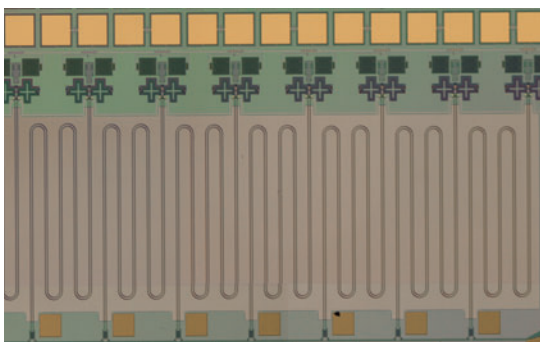
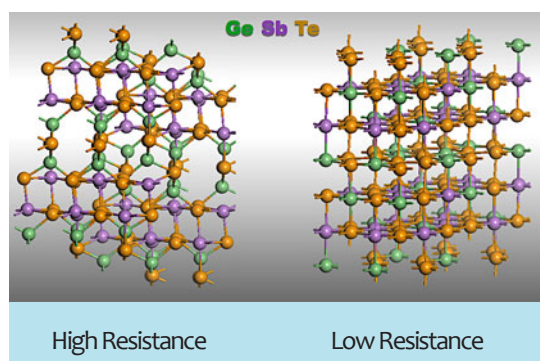
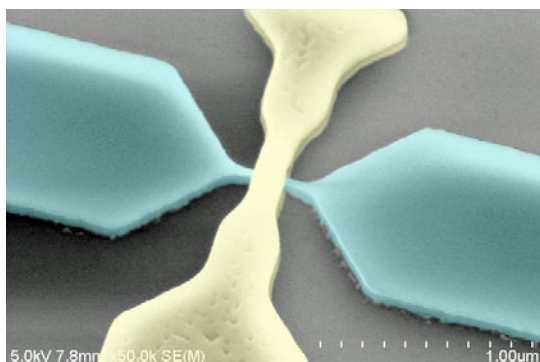


