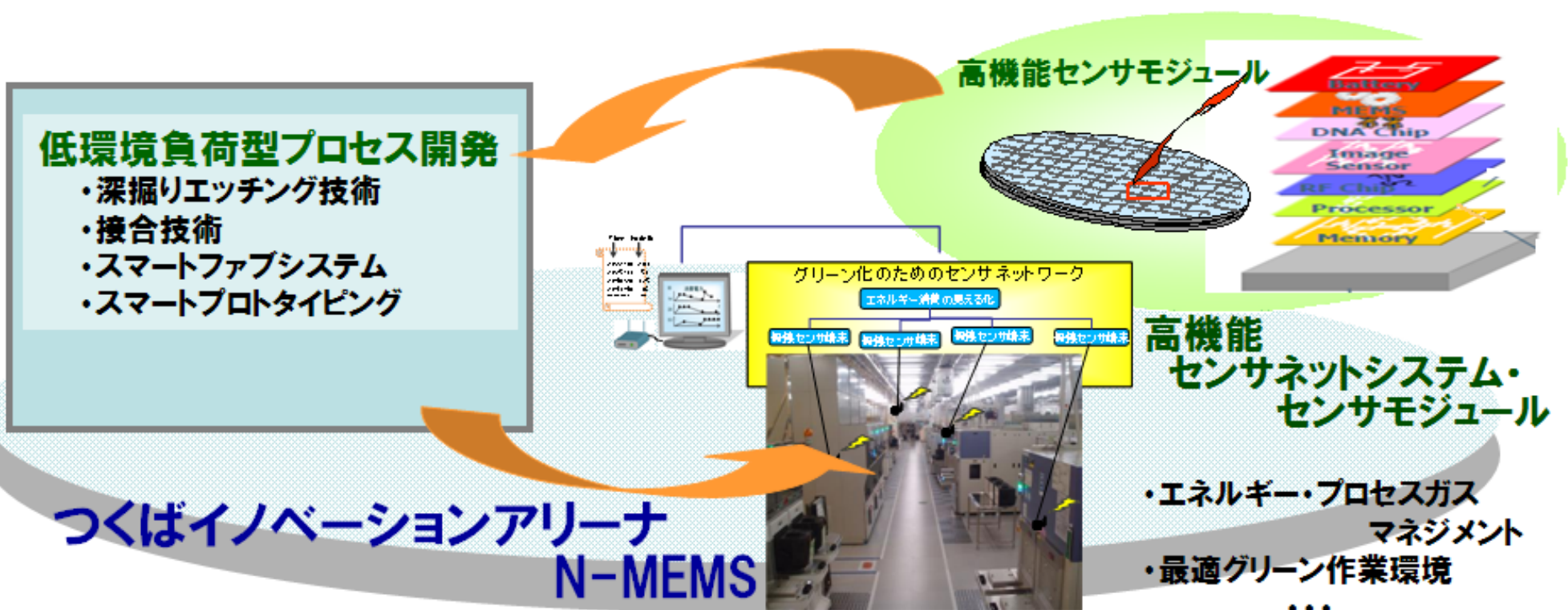


Gdevice@BEANS

- 高度センサーネットを通じたグリーンイノベーションへの貢献
- オープンイノベーション拠点形成による国際競争力の強化



N E D O

目的: NEDOが実施している「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」で開発したプロセス技術を活用し、高機能センサネットシステム・センサモジュールの実用化と、低環境負荷型製造プロセスの確立に向けた開発・実証研究を行うことを目的とする。

現状と課題

- ・センサネット用自立型センサは汎用型としての欧州研究開発が先行、大型で高価で、普及を阻害。特に省エネ効果の期待できるアプリケーションでの課題解決型センサネットが求められている
- ・MEMSプロセスでの、低環境負荷型プロセスは、世界的にも未着手

