



グリーンMEMSセンサ端末・ネットワークシステムを実現する共通基盤技術

グリーンセンサ端末機能集積化技術の開発

(財)マイクロマシンセンター、(独)産業技術総合研究所、
(株)デンソー、(株)アルバック、大日本印刷(株)

大日本印刷(株)

富樫 和義



NMEMS 技術研究機構



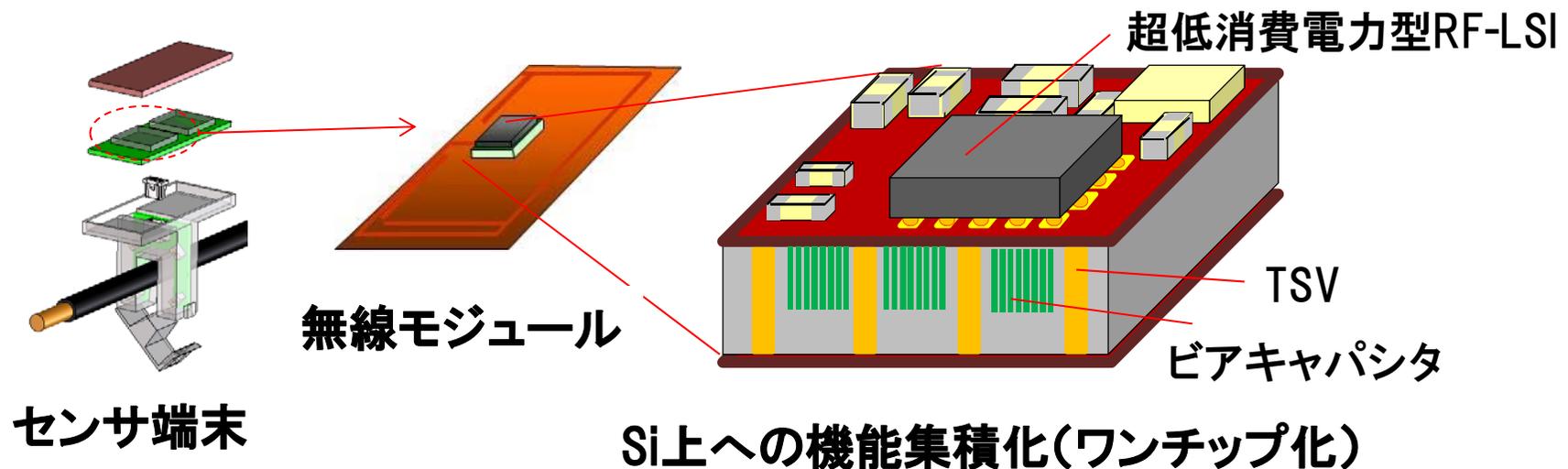
1. 背景と目的
2. 開発テーマ概要・目標
3. 開発内容と取り組み
4. 端末機能集積化技術の開発
 - 4-1. センサ端末共通プラットフォーム構築と集積化モジュールの開発
 - 4-2. Siインターポーザ大口径化プロセス開発と機能集積化
 - 4-3. 高容量キャパシタの集積化技術
 - 4-4. ビアキャパシタ向け高速Siエッチング技術開発
5. ネットワーク・応用分野
6. まとめ