Nanoelectronics Integration for Green Innovation

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

エレクトロニクス・製造領域

ナノエレクトロニクス研究部門 Nanoelectronics Research Institute



技術を社会へ
Integration for Innovation

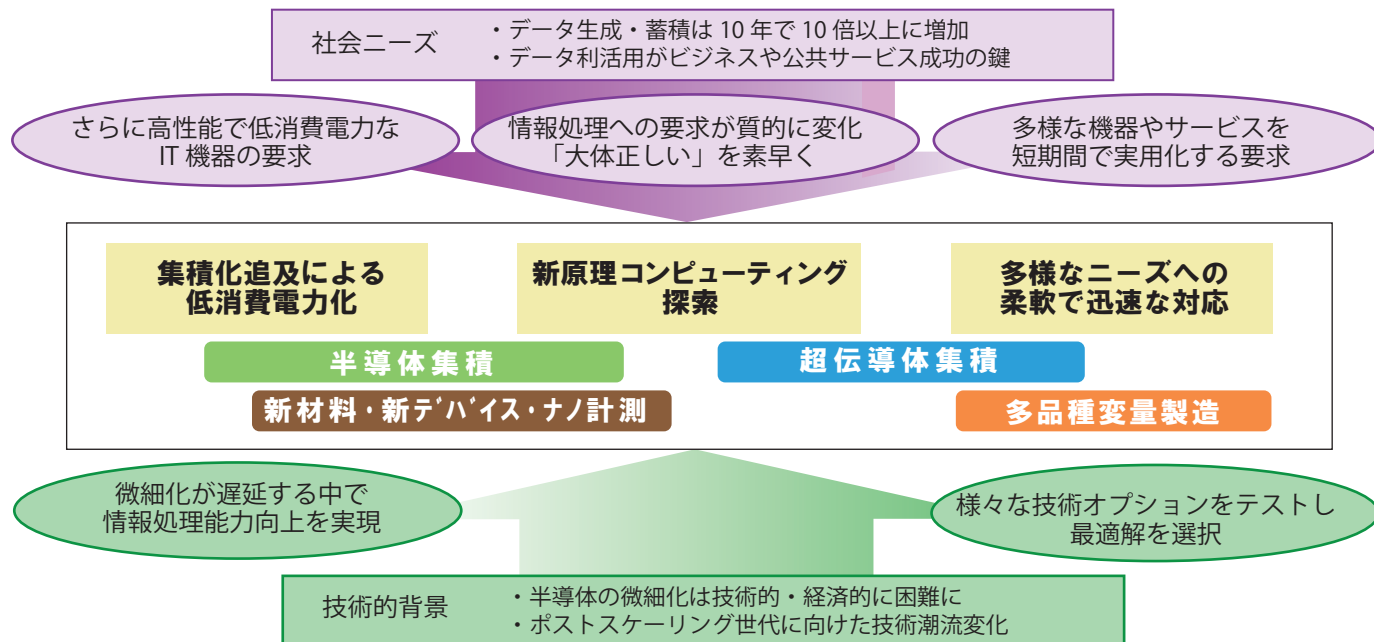

National Institute of
Advanced Industrial Science
and Technology
AIST

産総研
国立研究開発法人 産業技術総合研究所

ミッションと体制

データの利活用がビジネスや公共サービスの成功の鍵となる一方で、ITの進化を支えてきた半導体の微細化が物理限界に近づき、機器のエネルギー消費増大が問題となっています。

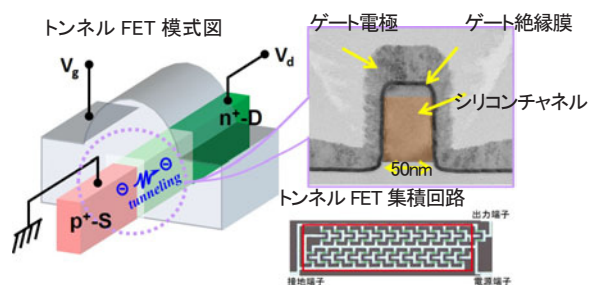
ナノエレクトロニクス研究部門は、大規模化・多様化するデータの利活用を超低消費電力化するために、集積回路に用いられる材料、デバイス、作製プロセス、設計、および、解析評価に関するコア技術を創出します。また、社会ニーズに対応する高性能センシングの実現や、市場ニーズに柔軟に対応するデバイス製造・回路設計の普及を目指して研究開発を進めています。



半導体集積

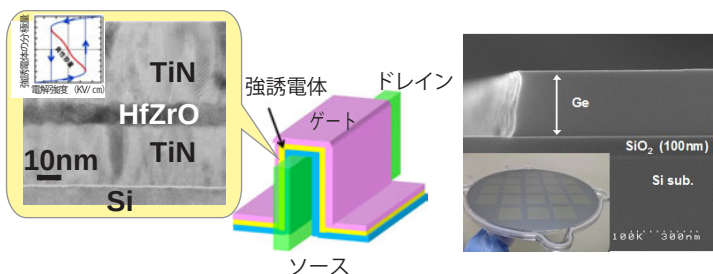
シリコン CMOS のナノ構造制御と回路高度化、非シリコン材料を用いた MOSFET、および LSI の 3D 高密度実装を重点的に研究しています。また、TCAD シミュレーションから回路までの設計技術、Flex Power FPGA のアプリケーション開拓、機械学習を効率的に行う回路開発にも取り組んでいます。

