)

フィードバック制御を想定した省資源に最も適したセンサネットワークシステムを検証するために一部のエリアに検証用空調設備を導入！

② エネルギー見える化システム(3D棟1Fクリーンルーム)

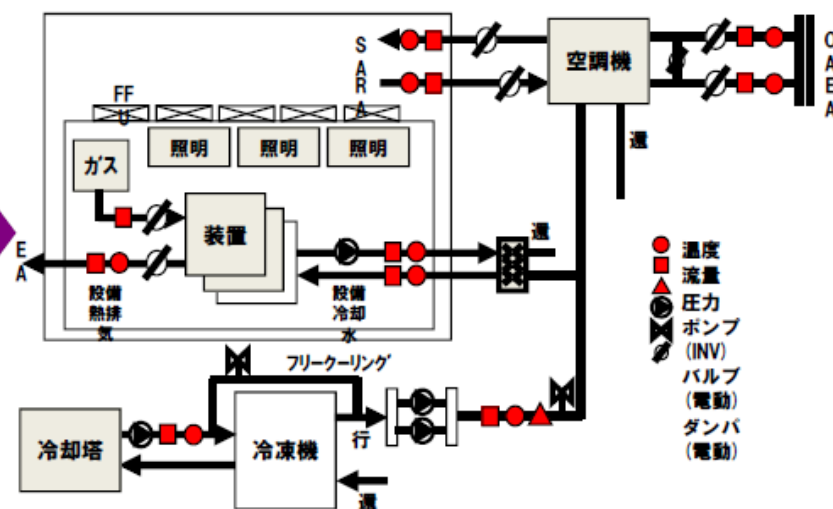
MEMS用クリーンルームを実験場として、その中で設置されている各製造・評価装置、空調装置などの電力量、温度、異物粒子、ガスなどを各種センサ群を用いたセンシングによりモニタリングを行う設備・システムを構築！

無線センサネットによる情報収集



約150ポイントの計測・見える化システム

製造環境のエネルギー最適制御



制御機能付き空調設備

1. 最先端MEMS関連設備

(2)最先端MEMS 8、12インチ製造・検査評価設備

特長

- ① 最先端レベルの**8インチウェハ対応**(クラス1000以下)。
産総研つくば東事業所に設置。
⇒**12インチ半導体ラインとの合体によりシナジー発揮**。
- ② 環境負荷測定**センサネットシステム**による**監視**ライン。
⇒**低環境負荷生産**を実現。
- ③ MEMSプロトタイピングから、量産想定パイロット生産まで対応。
⇒ファンドリーとの連携で“**Commercialization Gap**”を克服。
- ④ MEMS/LSIの前工程から後工程、評価までカバーする**一貫ライン**。
⇒ウェハの洗浄、リソグラフィー、拡散、酸化、成膜、エッチング、
接合・封止、デバイスチップ切断、実装用配線、
デバイス表面及び内部の形状評価。
- ⑤ 3次元マイクロ加工からサブハーフミクロン加工まで対応。
⇒**実績**あるセンサ等のMEMSから、**最先端**レベルデバイスまで。
BEANSプロジェクト成果プロセスの検証デバイス試作に使用。

1. 最先端MEMS関連設備

(2)最先端MEMS 8、12インチ製造・検査評価設備

設備概要

工程	プロセス/評価装置	設置場所
洗浄・乾燥	12"ウェハ洗浄(RCA洗浄)	前工程 クリーン ルーム
	有機ドラフト, IPAベーパー乾燥, 超純水精製装置	
リソグラフィ	12"DMDマスクレス投影露光装置 , マスクアライナ, i線 (0.35μm) ステツパ	
	12"コーターデベロッパ, 12"酸素アッシャー	
成膜	酸化炉, ボロン拡散炉, 12"プラズマCVD低温酸化膜形成	
	シリコン窒化膜減圧CVD	
	リンドープポリシリコン膜減圧CVD	
	金属・圧電材 (AlN)・絶縁膜-3チャンバスパッタ	
エッチング	12", 8"シリコン深堀ドライエッチング(ボッシュプロセス)	
	金属ICPドライエッチング, 酸化膜・窒化膜ICPドライエッチング	
	シリコン異方性ウェットエッチング	
	酸化膜犠牲層ドライエッチング	
接合・実装	チップ to 12"ウェハ・8"ウェハ to ウェハ表面活性化接合装置	後工程・評価 クリーン ルーム
	12"電子ビーム蒸着, 真空アニール炉	
	レーザ・ステルスダイサー, 12"ブレードダイサー	
評価	ウェハレベルテストプローバ, 非接触薄膜応力評価装置, 12"X線CT検査	
	12"走査型電子顕微鏡(元素分析, 結晶解析), 測長電子顕微鏡	
	12"反射分光膜厚計, 触針式段差測定機, 光学顕微鏡, ウェハ塵埃検査	