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。

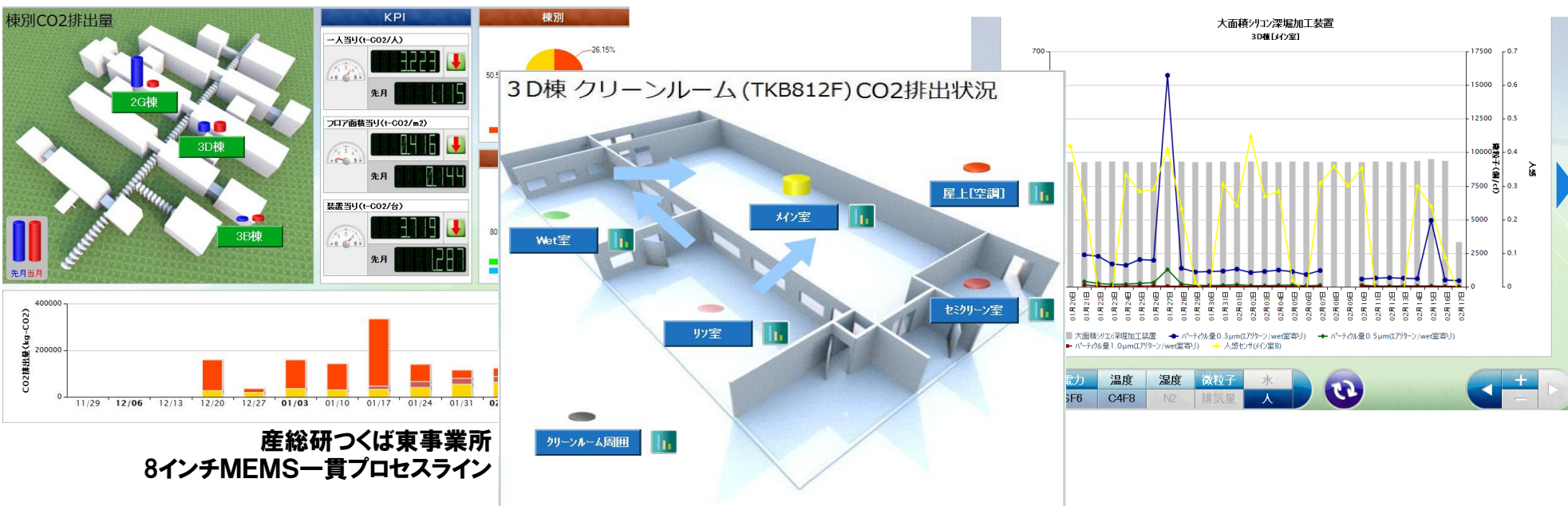
Gデバイス成果：高機能センサネットシステム開発（抜粋）



- ・クリーンルーム内に各種センサ(塵埃、人感、温度、電力、など)を多数配置、装置や空調等のエネルギーを見える化、その情報をオンデマンド空調に活用することにより、空調電力量を56%削減を検証！
- ・省エネ強カツールとして、8インチMEMS一貫プロセスラインの各種装置の電力使用量をリアルタイムに把握

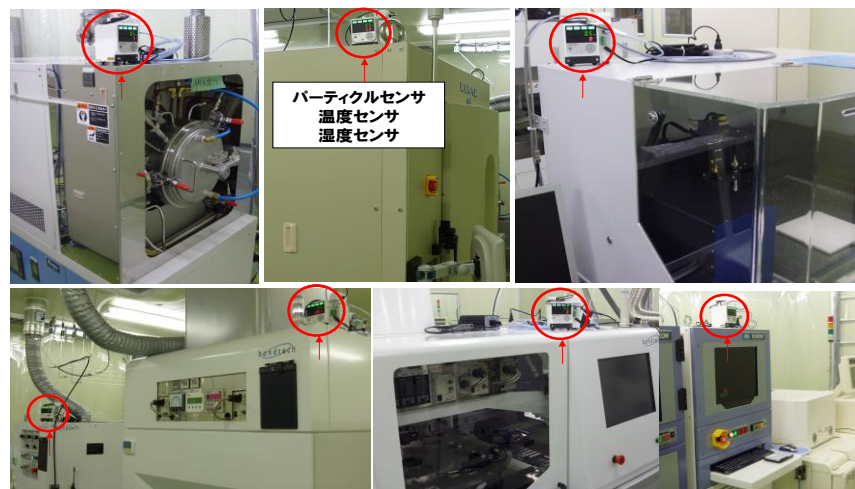
◎エネルギー見える化システム：8インチMEMSクリーンルームエネルギー管理統合管理システム

- ①見える化項目：エネルギーおよびエネルギーに影響を与える項目全ての見える化を実現！
電力量（生産設備、空調設備、付帯設備）、ガス使用量（N2、SF6、C4F8）、純水使用量、温湿度（多点）、設備排気量、パーティクル量（多点）、人在室情報、設備稼働情報。合計：441点（3D棟157点、3B棟179点、2G棟105点）
- ②ユーザフレンドリーな情報端末（iPad）を活用したシステムの開発！
いつでも、どこでも、だれでも、簡単にクリーンルームのエネルギーに関する情報が共有できる。
- ③エネルギーデータ分析支援ツールの開発！
効率的にエネルギーのムダを抽出できる。