ナノ CMOS 集積グループ



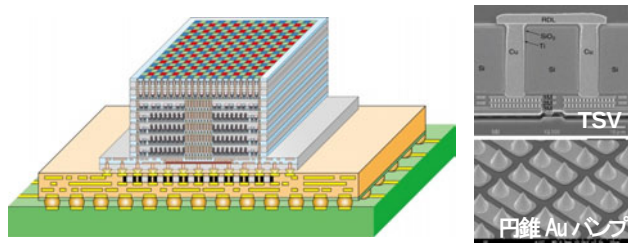
超低消費電力集積回路を実現するトンネル FET

新材料デバイス集積グループ



負性容量強誘電体ゲート FET ポストシリコン GeOI ウェハ

3D集積システムグループ



シリコン貫通電極 (TSV) によるヘテロジニアス 3次元集積技術

エレクトロインフォマティクスグループ

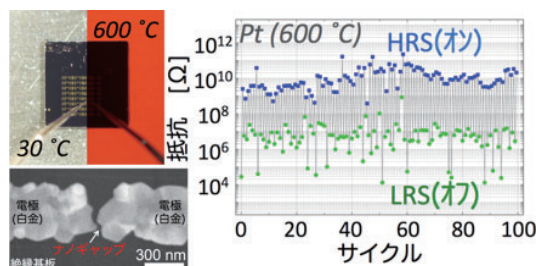


Flex Power FPGA 評価ボード 次世代 TCAD の 3次元適用例

新材料・新デバイス・ナノ計測

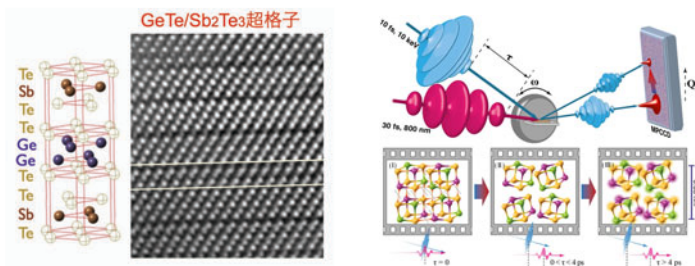
低次元相転移、トポロジカル相転移等を利用した新機能デバイスや、ナノ構造化によって発現する新機能を合目的的に設計した新規デバイスの実証を目指して、材料の設計・開発からデバイス応用、ナノスケール物性評価までを一体的に進めています。

エマージングデバイスグループ



高温環境で動作する不揮発性メモリー

システムティックマテリアルズデザイングループ

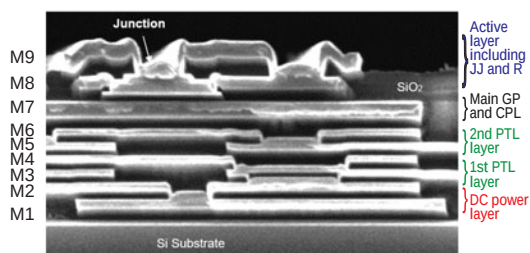


カルコゲン化合物の原子レベル材料設計・形成技術と先端計測

超伝導体集積

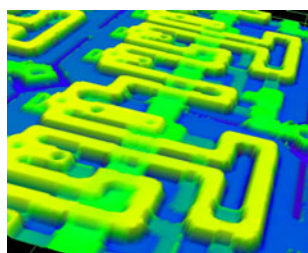
超伝導デバイスの微細加工・集積化技術と理論的検討に基づいて、現在の計算機の限界を超える量子計算技術やインフラ診断等の社会ニーズに応える高感度・高分解能の超伝導検出器を研究しています。また、多重信号読出や電圧標準といった基盤的な技術の開発を進めています。

超伝導計測信号処理グループ

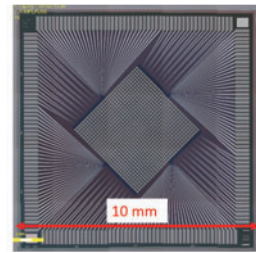


超伝導集積回路：平坦化 9 層配線

超伝導分光エレクトロニクスグループ



量子アニーリング制御回路テストチップ

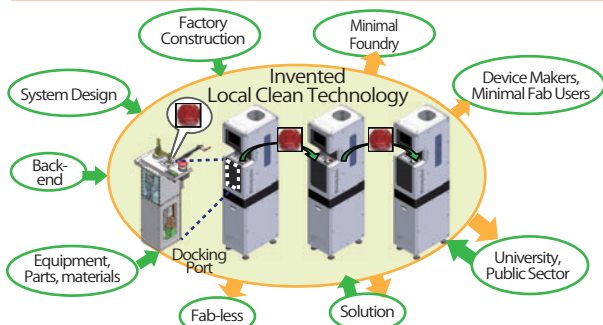


1024 ピクセル STJ アレイ (埋込 Nb 配線)

多品種変量製造

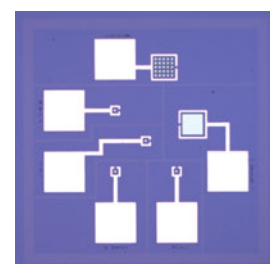
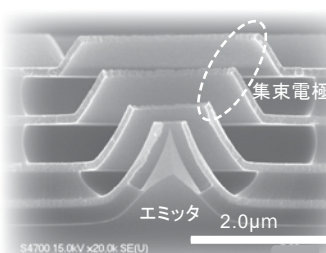
半導体デバイスや MEMS などの変量多品種製造や短期間での試作に適したミニマルファブを提唱し、装置群の開発・高度化と普及に取り組んでいます。また、電子線源や高信頼性不揮発メモリといった高付加価値デバイスを開発しています。