上記赤字は特に注目すべき最先端装置

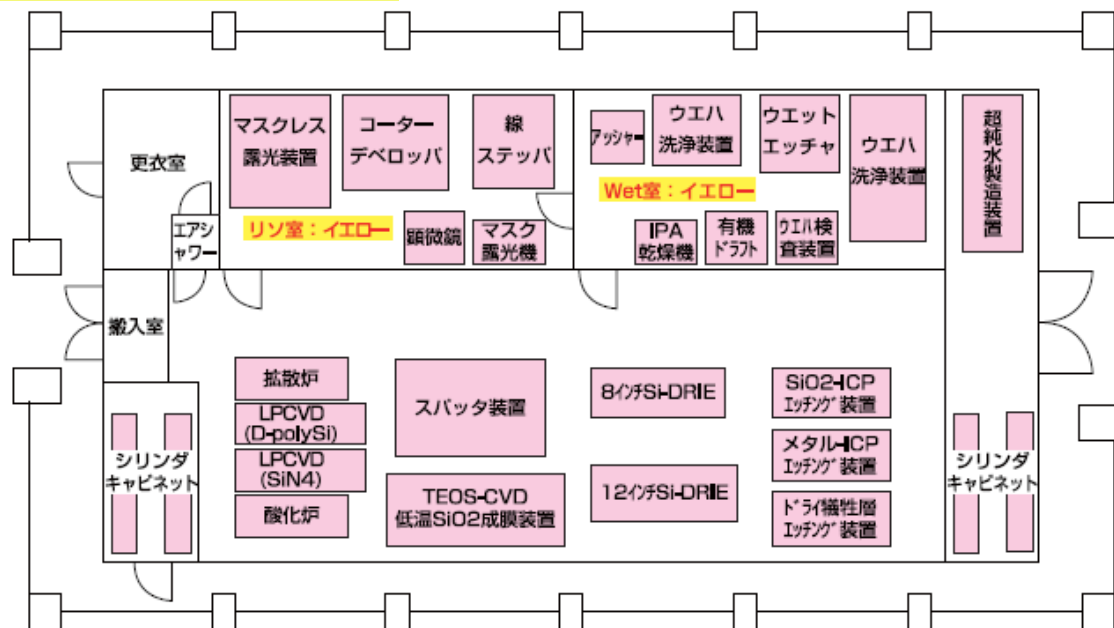
1. 最先端MEMS関連設備

Gデバイス@BEANS

(2) 最先端MEMS 8、12インチ製造・検査評価設備

最先端研究支援プログラム

前工程クリーンルーム
(TKB812F) 設備配置図
約350m²、クラス1000



i線 - ステッパー

8インチ



シリコン深掘りDRIE

8、12インチ



ドライ犠牲層エッチャー

8インチ



TEOS-CVD装置

8、12インチ

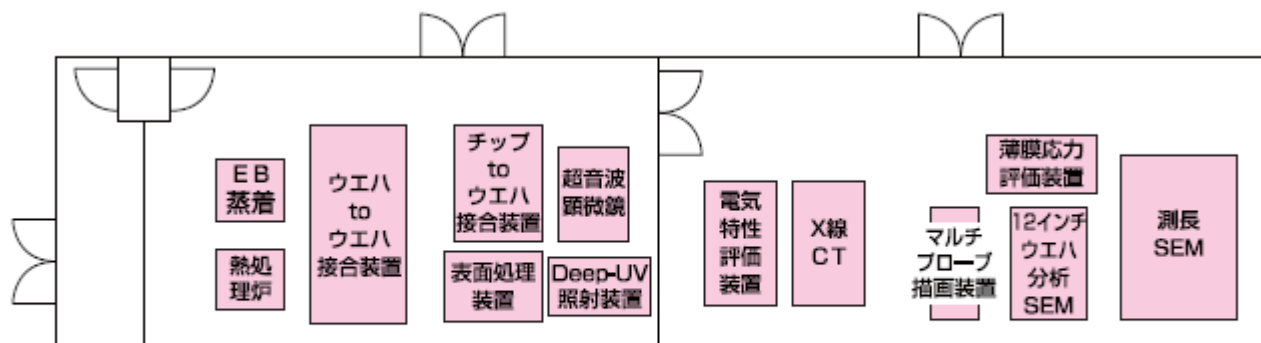
1. 最先端MEMS関連設備

(2) 最先端MEMS 8、12インチ製造・検査評価設備

Gデバイス@BEANS

最先端研究支援プログラム

後工程・評価クリーンルーム
(TKB812B) 設備配置図
約150m²、クラス1000



8、12インチ



8インチ



8インチ



8インチ



12インチ



8、12インチ

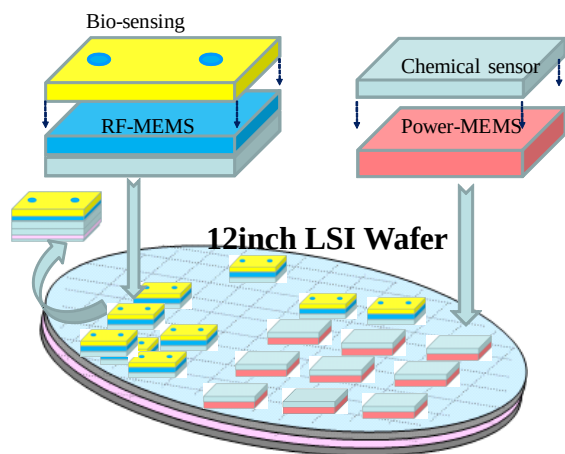
2. 産総研 集積マイクロシステム研究センター

(1) ミッション

- ◆ デザイン、プロトタイピング、人材育成を通じて関連産業をサポートする。
- ◆ ユビキタスセンサーネットワークで低炭素、安心・安全な社会の実現に貢献する。

(2) 特徴

- ◆ TIA-NMEMSのNはナノ(Nano)であり、ネットワーク(Network)でもある。
- ◆ Easy Access:
DPEサービス(デザイン、プロトタイピング、教育)を提供することで新規の参入を容易にする。
- ◆ Low cost & Flexible:
4~8(一部12)インチウエハーラインで低コスト・柔軟にMEMS集積化を実現する。
- ◆ Market Creation:
ワイヤレスネットワークMEMSのフィールド実証で市場を創出する。
- ◆ G-MEMS:
Global Monitoring and Management of Environment and Security.



(3) 研究体制

組織

研究センター長(前田龍太郎)

副研究センター長
(高橋正春、伊藤寿浩)

- ・ネットワークMEMS研究チーム
- ・グリーンナノデバイス研究チーム
- ・大規模インテグレーション研究チーム
- ・ヘテロ融合研究チーム

20名

- ・Macro BEANS連携研究体

15名

研究チームとテーマ

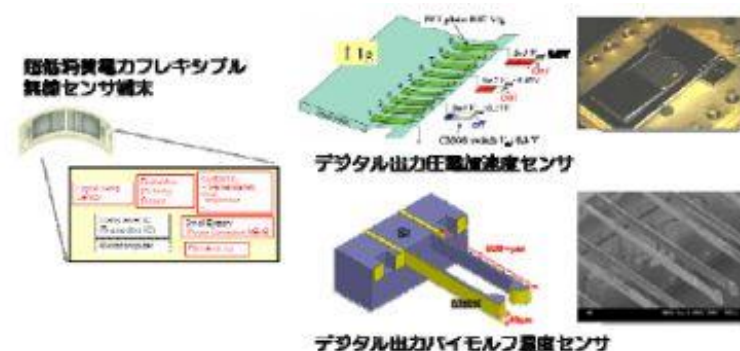
・ネットワークMEMS研究チーム

研究チーム長:伊藤寿浩
研究員:5名

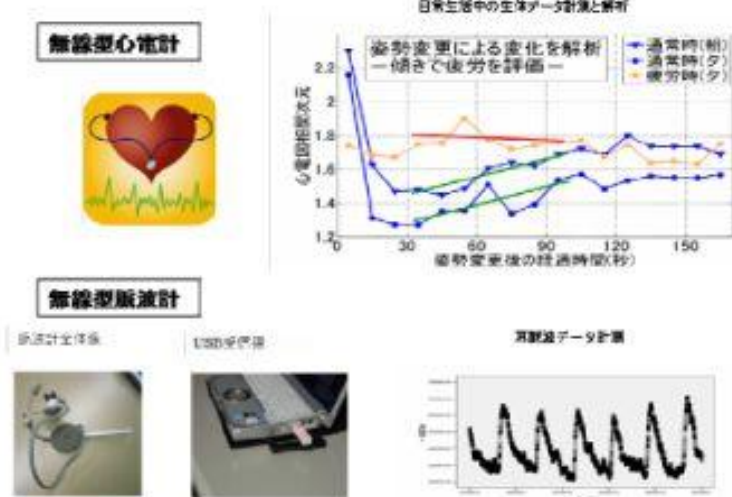
ネットワークMEMSデバイスの開発

人間状態計測センサの開発

鶏舎・電力・人間状態モニタリングシステムの開発



デジタル出力MEMSセンサ、315MHz小型アンテナ



疲労状態モニタリングシステム



電力モニタリングシステム

(3) 研究体制

研究チームとテーマ

・グリーンナノデバイス研究チーム

研究チーム長: 廣島 洋
研究員: 3名

凝縮性ガスを利用した超高速光ナノインプリントプロセスの開発

ナノインプリントリソグラフィの研究

三次元形状のMEMSデバイスの開発

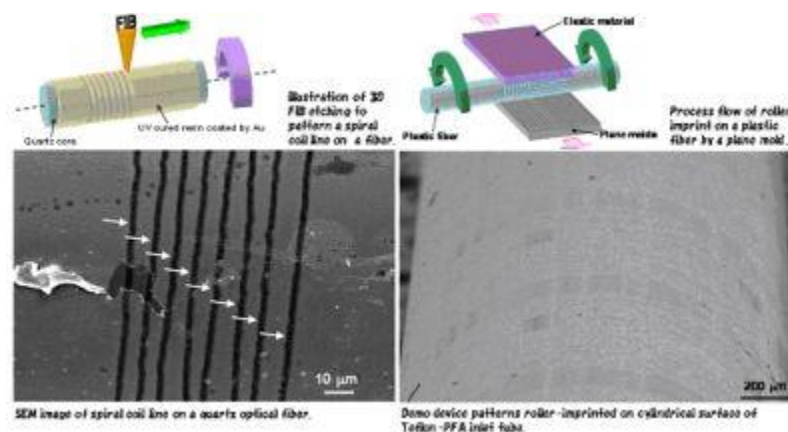
高アスペクト比の三次元マイクロ構造体の作製

インプリントリソグラフィを活用した配線形成技術

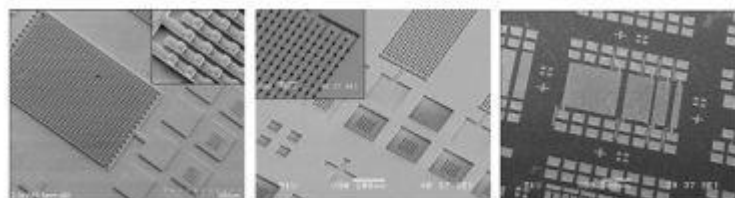
ナノインプリント成型技術の高輝度LEDの開発での応用(大規模インテグレーション研究チームとの共同研究)