1. 背景と目的

グリーンセンサネットワークシステムの普及のためには、
取付け場所を選ばない小型、且つ低消費電力で、安価なグリーン
センサ端末が求められる。

本研究では、これらを実現すべく、超低消費電力型RF-LSIの開
発をはじめ、シリコンの加工プロセスを適用した端末機能集積化
に関する要素技術を開発した。

Si上にワンチップ化集積する事で構造がシンプルになり信頼性
の向上が期待できる。



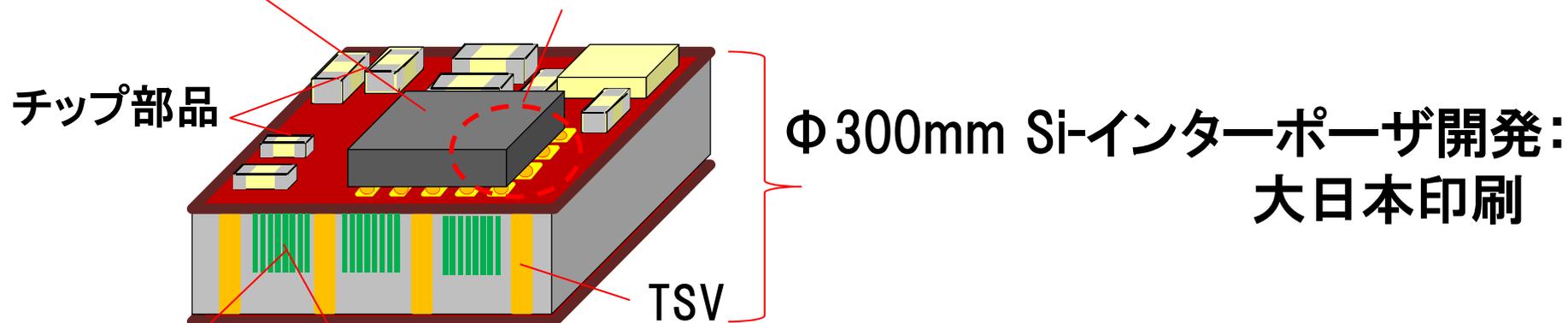
2. 開発テーマ概要・目的

低消費電力化、端末機能集積化の要素技術の開発担当

モジュール設計 : 産総研、MMC

超低消費電力RF-LSIの開発 : 産総研、MMC

RF-LSIのチップ to ウェハ接合技術 : MMC、産総研



ビア形成のための高速エッチング技術 : アルバック

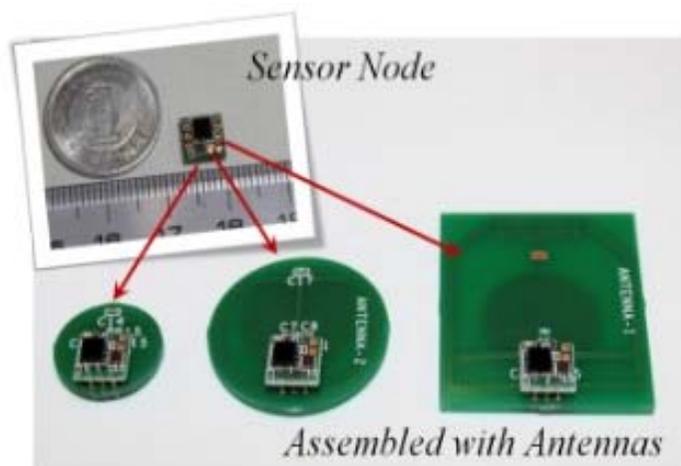
高アスペクト大容量ビアキャパシタ向け

絶縁層/配線層の開発 : デンソー

2. 開発テーマ概要・目的

H23年度取り組み

- ① 市販温湿度センサを用いた端末試作(1stプロトタイピング)
RF-LSI仕様、チップtoウェハ接合評価仕様の決定
- ② シミュレーションによるΦ300mmウェハ均一めっき条件の確立
- ③ 超臨界成膜装置仕様の設計と装置導入～立ち上げ
- ④ ボッシュ・非ボッシュプロセス可能なICP装置の準備



1st 端末試作

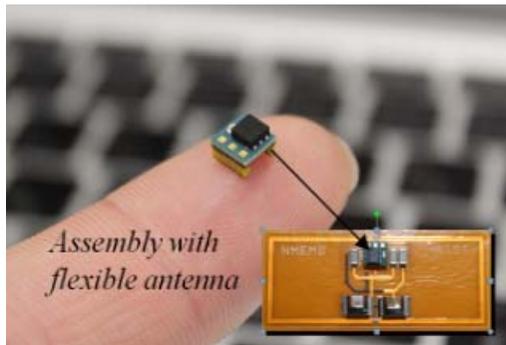


成膜装置の導入

2. 開発テーマ概要・目的

H24年度の取り組み

- ① 小型集積化技術を適用した端末試作(2ndプロトタイピング)
Si-インターポーザによる集積化構造を設計
- ② $\Phi 300\text{mm}$ ウェハ対応めっき装置の導入～立ち上げ
- ③ 流体シミュレーションによる成膜チャンバー内気流の把握
- ④ 非ボッシュ法で速度 $4.7\mu\text{m}/\text{min}$ の異方性エッチングを達成



2nd 端末試作

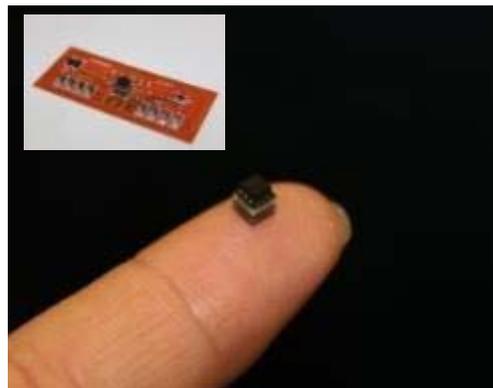


$\Phi 300\text{mm}$ ウェハ対応めっき装置

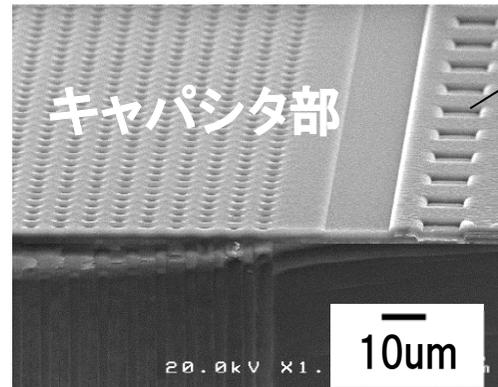
2. 開発テーマ概要・目的

H25年度の取り組み

- ① センサ端末に太陽電池を接続、データ通信テストを行い、30mの通信が可能であることを確認(3rdプロトタイピング)
- ② Si-インターポーザへの機能集積化技術を検証するための無線モジュール試作を開始、ビアキャパシタ形成まで確認
- ③ 超臨界成膜のチャンバー内構造の改良(改造)
- ④ ボツシュ/非ボツシュの融合プロセスを開発



3rd 端末試作



ビアキャパシタ

2. 開発テーマ概要・目的

H26年度の取り組み

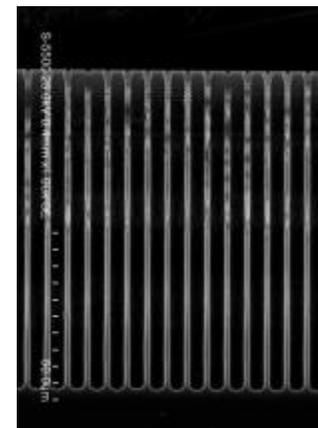
- ① グリーンセンサ端末共通プラットフォームを構築
- ② ビアキャパシタ内蔵Si-インターポーザ(Si-IP)集積による無線モジュールの試作
- ③ ビアキャパシタを試作し正常に機能する事を確認
- ④ ボツシュ/非ボツシュの融合プロセスにて、アスペクト比25、エッチングレート2.0um/minを達成