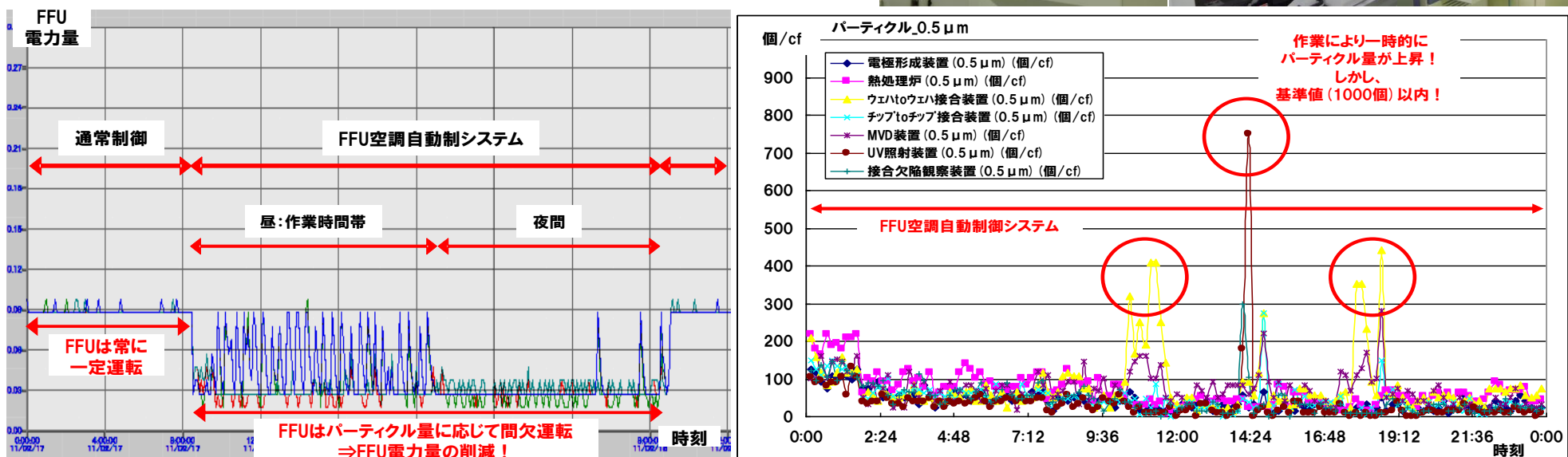


◎空調自動制御システム (Clean On Demand制御)：エネルギー最適 空調 (FFU) 自動制御システム

- ①：空調 (FFU) 自動制御システム (Clean On Demand)
温湿度を満足しつつ、パーティクル量に応じたFFU (Fan Filter Unit) 自動制御システムを開発した。
生産設備ごとにパーティクルセンサと温湿度センサを設置するとともに、クリーンルーム天井に人感センサを設置し、FFUの自動制御を実現！
つくば3B棟クリーンルームにてFFU電力量56%削減を実現した。

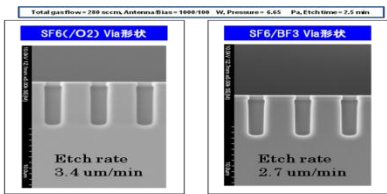


産総研つくば東事業所 8インチMEMS一貫プロセスライン



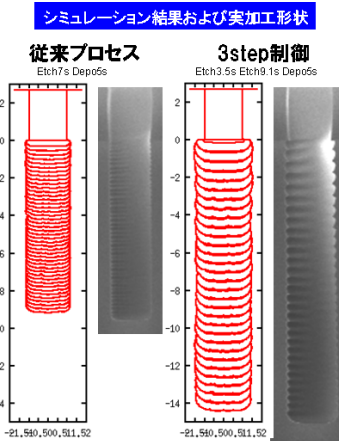
◎ 低環境負荷型深掘りエッチング

F2, BF3, SiF4など5種類の候補ガスについて、10Hz周期の高速リアルタイム・プラズマ発光モニタリングにより得られた高効率エッチングレシピとプロセスシミュレーションによるフィードバック制御の組合せにより、温暖化ガス排出量をSF6比で90%削減できる低環境負荷代替ガス選定指針を得た。