静電引力を用いるガラスの熱インプリント(大規模インテグレーション研究チームとの共同研究)

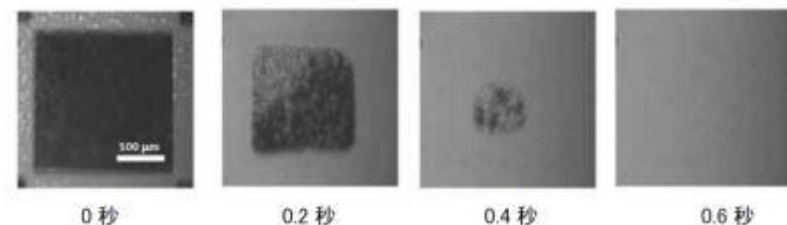
超音波ナノインプリントによる室温成形



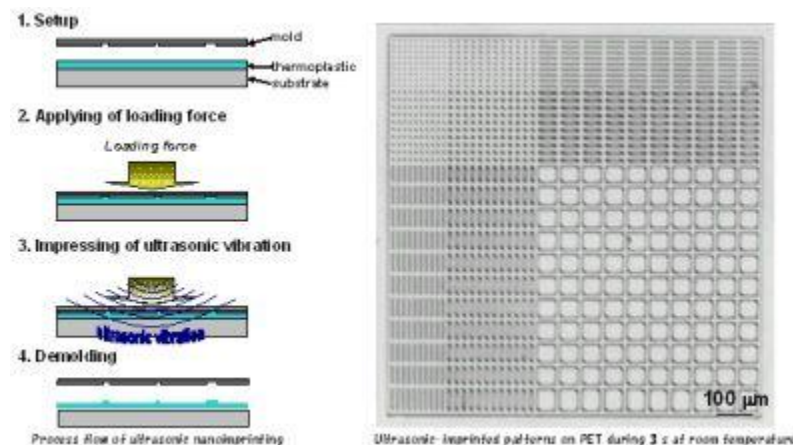
円筒表面上へのパターンニング



SU-8のインプリント成形による回路成形およびダマシ銅配線



石英モールドの300 μm パターンへの光硬化樹脂の高速充填



超音波ナノインプリントによってパターンニングしたPET基板

(3) 研究体制

研究チームとテーマ

・大規模インテグレーション研究チーム

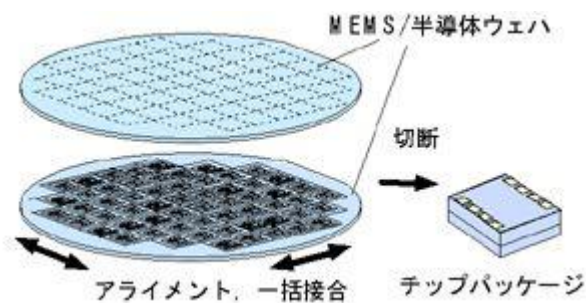
研究チーム長: 高木秀樹
研究員: 3名

ウェハ接合によるMEMS集積化プロセス開発

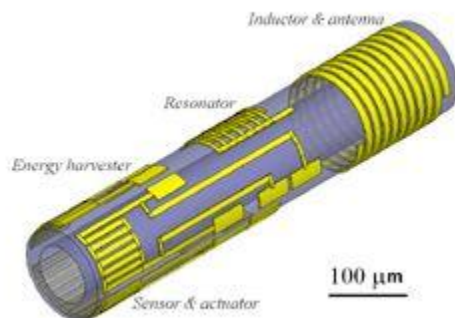
大面積ナノ表面構造による機能発現

Point-of-Careマイクロ流体バイオチップ診断デバイスの開発

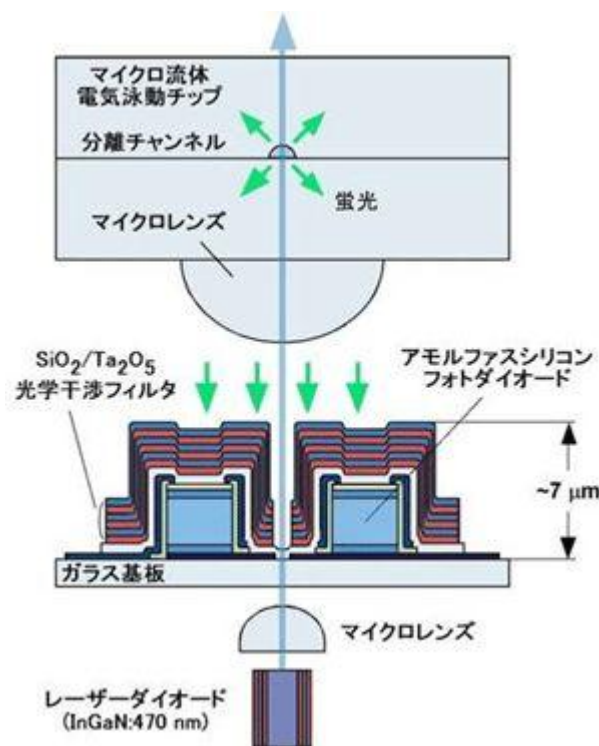
3Dマイクロマシニング技術の開発



ウェハ接合による異種デバイス集積化



繊維状基材に作製したマイクロデバイス



POCマイクロ流体バイオチップ



ナノ表面構造による反射防止機能(右半分)