無線モジュール外観



Si-IP部の断面



高アスペクト比エッチング

無線モジュール試作(Si-IP集積技術の適用)

3. 開発内容と取り組み

低消費電力化、端末機能集積化の要素技術の開発

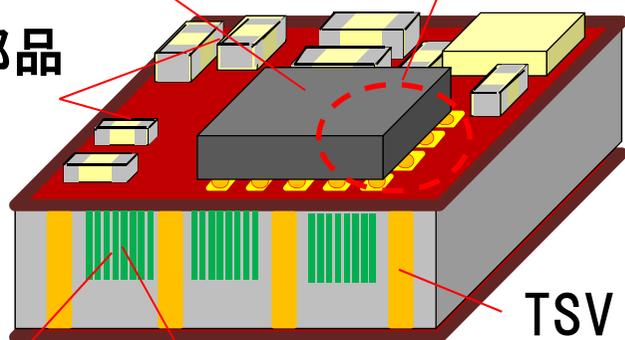
モジュール設計: センサー端末共通プラットフォーム化

超低消費電力RF-LSIの開発: 低消費電力&各種Gセンサーに対応

RF-LSIのチップ to ウェハ接合技術:

ウェハレベルプロセスによる生産性向上

チップ部品



TSV

Φ300mm Si-インターポーザ開発:
大口徑プロセスによる生産効率UP

ビア形成のための高速エッチング技術: 高スループットの実現

高アスペクト大容量ビアキャパシタ向け絶縁層/配線層の開発:
超臨界成膜による高性能キャパシタの実現

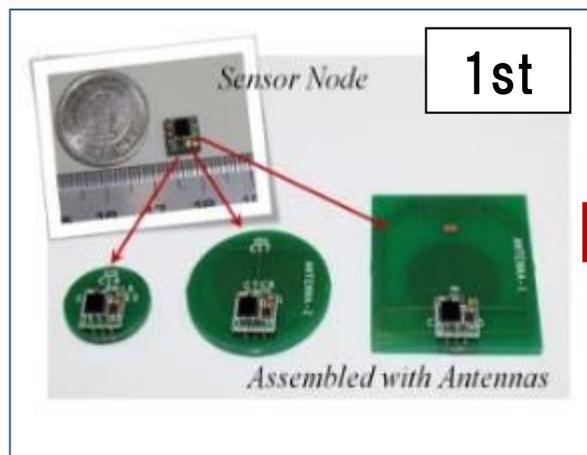


NMEMS 技術研究機構

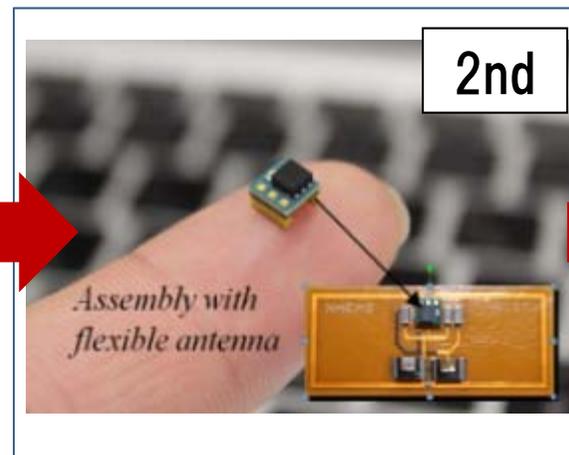


4. 端末機能集積化技術の開発

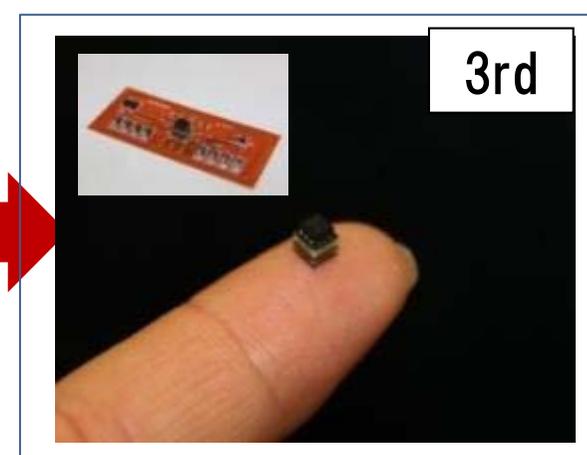
4-1. センサ端末共通プラットフォーム構築と 集積化モジュールの開発 プロトタイピングによる集積化技術の検証