ミニマルシステムグループ



ミニマルファブによる多品種変量製造エコシステム

カスタムデバイスグループ



集束電極一体型微小電子源と高効率グラフェン面電子源

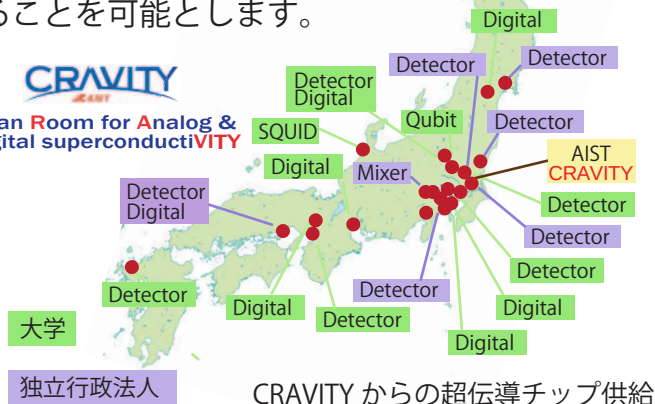
超伝導アナログ・デジタル デバイス開発施設 CRAVITY

CRAVITY は、先端的な超伝導アナログ・デジタルデバイス開発のためのプロセス機器と微細加工ノウハウを集約しています。

実用化段階の超伝導デバイス製作に求められる、大規模化、プロセスの再現性、高い歩留まりを実現しています。

産学官の研究者やエンジニアが、超伝導エレクトロニクスビジネス創出にチャレンジすることを可能とします。

CRAVITY
Clean Room for Analog &
digital superconductIVITY



CMOS 試作ライン

ナノ棟 CMOS 試作設備は、150m² 2 室に、CMOS 試作に必要な全ての装置を効率的に集約し、共同研究施設として活用しています。FinFET の標準試作プロセス等、様々なナノデバイス工程の実施が可能です。



3D 集積プロセス・評価施設

シリコン貫通電極 (TSV) 製造に向けて直径 200mm 及び直径 300mm ウェーハ対応の半導体中間工程設備をつくば西事業所の TIA-SCR 棟、TIA 連携棟に集約し、実用化に向けた研究開発を進めています。



連携のご案内

ナノエレクトロニクス研究部門では、国内外の企業・大学等との連携や産業人材育成に積極的に取り組んでいます。ご関心ある方は下記連絡先までお問い合わせください。

受託研究・共同研究、技術コンサルティング

研究開発のフェーズや規模に応じて、受託研究、共同研究、技術コンサルティング、FS 連携、研究試料提供、技術情報開示などの様々なメニューを準備しています。外来研究員として産総研に常駐しての研究実施も可能です。

技術研修生受け入れ、産総研リサーチアシスタント (RA)

大学等の学生・院生や企業の研究者・技術者の方々を技術研修生として受け入れ、当部門に蓄積された技術の発展・継承を図っています。また、技術研修生のうち、産総研の研究開発に従事できる優れた研究開発能力を持つ大学院生については、学位取得のための研究活動に専念できるようにリサーチアシスタントとして雇用する制度もあります。



国立研究開発法人

産業技術総合研究所

エレクトロニクス・製造領域

ナノエレクトロニクス研究部門

〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 つくば中央第 2

電話：029-861-3483 FAX：029-861-5088

Eメール：nanoele-web-ml@aist.go.jp

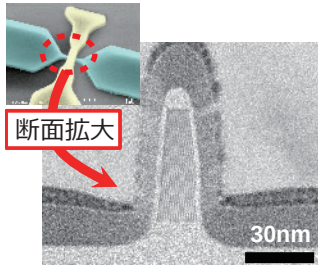
URL: <http://unit.aist.go.jp/neri/>

CMOS 試作ライン

ナノエレクトロニクス研究部門の CMOS 試作ライン (300m²) は、小口径ウェハを用いて、新材料や新構造を導入した微細デバイスの開発に柔軟に対応する施設です。

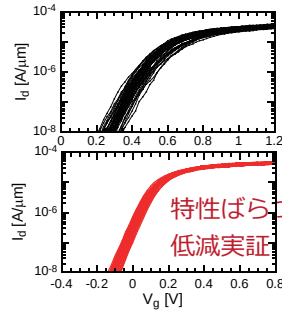
先端微細デバイス試作例

■ 新規ゲート電極を用いた Si FinFET

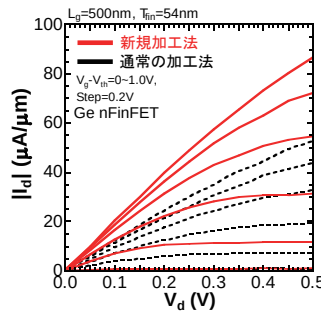
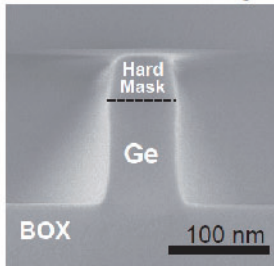