(3) 研究体制

研究チームとテーマ

・ヘテロ融合研究チーム

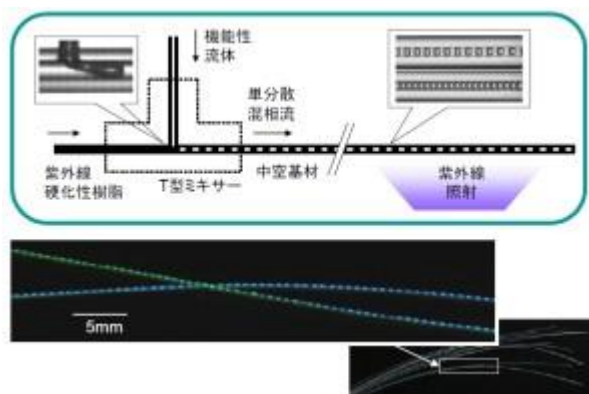
研究チーム長: 松本 壮平
研究員: 4名

マイクロ熱流体応用デバイス・加工プロセスの開発

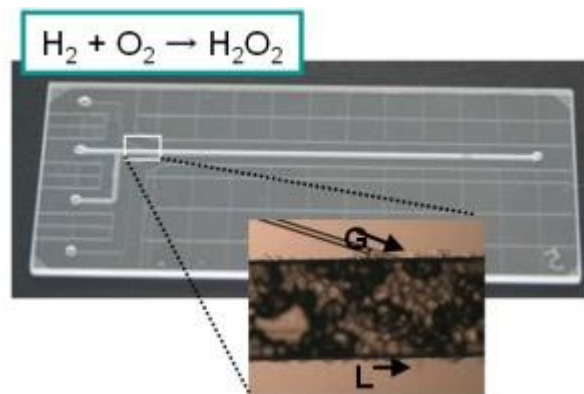
マイクロカンチレバーの自励振動を応用する液中AFMの開発

オンサイト化学合成システムの開発

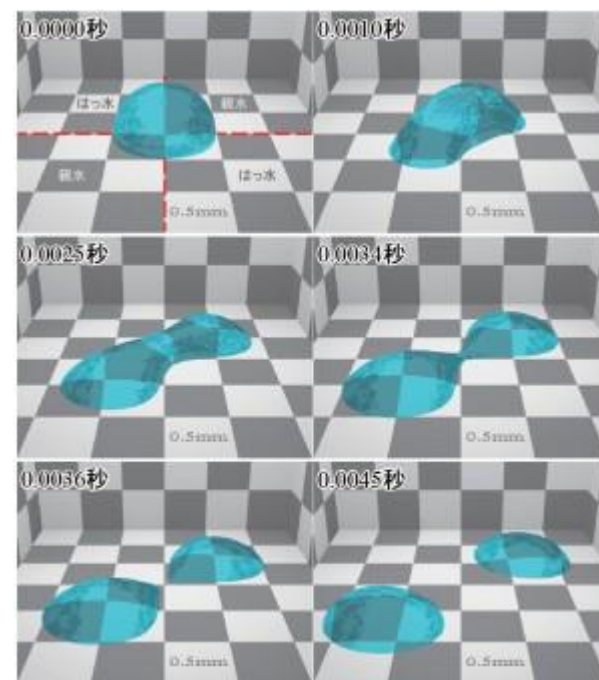
微小スケール流体シミュレーション技術の開発



中空繊維内微細パターン形成技術



マイクロリアクター



ぬれ性の差による流体駆動のシミュレーション

3. 関連する研究開発プロジェクト

最先端研究開発支援プログラム マイクロシステム融合

- ・大日本印刷
- ・ヒロセ電機
- ・三菱化学メディエンス
- ・KSTワールド

産総研 研究者

23名

- ・ネットワークMEMS研究チーム
- ・グリーンナノデバイス研究チーム
- ・大規模インテグレーション研究チーム
- ・ヘテロ融合研究チーム

プロジェクト研究員概要

BEANSプロジェクト

Gデバイス@BEANS 計)22名

BEANSプロジェクト

Macro BEANS

- ・三菱電機
- ・古河電工
- ・東芝機械

Macro BEANS
連携研究体

15名

みずほ総研:2名
日立:2名
SII:1名
オムロン:1名
デンソー:1名
東芝:2名
富士電機:1名
東大鈴木研:4名
静岡大橋口研:3名
東工大:1名
大日本印刷:1名
アルバック:2名
三菱電機:1名

産総研 集積マイクロシステム研究センター



3. 関連する研究開発プロジェクト (1) BEANSプロジェクト

Macro BEANSの全体像

MacroBEANS連携研究体

連携研究体長: 伊藤 寿浩

研究員: 15名(兼任含む) 三菱電機、古河電工、東芝機械

(1) 非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術

(1)-1 非真空マイクロ・ナノ構造高品位機能膜形成プロセス

(1)-2 ナノ材料大面積均質形成プロセス

(1)-3 大型基板直接高速加工プロセス

(2) 繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術

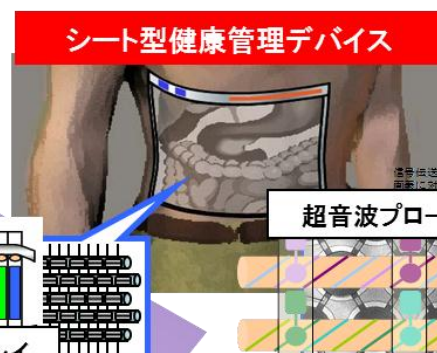
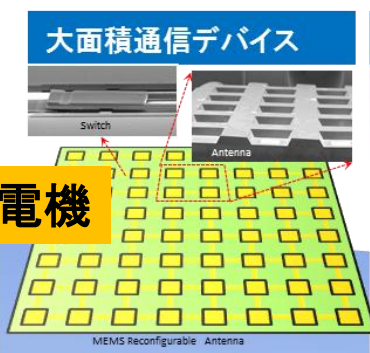
(2)-1 連続的高品位機能膜被覆プロセス

(2)-2 3次元ナノ構造高速連続形成加工技術

(2)-3 異種繊維状基材の製織技術



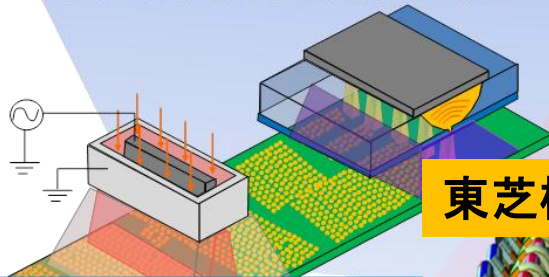
三菱電機



光電効果・piezo抵抗効果・熱電効果・ゼーベック効果・ペルチェ効果を利用した大面積Siデバイス

メーター級大面積デバイス

マイクロ・ナノ構造を有する高品位機能膜をメーター級の基板に真空プロセス装置を用いずに形成する製造技術を開発する



非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術

東芝機械

フレキシブルシートデバイス

フレキシブルシートデバイスを基板の大面積化を伴うことなく実現する、製織技術などを活用した新たな製造技術を開発する



古河電工



安全安心ジャケット

3. 関連する研究開発プロジェクト
(2) 最先端研究開発支援プログラム

マイクロシステム融合研究開発

(2009-2013)

中心研究者: 江刺正喜

@ 産総研つくば

共同提案者: 前田龍太郎

サブリーダー: 高木秀樹
小林健

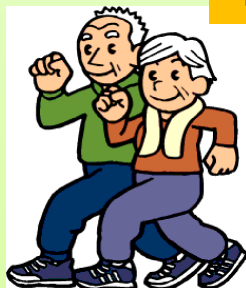
集積MEMS製造の効率化

大口径ウェハー製造
バリアフリー製造(フリーサイズ、
厚さ、等)

大学

企業

・大日本印刷
・ヒロセ電機
・三菱化学メディエンス
・KSTワールド



量産ステージプロ
トタイピング

プレ量産

健康的な高齢者(人工感覚器官)
安全・安心(センサーネットワーク)
先進IT(マルチバンドワイヤレス)

ヘテロ集積

(MEMS, LSI, Analog, RF, Bio,
Energy, etc.; Si, PZT, etc)

高付加価値

@ 東北大学

サブリーダー: 田中秀治
戸津健太郎

ファブへのハ
ンズオンアク
セス

低コスト&低リスク
R&D

大量並列EBリソグラ
フィ

少量バッチのためのマ
スクレス露光

大学

企業

初期段階プロ
トタイピング

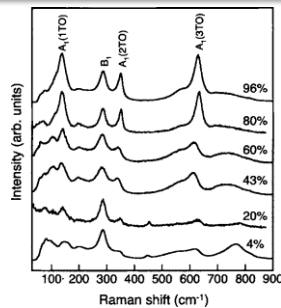
ファブレスR&D

3. 関連する研究開発プロジェクト (2) 最先端研究開発支援プログラム

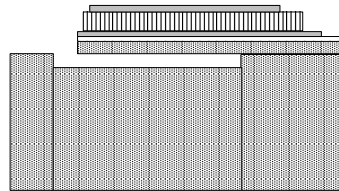
ヘテロ集積のための量産ステージプロトタイピング
8-12インチウエハー
リーダー: 小林健 @産総研つくば