RF-LSI仕様の決定



集積化レイアウトの決定



小型化の検証

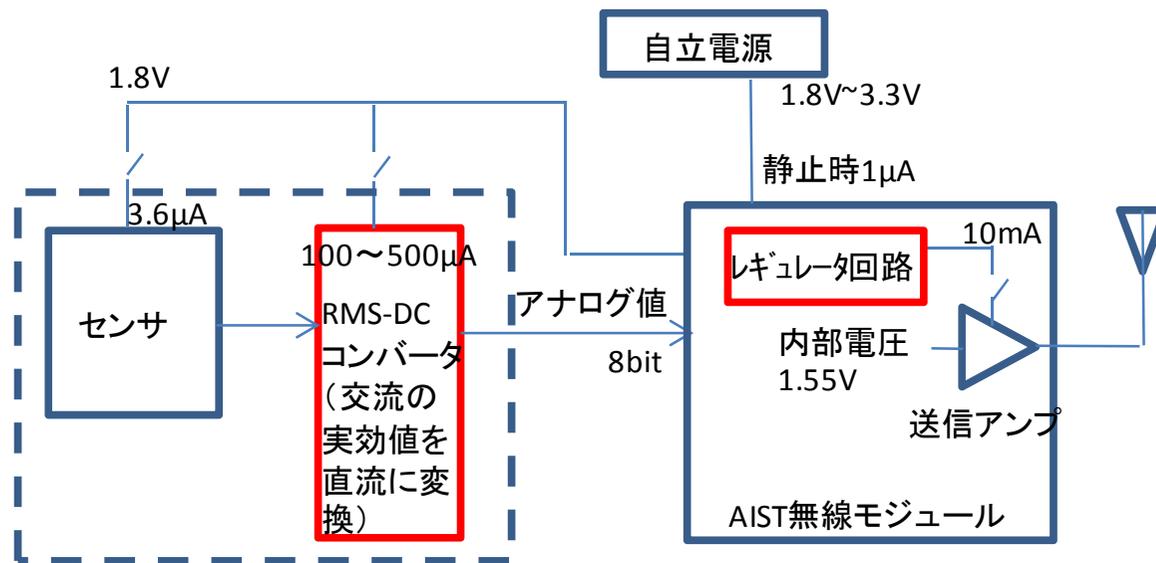


Siインターポーザ集積化技術を適用した無線モジュール仕様の決定

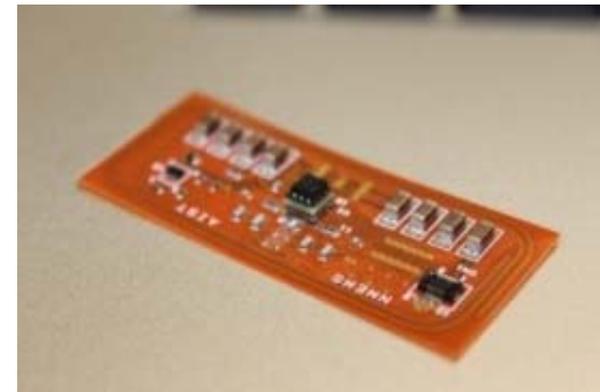
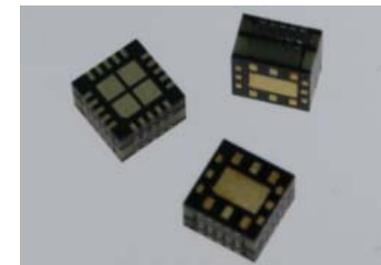
4. 端末機能集積化技術の開発の成果

4-1. センサ端末共通プラットフォーム構築と 集積化モジュールの開発

- ・グリーンセンサ端末共通プラットフォームを構築
- センサ端末共通プラットフォームWGで決定



グリーンセンサ端末共通プラットフォームの一例



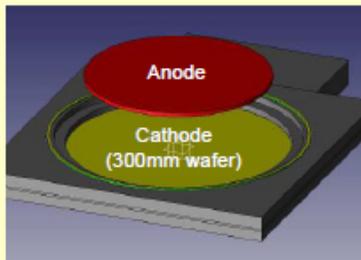
プラットフォーム端末部
(2×5cm)

4. 端末機能集積化技術の開発

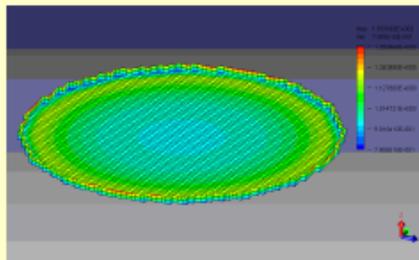
4-2. Siインターポーザ大口径化プロセス開発と機能集積化

シミュレーションによる均一めっき条件の検討 → 装置仕様へ

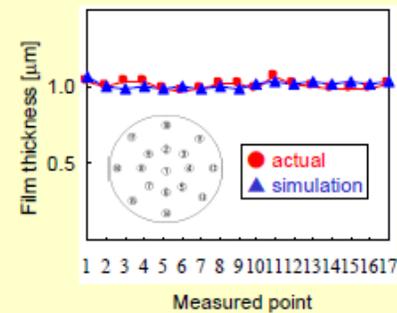
Model



Simulation result

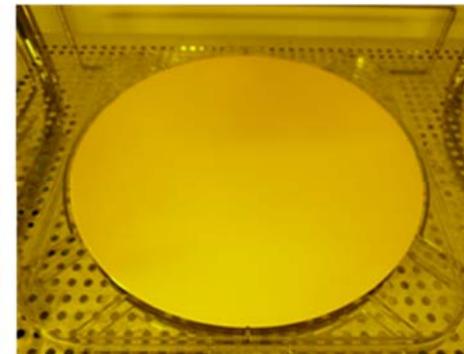


Thickness distribution



← 実めっき結果と
ほぼ一致

Cu electroplating simulation was carried out for optimized Electro Chemical Deposition. Process uniformity of Cu electroplating was equivalent to the simulation result.