一般的な
ゲート
電極材料

新規
ゲート
電極材料



■ 新材料の低ダメージ加工

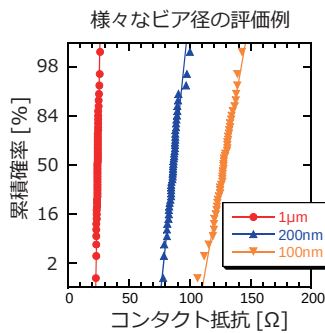
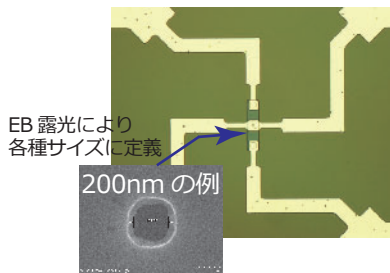


FinFET トランジスタ工程

- ・ SOI ウェハ Fin(素子分離) 加工
- ・ ゲートスタック工程
- ・ ゲート加工工程
- ・ エクステンションイオン注入
- ・ S/D 高濃度イオン注入
- ・ 活性化熱処理
- ・ 層間絶縁膜
- ・ コンタクト形成
- ・ 配線工程

デバイスパラメータ評価例

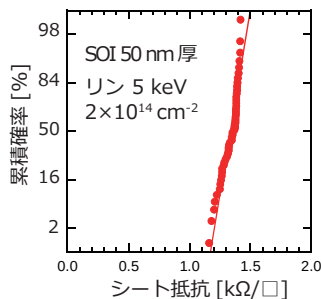
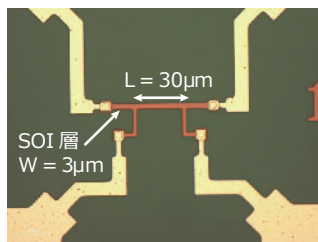
■ Kelvin コンタクト抵抗評価 TEG