Production Stage Prototyping of Piezoelectric MEMS

Raman Analysis



Cavited Wafer

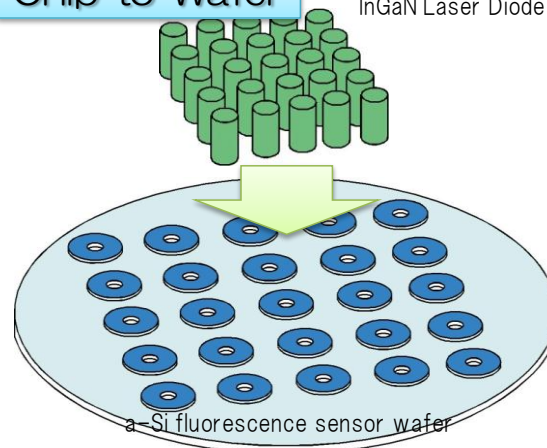


Electro Static Field Sensor

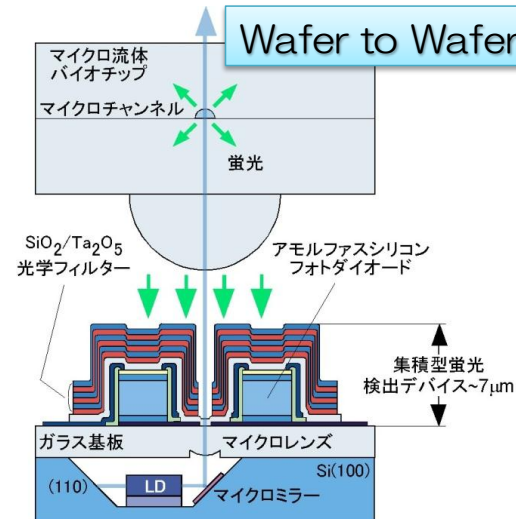


Point-of-Care Micro-fluidic Bio-chip

Chip-to-Wafer



Wafer to Wafer

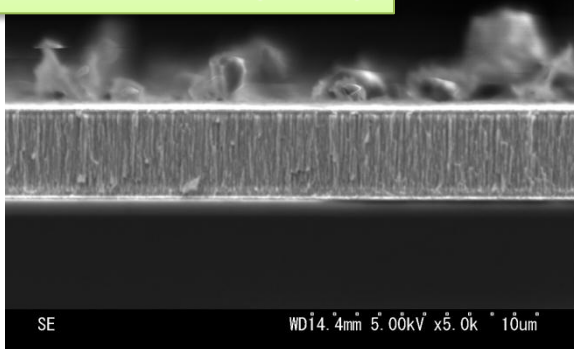


3. 関連する研究開発プロジェクト (2) 最先端研究開発支援プログラム

ヘテロ集積のための量産ステージプロトタイピング 8-12インチウエハー

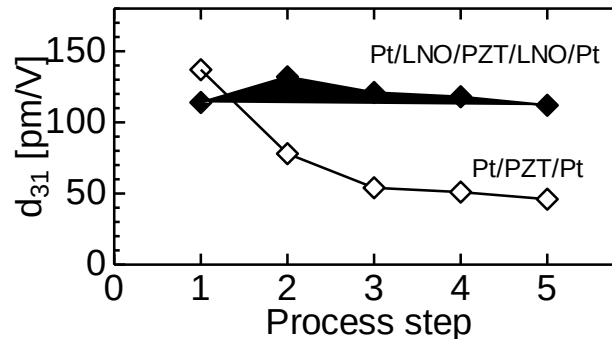
圧電MEMS: 材料、プロセス、デバイス

(100)/(001) oriented
MPB PZT film (3 μm)



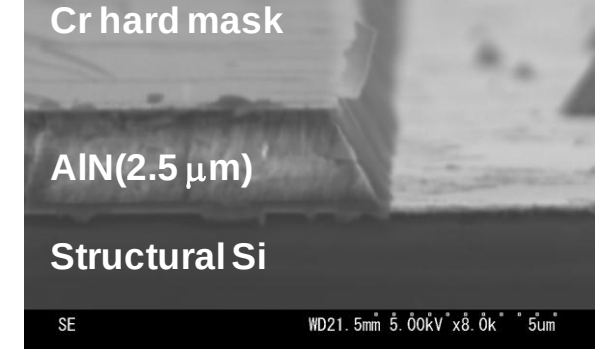
J. Micromech. Microeng.
17 (2007) 1238.

LNO decreases damage



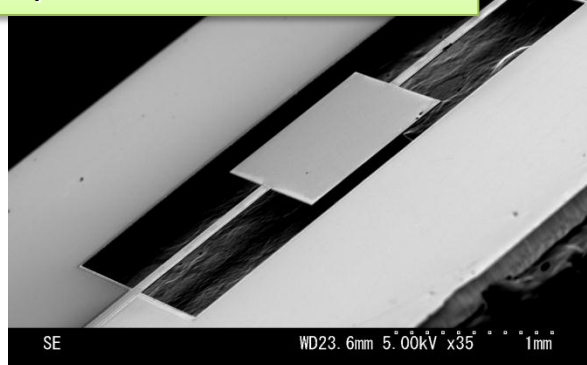
J. Micromech. Microeng.
18 (2008) 035007

AlN thin film



Digest Tech. Papers Transducers 2009
pp. 1166-1169

Self-sensitive and tunable
optical micro scanner



Appl. Phys. Lett.
90 (2007) 183514.