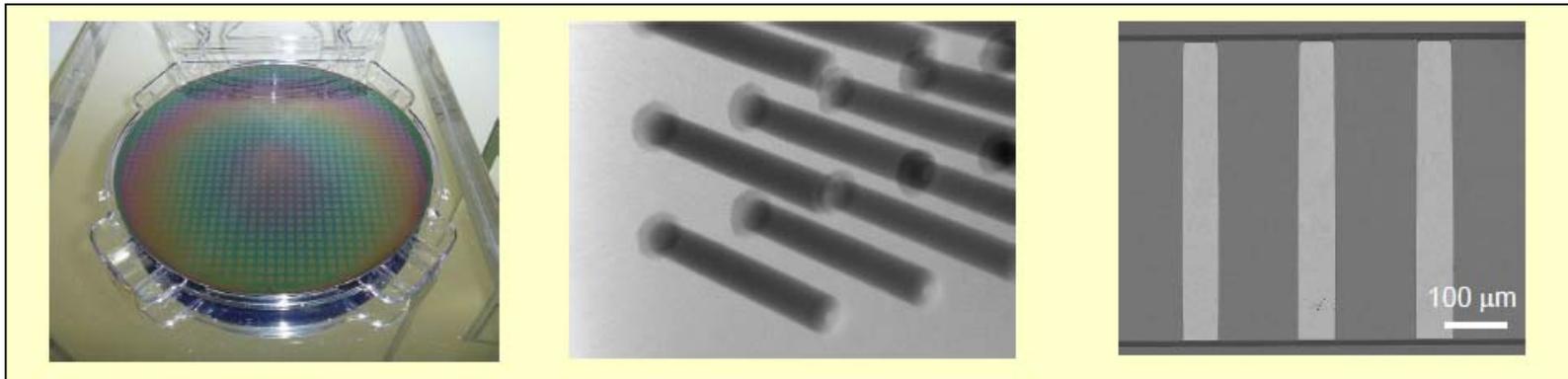


Φ300mmサイズ対応 Cu充填めっき装置とCuめっき後のウェハ

4. 端末機能集積化技術の開発の成果

4-2. Siインターポーザ大口径化プロセス開発と機能集積化

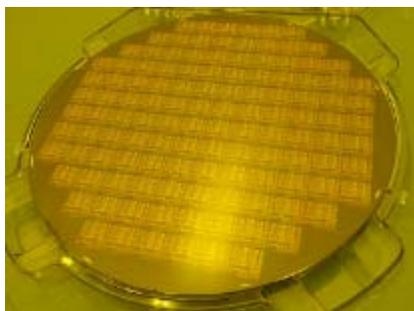
- ・Φ300mm Si-インターポーザのボイドレスTSVめっき技術確立



めっき充填後

TSVのX線透過像

TSVの断面SEM像



配線めっき後

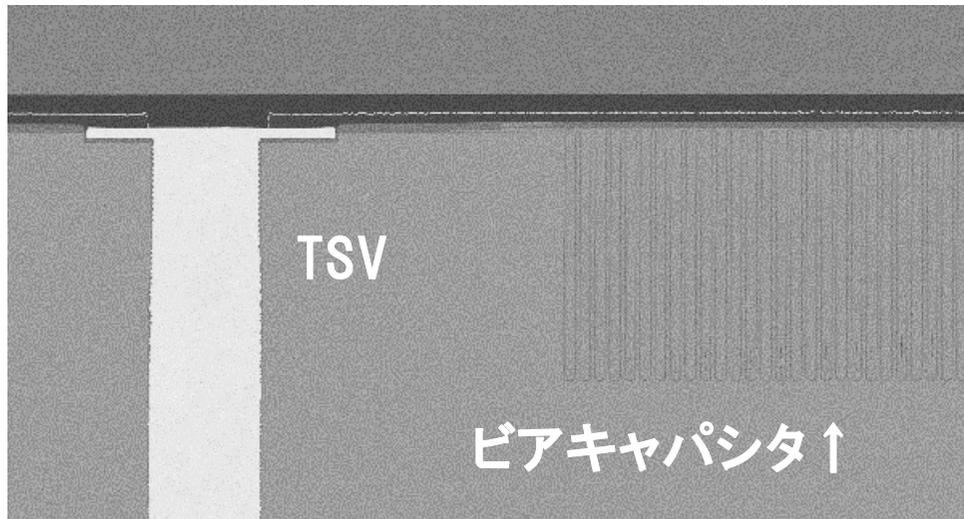


従来サイズ(~8インチ)と同等レベルのめっき品質を達成、生産効率の大幅アップが期待できる大面積プロセスの実現可能性を見出した

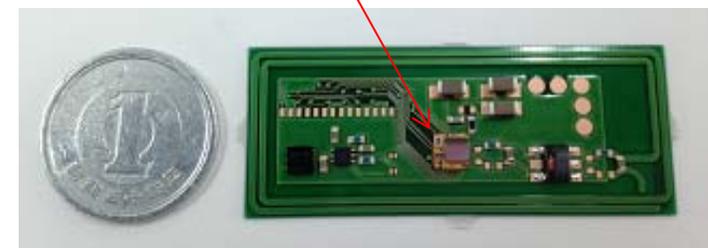
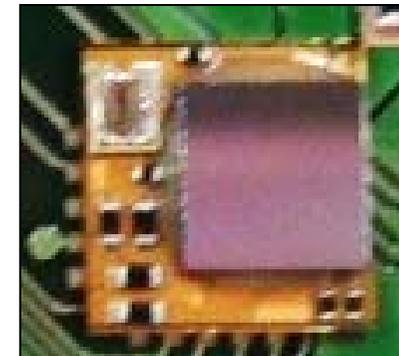
4. 端末機能集積化技術の開発の成果