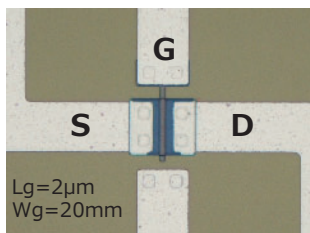
デバイスパラメータ評価項目

- ・ コンタクト抵抗
- ・ シート抵抗
- ・ 界面準位密度
- ・ キャリア移動度
- ・ 実効仕事関数

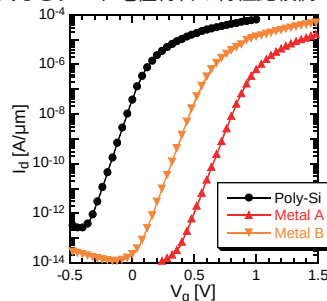
■ イオン注入・活性化 RTA によるシート抵抗のウェハ面内分布



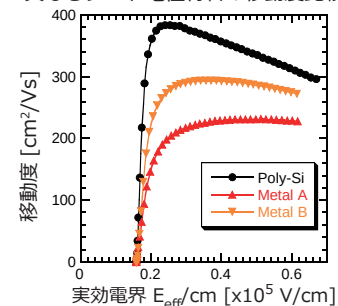
■ 標準 MOSFET プロセス



異なるゲート電極材料の特性比較例

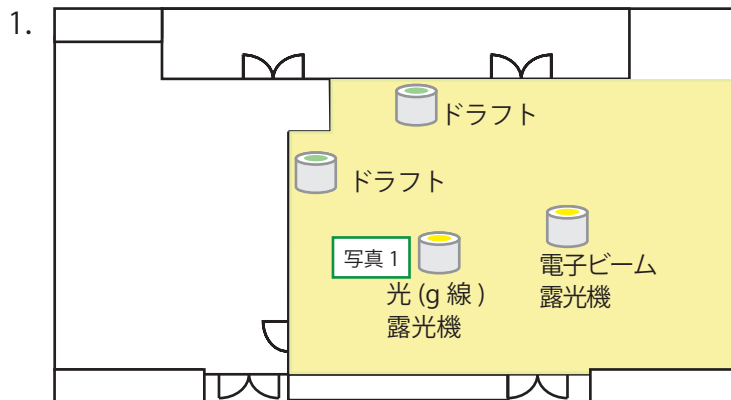


異なるゲート電極材料の移動度比較例



CMOS 試作ライン

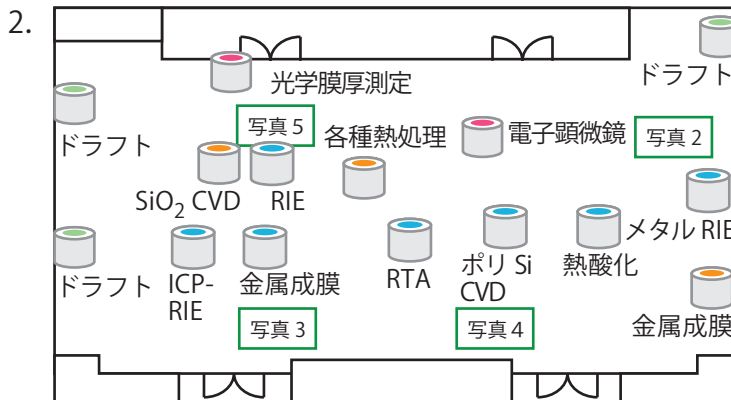
設備



リソグラフィー専用
イエロールーム
class 100



写真1 g線露光機



CMOS プロセス専用
class 1000



写真2 電子顕微鏡 (SEM)



写真3 金属成膜装置



写真4 ポリ Si CVD



写真5 RIE

装置群

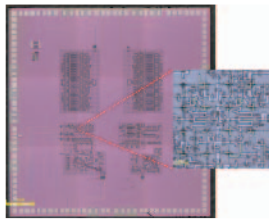
前工程	酸化炉 (厚膜)	≦500nm まで	後工程	SiO ₂ プラズマ CVD(層間膜)
	酸化炉 (ゲート)	2-100nm まで		金属成膜 (後工程) Al, AlSi, Ti, TiN 他
	RIE(前工程一般)	対象材料 Si, SiO ₂		RIE(層間膜、メタル) 対象材料 SiO ₂ , Al, Ti, TiN, Ge 他
	ICP-RIE(Fin, ゲート)	対象材料 Si		汎用熱処理炉 N ₂ , O ₂ , N ₂ /H ₂ 雰囲気
	ポリ Si CVD(ゲート)	アンドープ リンドーブ	リソ グラフィー	電子ビーム露光機 日本電子 JBX6000 位置分解能 10nm 対象ウェハサイズ 2 インチ、20mm 角
	金属成膜 (前工程) Ti, Ta, Mo, Al, Ni 等 及びこれらの窒化物			光露光機 (g 線) 対象ウェハサイズ 2,3,4 インチ、15,20mm 角カットウェハ
	急速熱処理 (RTA) 800 ~ 1000℃, >1sec		評価	光学膜厚測定 エリプソメーター、Nano-spec(光干渉膜厚計)
洗浄	ドラフト (有機、無機)			電子顕微鏡 (FE-SEM) 日立 S4800



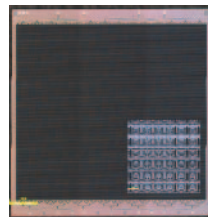
CRAVITY は、先端的な超電導アナログ計測デバイスとデジタルデバイス開発の中で整備されたプロセス機器と微細加工ノウハウを活用し、超電導分野のみならず、大規模に集積した電子デバイスの作製が可能な施設です。



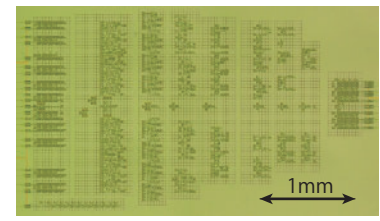
超伝導デバイス試作例



単一磁束量子 (SFQ) プロセッサ CORE e4
(512-bit RAM を統合、デモプログラムが
実行可能、設計: 名大、京大)

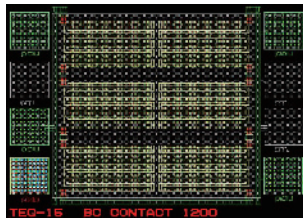


断熱型磁束量子パラメトロン (AQFP)
20 万 接合回路 (量子限界に迫る低消費
電力動作を実証、設計: 横浜国大)