Electrostatic field sensor

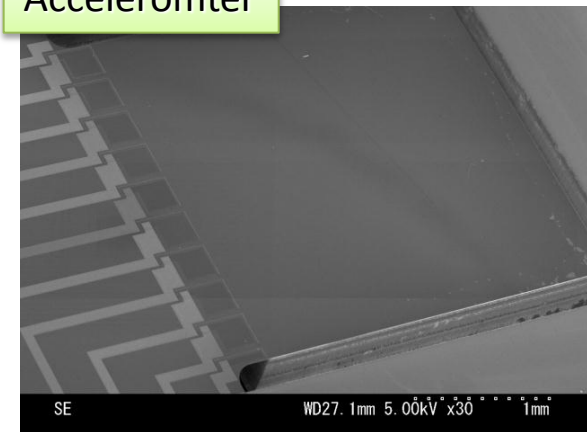
従来センサ
800Hz



開発センサ
1750Hz

Jpn. J. Appl. Phys.
47 (2008) 7533

Accelerometer

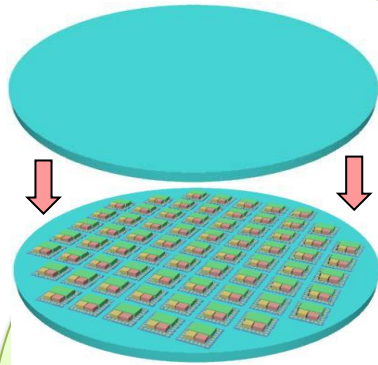


Tech. digest of MEMS 2009
pp. 801-804

3. 関連する研究開発プロジェクト (2) 最先端研究開発支援プログラム

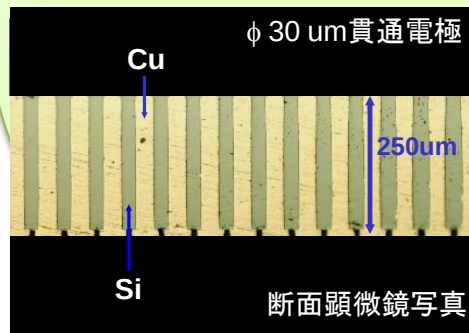
集積MEMS製造の効率化
リーダー： 高木秀樹 @産総研つくば

大口径ウェハーレベルパッケージ

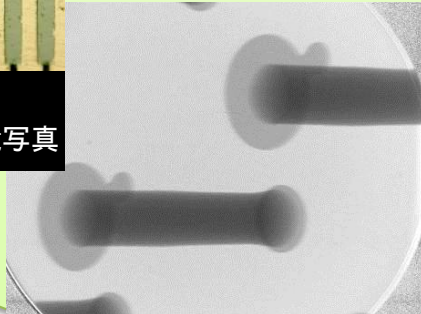


低温
大面積
高スループット

12" TSV Wafer



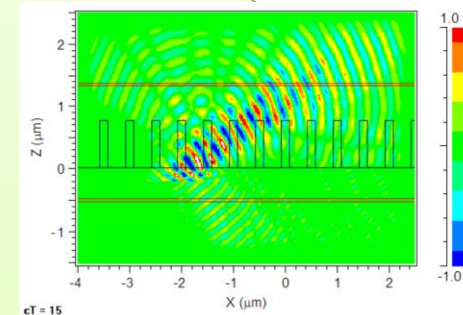
Deep Etching
Electroplating



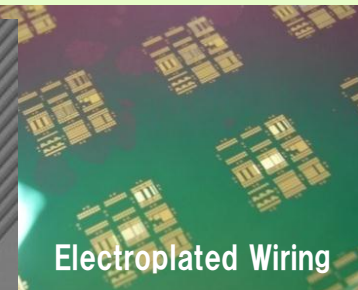
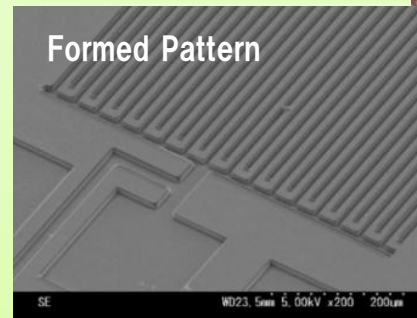
ナノインプリント技術

大面積、ナノメートルパ
ターン、低コスト、高ス
ループット

ナノ構造による
新機能



Wiring Patterns by Imprint

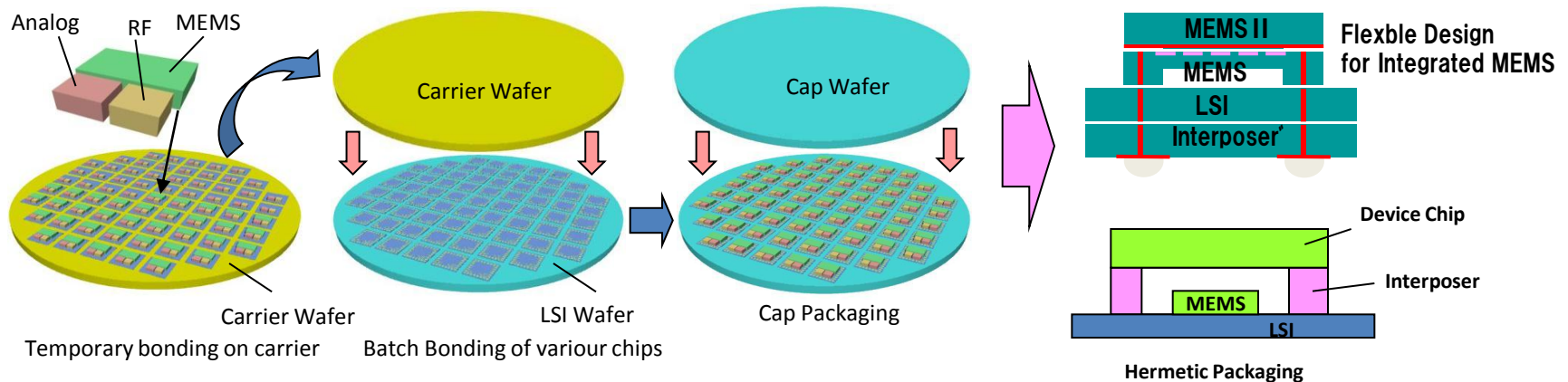


3. 関連する研究開発プロジェクト (2) 最先端研究開発支援プログラム

集積MEMS製造の効率化

ウエハスケール集積

サイズフリーインテグレーション(ウエハーサイズ、チップサイズ)



- ◆ デザインフリーMEMS: ウエハーサイズやチップサイズから来る設計上の制限を取り払う
- ◆ デバイス製造プロセスの最適化: MEMS、LSI、アナログ、等
- ◆ TSVインターポザーによるマルチ積層、パッケージング、ハーメチックシール
- ◆ キャリアウエハーのための仮接合と剥離
- ◆ 低ダメージ&低温接合プロセス

3. 関連する研究開発プロジェクト

(3) Gデバイス@BEANS

異分野融合型次世代デバイス製造技術

高機能センサネットシステムと低環境負荷型プロセス

N E D O

1. 高機能センサネットシステム開発:

- ・大口径MEMS用クリーンルームにおける消費エネルギー、温度、圧力、風量、異物粒子、ガスなどをセンシング。省エネルギー、低炭素化などに関する効果を分析するための、センサネットワークシステムを試作。
- ・高機能集積化センサチップの開発に向け、ワイヤレス通信、エネルギーのワイヤレス自立、小型・薄型化、高感度センシング機能や新たなセンシング原理を開発。

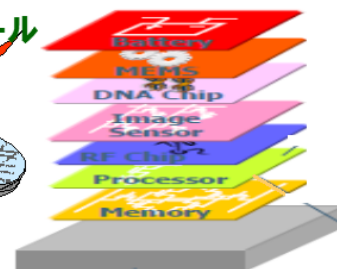
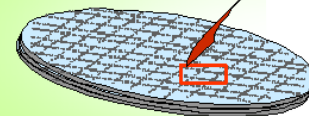
2. 低環境負荷型プロセス開発:

- ・シリコン貫通深掘り加工でのSF₆ から代替ガスなど環境負荷の小さい高効率なエッチングプロセス。
- ・様々な異種デバイスをウェハレベルで一括集積化 ・ポリマーMEMS化による環境負荷低減プロセス・デバイス。
- ・大口径TEGのデバイス・プロセス設計及び試作と設計-検査間の情報共有化、検査計測データを設計にフィードバックによる、歩留まり・品質、スループットの向上 ・デバイス設計時から環境負荷を考慮した情報共有化。