4-2. Siインターポーザ大口径化プロセス開発と機能集積化

- ・高容量ビアキャパシタ内蔵Si-インターポーザを開発し、無線モジュールへ適用



ビアキャパシタ内蔵Si-インタポーザ
(断面構造)



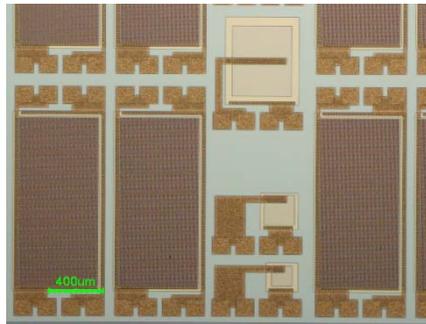
試作した無線モジュール

4. 端末機能集積化技術の開発

4-3. 高容量キャパシタの集積化技術

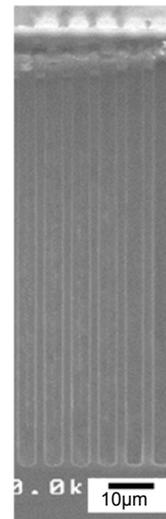
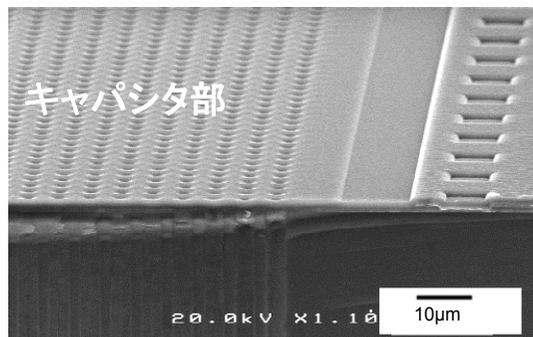
高アスペクト比ビア構造を用いたキャパシタを開発