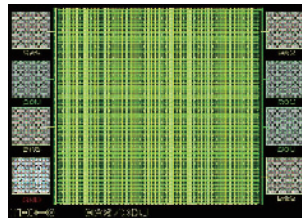


8 ビット並列算術論理演算回路
(設計: 名大、九大)

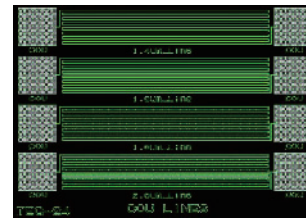
基礎データ取得用 TEG



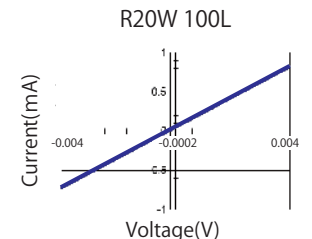
BC コンタクト評価 TEG
(1.0mm 角 BC コンタクト 1200 個)



層間リーク評価 TEG
(2 層以上で交差する
2 μ m 幅ミアンダライン)



縮小値評価用ラインパターン
(ライン幅: 1.4, 1.6, 1.8, 2.0mm)



抵抗値評価用 TEG 測定結果

代表的なプロセス装置

1) 成膜



6 元スパッタ装置

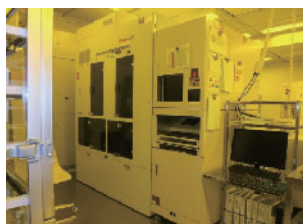
- ・最大基板サイズ: 4inch ウェハ。
- ・2 チャンバー (Main+LL) 構成。
- ・スパッタ方式: DC, RF 可能。
- ・成膜可能材料: Nb, Al, SiO₂, Ti, W, Au 他。
- ・基板洗浄用逆スパッタ可能。
- ・全自動成膜可能。



SiO₂/SiNx 膜用 TEOS-CVD 装置

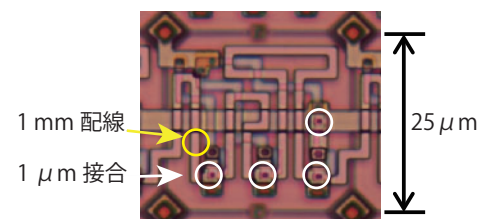
- ・プラズマによる低温成膜 (80°C)
- ・内部応力制御 (-300 ~ 200 MPa)
- ・屈折率調整可能
- ・高アスペクト比 (50) 構造への成膜も可能
- ・最大基板サイズ: 8 インチ
- ・基板加熱温度: 60 ~ 200 度
- ・成膜可能膜厚: 10 μ m 以上

2) リソグラフィ



i 線ステッパーを中心としたフォトリソグラフィが可能

- ・約 1 μ m のプロセスノードでの集積回路プロセスが可能
- ・プロセス例: シフトレジスタ回路拡大写真 (右写真)

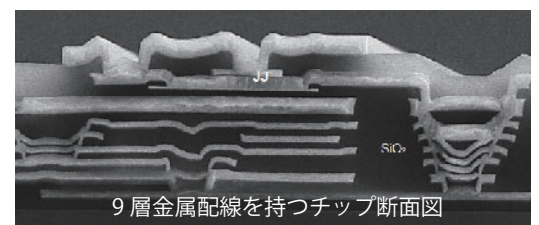
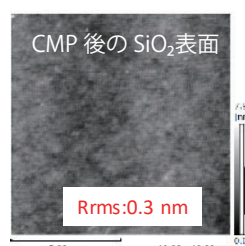