	Ref. SF6/O2	Ar+20%F2 混合ガス	SF6+80%BF3 混合ガス
エッチレート	4.0 μm/min	エッチングせず	3.25 μm/min
形状	—	エッチングせず	SF6/O2と同等
安定性	—	互換性あり	互換性あり
コスト (現在のガス購入より試算)	1	—	4.1
温暖化係数	19120 (SF623900×80%)	0	4780(混合ガス)
温暖化ガス削減率 (Co2削減率として計算)	—	—	69%

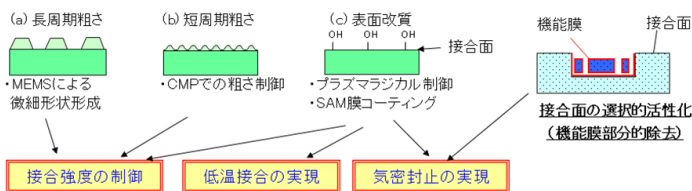
設定条件	模擬フィードバック制御 (切替タイミング可変) (depo5s/Etch10Hbias2.3 →1.3e+Lbias10.3→11.3s) ×30cycle	ケース1 (切替タイミング固定) (depo5s/Etch10Hbias3.5e+Lbias9.1s) ×30cycle	ケース2 (通常のポッシュ法) (depo5s/Etch7s) ×44cycle
プロセス時間	Hbias=36W, Lbias=5W	528秒	bias=23W
エッチレート	2.06 μm/min	1.77 μm/min	1.14 μm/min
上部/底部(μm)	2.30/2.15	2.44/2.59	2.22/2.15
エッチング異方性	60.3	26.4	45.5



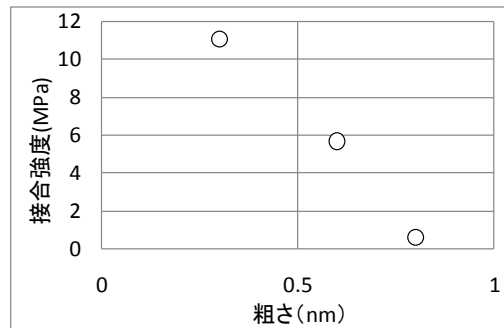
疑似フィードバック制御の検討

◎ 低環境負荷型集積化(接合)プロセス

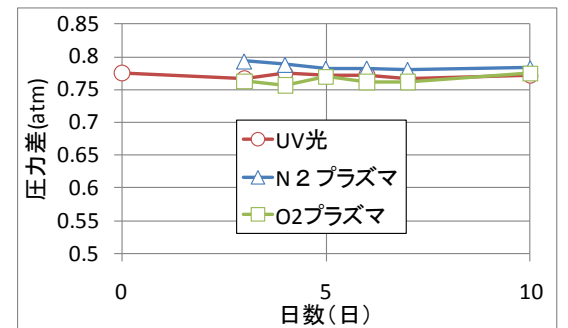
接合面の制御、パターンの選定で、正規の接合強度の1/10以下に安定して接合を制御できることが判った。機能膜として、SAM膜(FDTS膜)はUV光、プラズマ照射で除去可能、除去後の250℃表面活性化接合で気密封止可能、N2、Arプラズマ照射がパターンニングに適することが判った。