■ 開発したキャパシタチップ



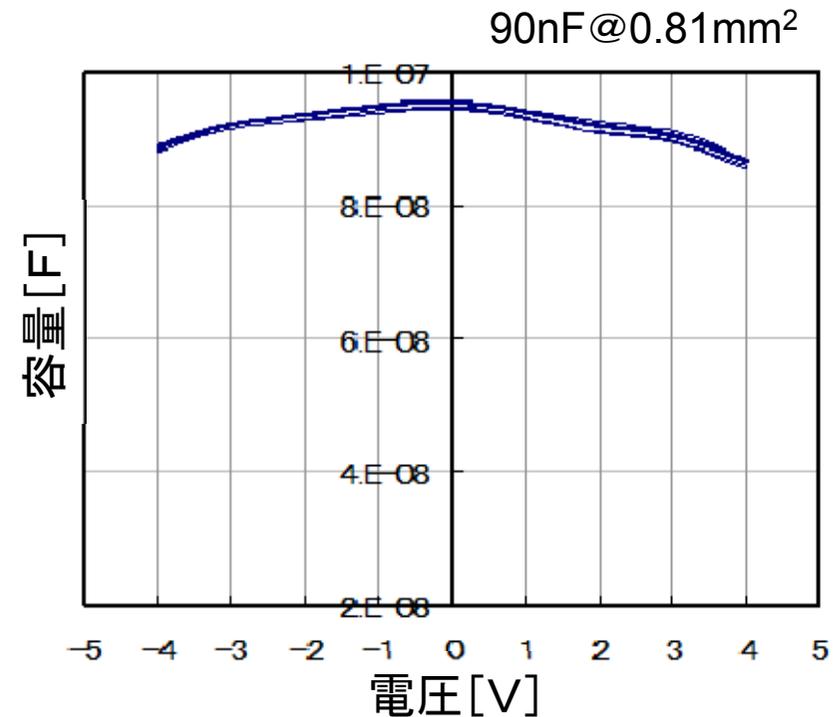
【キャパシタ断面】

【キャパシタ上面斜視】



アスペクト比: 50

■ キャパシタ容量特性



キャパシタ容量: 1μF@3×3mm
(=110nF/mm²)を達成

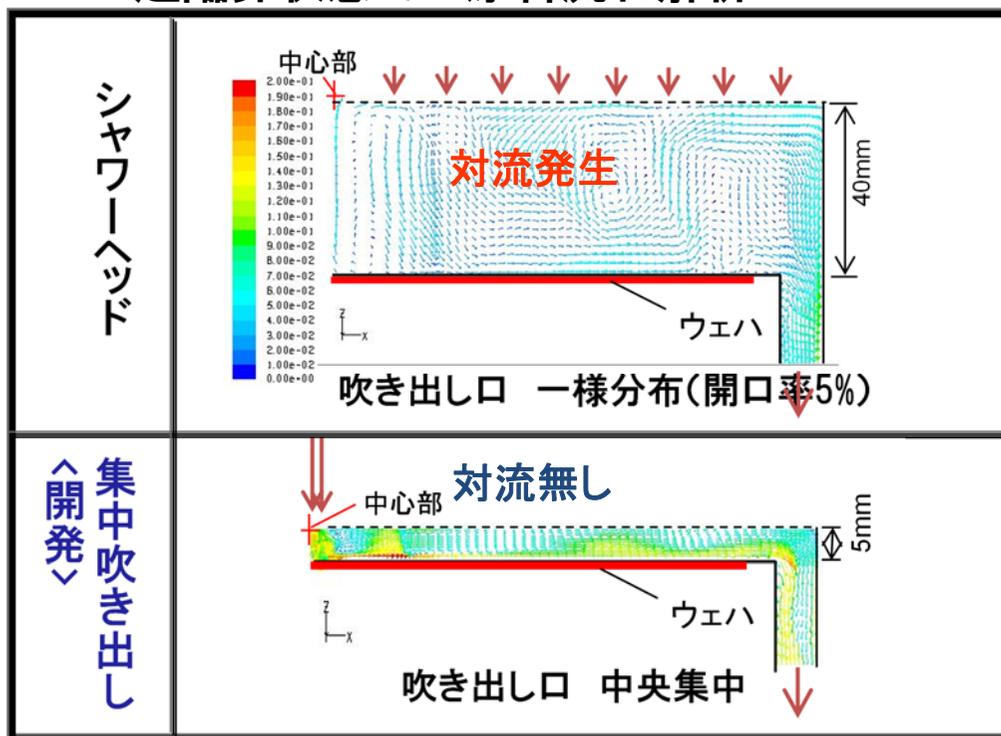
4. 端末機能集積化技術の開発

4-3. 高容量キャパシタの集積化技術

高アスペクト比ビア構造への絶縁層/配線層成膜技術を開発

■ 大口径ウェハへの成膜チャンバ

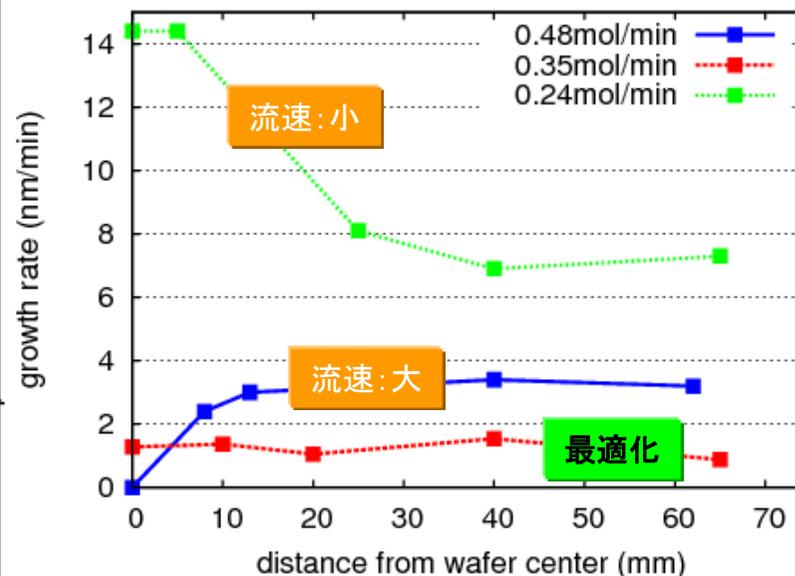
<超臨界状態での原料流れ解析>



自然対流の影響を受けないチャンバ構造を開発

■ 大口径ウェハへの成膜結果

<Cu成膜の面内均一性>



流速の最適化により、
ウェハレベルの膜厚均一性を実現



NMEMS 技術研究機構

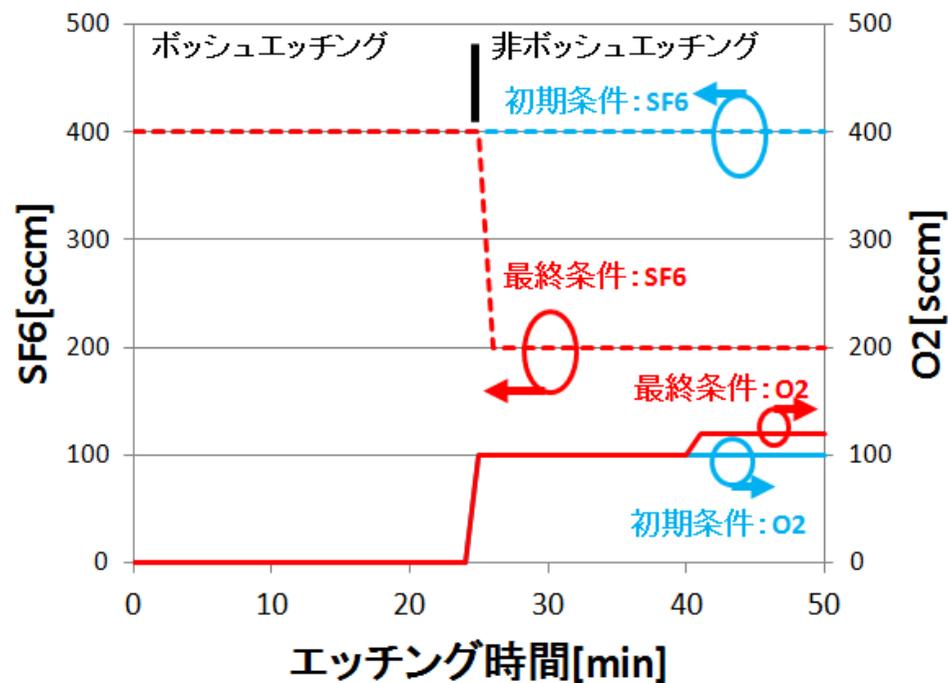


4. 端末機能集積化技術の開発

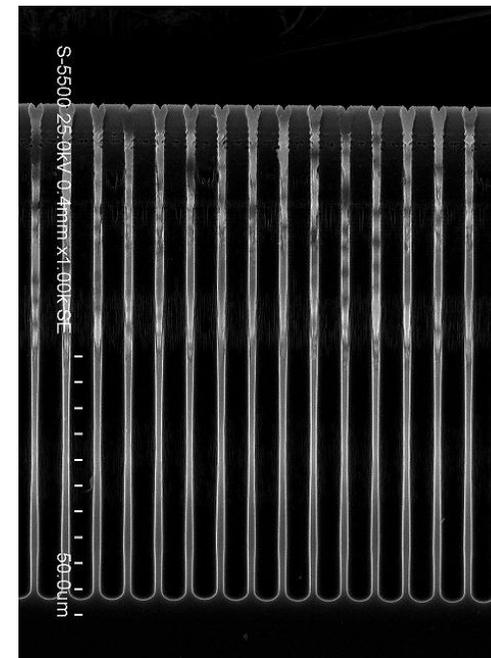
4-4. ビアキャパシタ向け高速Siエッチング技術開発