低環境負荷型プロセス開発

- ・深掘りエッチング技術
- ・接合技術
- ・スマートファブシステム
- ・スマートプロトタイピング

高機能センサモジュール



グリーン化のためのセンサネットワーク

エネルギー消費の見える化

無線センサ端末 無線センサ端末 無線センサ端末 無線センサ端末



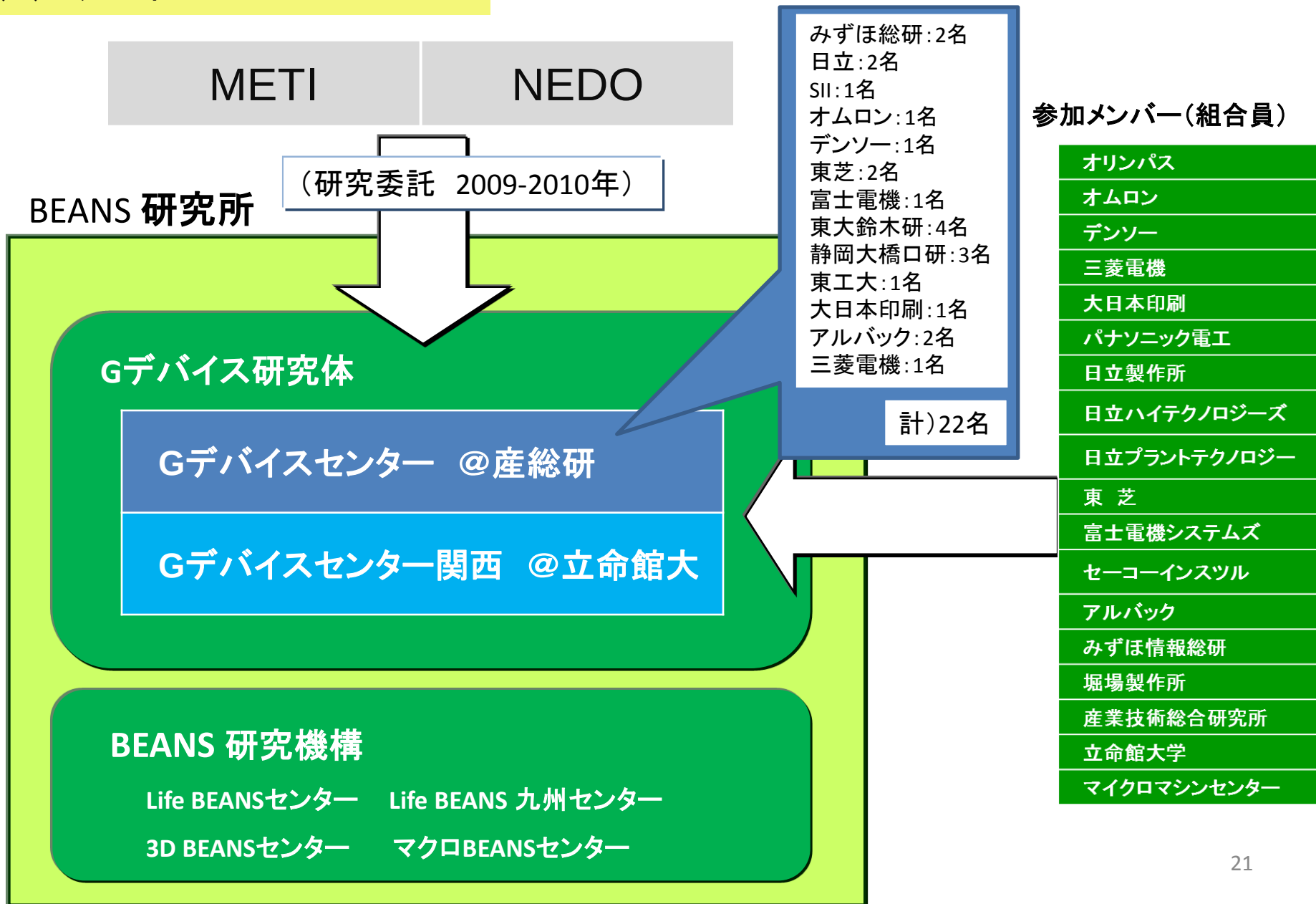
高機能 センサネットシステム・ センサモジュール

- ・エネルギー・プロセスガス
マネジメント
- ・最適グリーン作業環境

つくばイノベーションアリーナ
N-MEMS

3. 関連する研究開発プロジェクト (3)Gデバイス@BEANS

研究推進体制



3. 関連する研究開発プロジェクト (3) Gデバイス@BEANS

最先端8インチMEMSラインと 高機能センサネットシステム

- ・最先端8インチシリコンウェハベースMEMSラインを新設
- ・8インチラインを対象としたエネルギーマネジメントを考慮したセンサネットシステムを導入
- ・設置場所：つくばイノベーションアリーナNMEMS（産総研つくば東）

センサネットシステム：CR／装置の消費エネルギー、
ガス、パーティクルの可視化

8インチライン：クラス1000以上の高潔浄度、

【ライン構成】BEANSの実証に対応できる

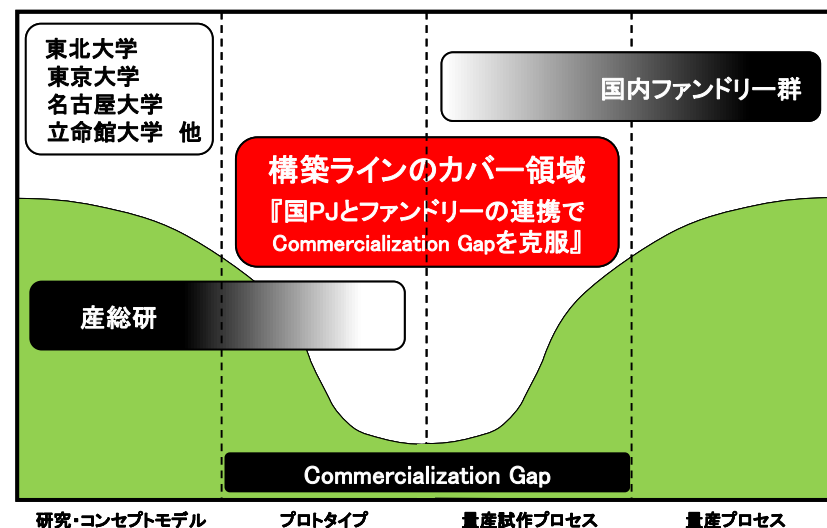
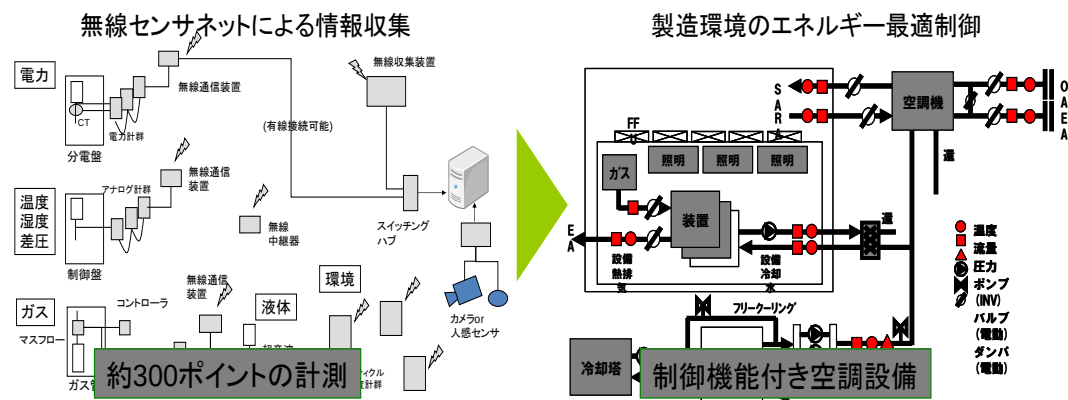
汎用MEMSとしてのライン構成

リソグラフィ工程、拡散工程、酸化工程、成膜工程、
エッチング工程、接合工程、切断工程

8インチシリコンベース
MEMSライン
+産総研大口径実装ライン



設置予定場所



3. 関連する研究開発プロジェクト

(3) Gデバイス@BEANS

◎ センサネットワークシステム開発（初動研究）

1) センサネットおよび制御システム構想検討

既存のディスクリートセンサを活用、実験用CR(日立プラントテクノロジー)で多点計測する項目、制御項目の抽出

2) センサネット制御システムの試作及び効果検証

センサネット制御システム・最適制御アルゴリズム検討と検証用クリーンルーム(AIST新設実証用CR)での検証。

3) 効果検証と次世代オンデマンド型ユビキタスセンサネットワークの検討

- ・CO2削減(90年度比60%削減)の効果検証を完了
- ・試作された高機能MEMSセンサモジュールと比較、MEMS化項目と課題の抽出。
- ・次世代オンデマンド型ユビキタスセンサネットワークの構想の検討。