3) CMP



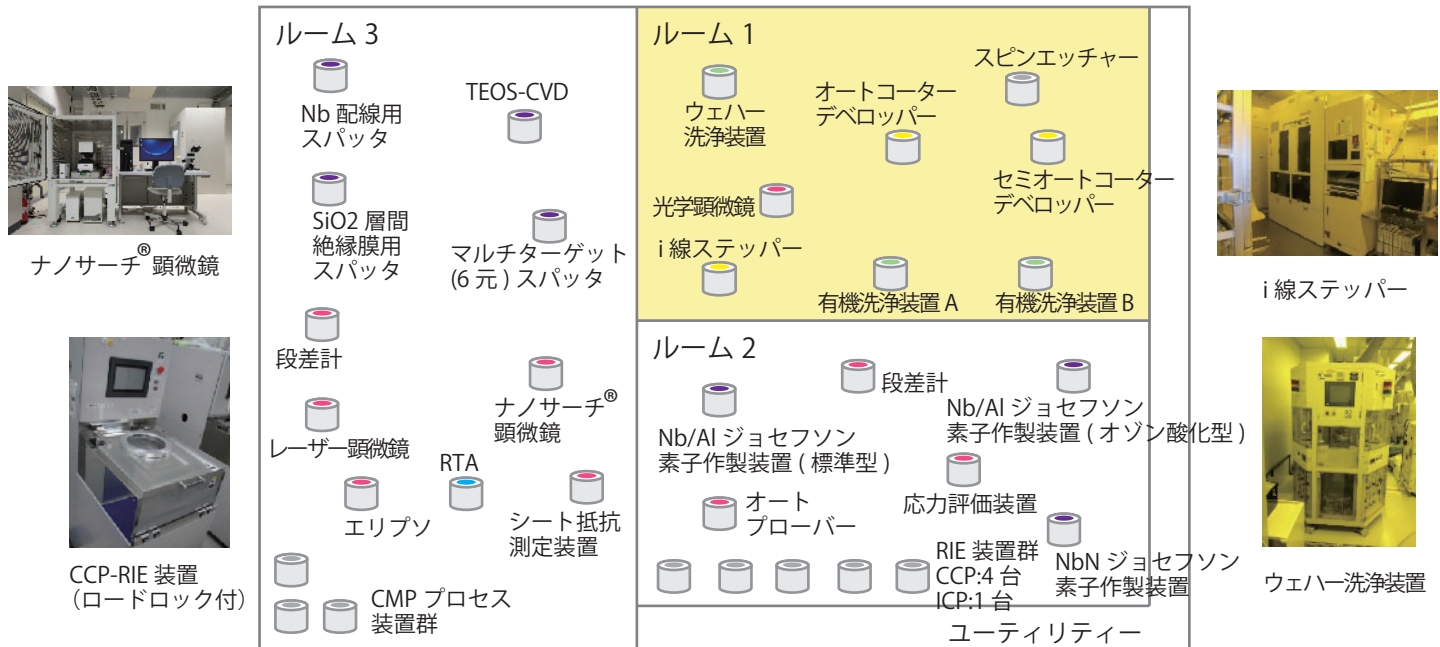
高精度の CMP プロセス可能

- ・最大 9 層の金属 (Nb) 配線プロセス可能
- ・SiO₂ 層間絶縁膜の高精度平坦化プロセス可能



設備

ルーム 1 class100(90m²)、ルーム 2 class10000(70m²)、ルーム 3 class10000(100m²)



応力評価装置



NbN ジョセフソン素子作製装置



Nb/Al ジョセフソン素子作製装置 (オゾン酸化型)

装置群

成 膜	金属成膜 (スパッタ成膜) Al, Ti, Nb, Mo, Pd, W, Au	リン グラフィー	i 線ステッパ ・アライメント精度: 55nm 以下 ・露光可能ウェハサイズ: 3, 4, 6 インチ
	窒化物 (スパッタ、CVD 成膜) AlN, SiNx, TiN, NbN		コーターデベロッパ ・レジスト: ネガ、ポジ (計 3 種類) ・現像液: TMAH2.38% ・ウェハサイズ: 3inch ・HMDS 処理有り, 基板冷却, ウェハエッジ部、裏面リンス機能有り
	酸化膜 (スパッタ、CVD 成膜) SiO ₂		
エッチ ング	ドライエッチング (フッ素系) SiO ₂ , SiNx, Nb, NbN, Mo, W	評 価	光学膜厚測定 顕微分光膜厚計
	ドライエッチング (ミリング) Al, Al ₂ O ₃ , AlN, TiN, Pd, Au		触診式段差計 α ステップ
	ウェットエッチング Al, AlN		光学・レーザー・プローブ顕微鏡
洗 浄	ベアウェハ スピン洗浄 DHF/ オゾン水使用 ウェハサイズ: 3 インチ		電気・力学特性 オートブローバー、シート抵抗測定装置、応力測定装置
	有機 (レジスト剥離) NMP/ 純水 (高圧ジェット、メガソニック) 使用, ブラシスクラブ洗浄, ウェハサイズ: 3 インチ		