直径4 μm の1:1ピッチ高密度Viaをエッチング深さ101 μm 、アスペクト比25以上の加工を(下図)、エッチング速度2 $\mu\text{m}/\text{min}$ (従来技術1 $\mu\text{m}/\text{min}$)と高速レートで達成

開発した融合エッチングシーケンス例

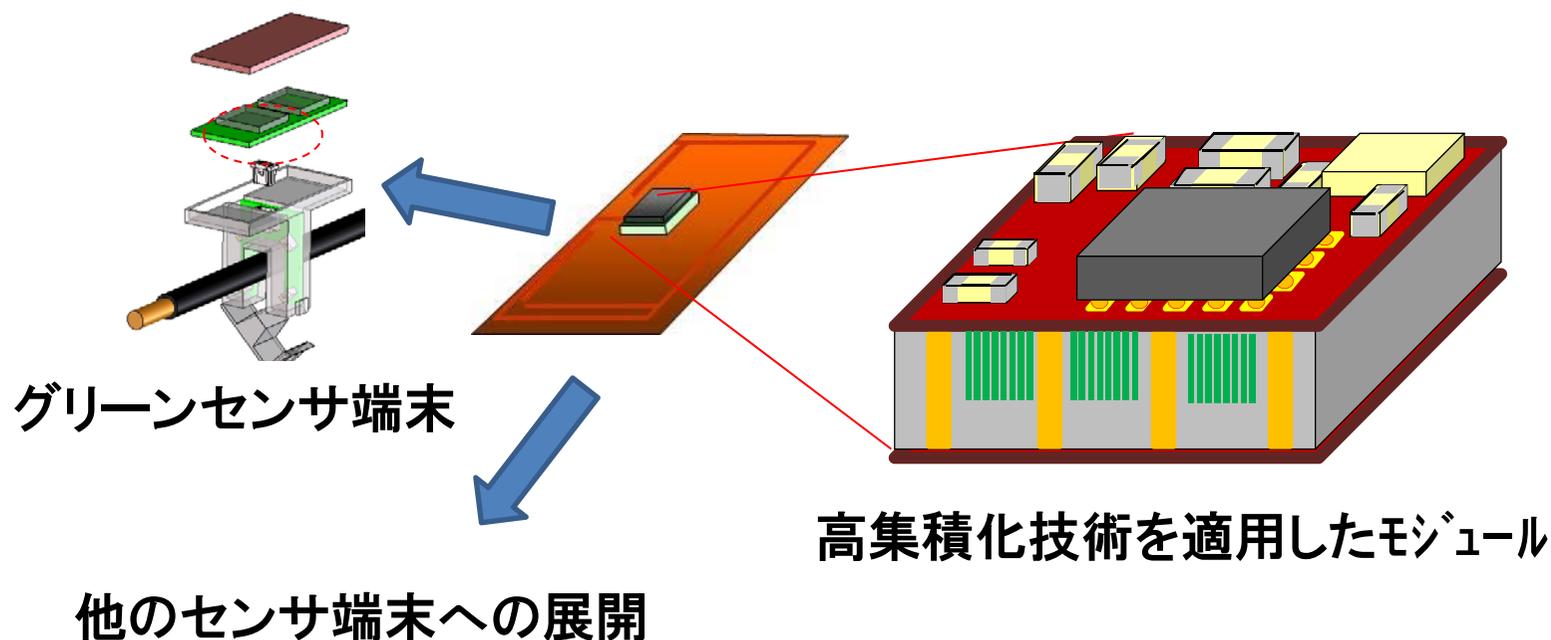


高アスペクト比エッチング結果



5. ネットワーク・応用分野

高集積化技術の適用によって小型化を実現し、設置自由度を高めた省電力グリーンセンサ端末には、環境モニタリング、エネルギー消費コントロールなど、きわめて広範囲な応用分野が期待されている。



6. まとめ

- ・ グリーンセンサ端末機能集積化技術として、ビアキャパシタ内蔵 Si-インターポーザを開発し無線モジュールへ適用
- ・ 様々なグリーンセンサに対応可能な共通プラットフォームを構築
- ・ 超低消費電力にカスタマイズされたRF-LSIを開発
- ・ $\phi 300\text{mm}$ Si-インターポーザ製造技術を確立
- ・ Si-インターポーザに内蔵可能な高アスペクト比構造/
大容量のビアキャパシタを開発($1\mu\text{F}@3\times 3\text{mm}$)
- ・ 大口径ウェハ(~ 8 インチ)に対応可能な超臨界成膜装置を開発
- ・ ビアキャパシタ向けの高品質/高スループット加工を可能とする
高速エッチングプロセス技術を確立