◎ 高機能センサネットモジュール開発（初動研究）

1) センサモジュール試作及びプラットフォーム検討

- ① ディスクリートセンサモジュールの試作を行い、高集積化に向けた課題、打ち手を立案。

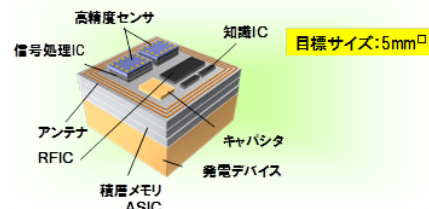
【ディスクリートセンサモジュール】

- ・温湿度、圧力、加速度センサ機能を追加、差替え可能なプラットフォームモジュール化
- ・電池、信号処理・無線回路、アンテナ搭載、30mmx30mmx10mmにパッケージ化

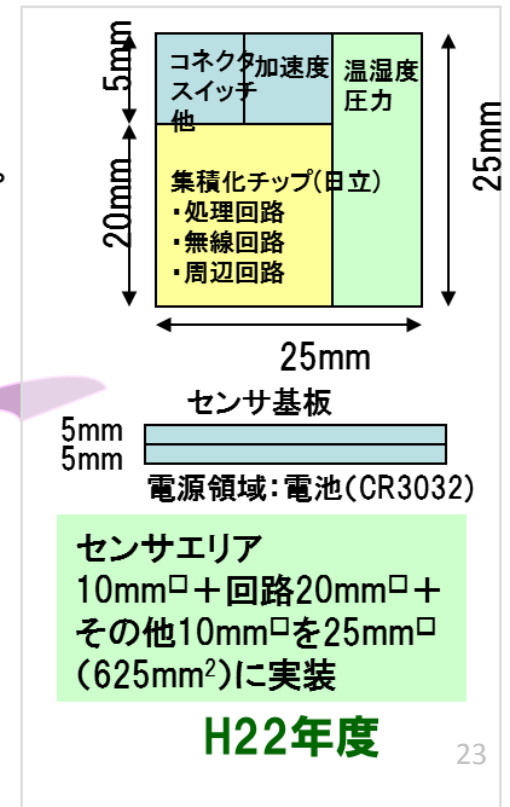
- ② 様々なアプリを想定、センサネットの目指すべき姿、共通化技術、アプリを明確化

2) 新センサデバイス原理検討

- ① 振動発電を中心に小型高効率発電デバイスの検討
- ② パーティクルセンサMEMS化の
- ③ ガスセンサ
- ④ ガスセンサ(BEANS加速)
- ⑤ 位置推定センシング
- ⑥ 赤外線センシング
- ⑦ 低消費電力センサ・無線モジュール(BEANS加速)
- ⑧ センサ用パワーマネジメント技術



将来～H25

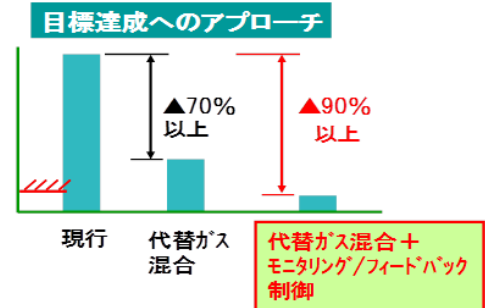
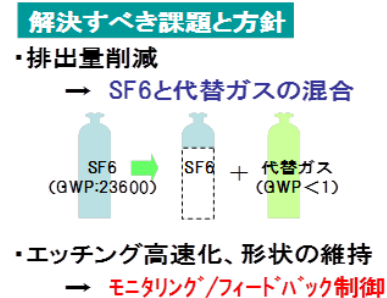


3. 関連する研究開発プロジェクト (3) Gデバイス@BEANS

低環境負荷型MEMS製造プロセス開発

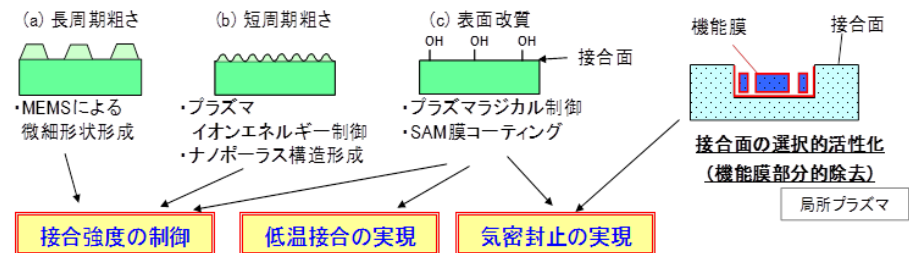
1) Si深掘りエッチング 温暖化ガス排出量を90%以上の削減指針(初動研究)

- ・SF6に替わる温暖化係数の低い代替ガス選定
- ・リアルタイムモニタリングによるエッチングの高効率化
- ・フィードバック制御手法によるエッチング最適化



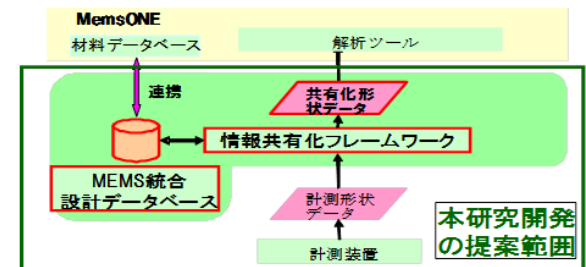
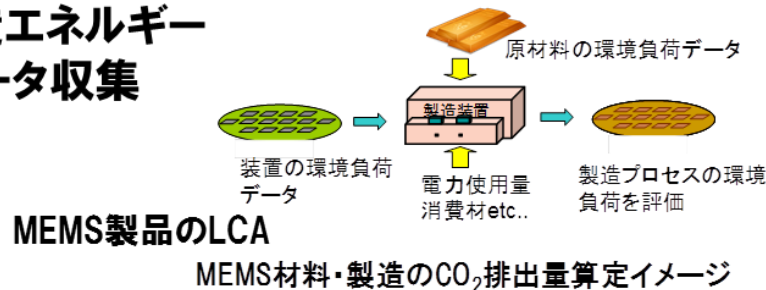
2) 高機能デバイス薄膜集積化 250℃以下大気圧付近から真空封止する接合方式決定(初動研究)

- ・従来の接合技術をベースに、表面粗さ等を大きく変え接合状態をコントロール。
- ・さまざまな異種デバイス(サイズ、他)をフレキシブルに接合可能な方式を決定する



3) 製造情報共有化(略称:スマートファブシステム)(初動研究)

- ・多品種、少量生産における製造歩留り向上、性能ばらつき低減を目指した、MEMS三次元設計・計測情報の共有化技術
- ・原材料、製造エネルギー等の環境データ収集手法の確立



将来的な目標

3. 関連する研究開発プロジェクト (3) Gデバイス@BEANS

低環境負荷型MEMS製造プロセス開発

4) スマートプロトタイピング開発(初動研究)

① 8インチラインのプロセスプラットフォーム構築

i) センサTEGの実証

センサTEGを複数試作 要素プロセス開発、最先端8インチラインの特性、製造環境の評価、MEMSデバイス製造の基盤構築

ii) BEANS実証: BEANS製造プロセスを適用したデバイスの作製

中性粒子ビームエッチング、プローブアレイをTEG実証、課題抽出

iii) プロセスレシビ、設計・計測情報の収集

最先端8インチラインで作製するセンサTEGプロセス
工程設計・試作、歩留り、生産性、効率性の検討

② 欠陥・ばらつき評価における

モデリング・計測技術の開発

i) センサTEG構造および製造プロセスの設計

センサTEGを設計し、欠陥・ばらつきを評価のためのモデリング・計測技術

ii) 電氣的・機械的特性評価の評価技術開発

センサTEGの電氣的特性、機械的特性をウエハ内で評価技術

iii) 等価回路モデルによるばらつき要因評価技術の開発

等価回路モデルで、デバイス特性のばらつき要因の評価手法