接合制御の概略図

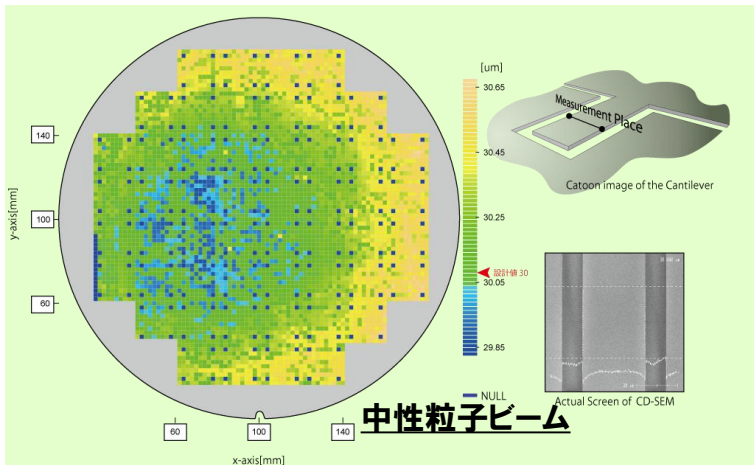


表面粗さと接合強度

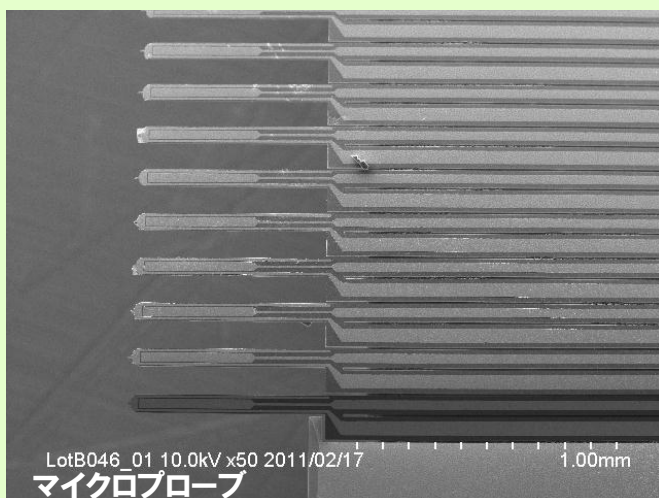


◎ 8インチMEMSラインでのTEGプロセス検証(スマートプロトタイピング)

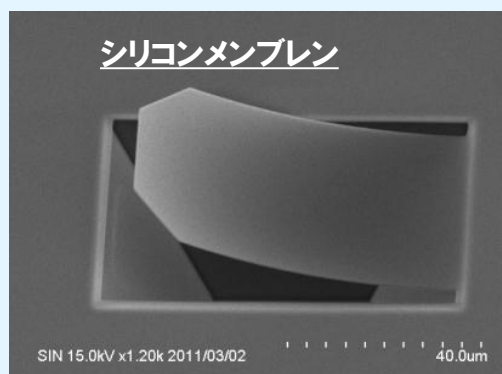
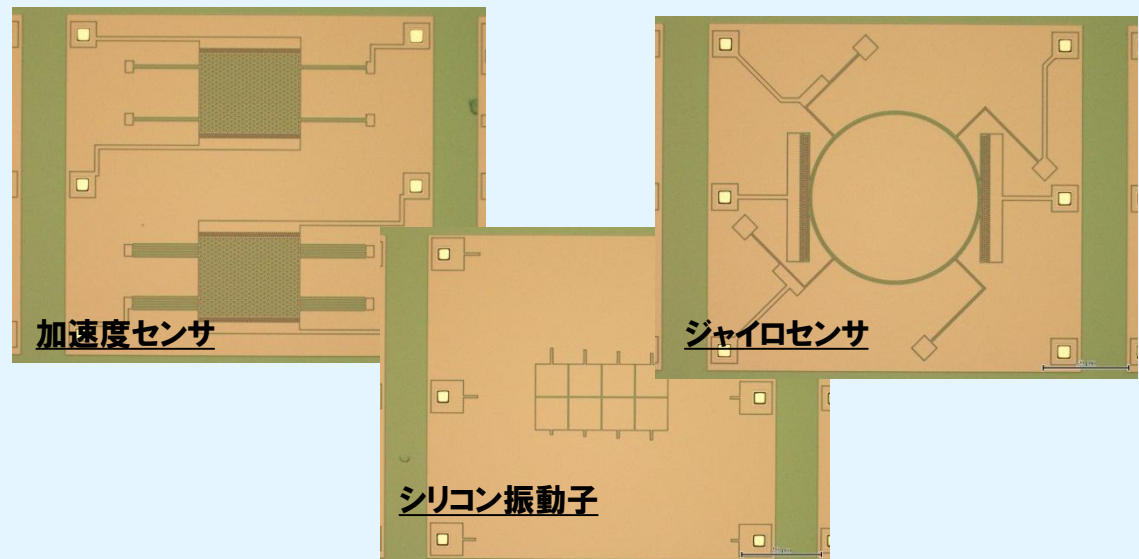
産総研つくば東に導入した8インチMEMSラインのプロセスインフラ構築を目指して、検討・検証したMEMSデバイスはBEANS実証関連を含め7種類。それぞれ、条件出し検討含め成果を得た。



中性粒子ビーム



BEANS実証



シリコンベースセンサTEG



圧電ジャイロ