

# 仕様書

## スパッタリング装置 一式

令和8年6月

国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学

## I. 仕様書概要説明

### 1. 調達背景および目的

IoT、人工知能、ロボット技術が活躍する近未来社会において、これらの技術を支えているのは大規模集積回路やメモリに搭載された半導体デバイスである。現在、電子デバイスの数は爆発的に増加しており、電子デバイスで消費されるエネルギーの削減は全世界の課題である。従来の半導体デバイスはシリコンを中心に研究が行われているが、更なる低消費電力化には高い電子移動度と超極小漏れ電流を両立できる酸化物半導体材料の開発が必須になる。本学が参画する次世代エッジ AI 半導体研究開発事業では、低消費電力動作が可能な酸化物半導体を用いた電界効果トランジスタの研究・開発を行っている。酸化物半導体材料の本質的な性能を引き出すためには、酸化物半導体と接触抵抗率を示す電極材料を用いる必要がある。しかし、酸化物半導体は従来の電極材料との接触抵抗率が高くなる課題があり、新規材料の設計および低接触抵抗化技術の開発が急務である。さらに、酸化物半導体を用いた電界効果トランジスタにおける接触抵抗率の低減に資する電極材料を成膜する装置も必要になる。

奈良先端科学技術大学院大学における既存のスパッタリング装置は、電極材料用にはアルゴンガスおよび酸素ガスのみを使用でき、窒化物電極の実験ができない状態にあった。また、他のスパッタリング装置は酸化物半導体専用機となっており、構成元素の相互汚染を抑制する観点から電極材料用途に用いる他の材料を導入することができない状況にある。そのため、次世代エッジ AI 半導体研究開発事業における酸化物半導体を用いた電界効果トランジスタの電極材料開発およびデバイス技術の開発を行うことが大きく制限されている。従って、本事業の推進ならびに更なる研究成果の創出を図るために、新たなスパッタリング装置を調達する。

本調達装置は、物理気相堆積法におけるスパッタリング技術を用いて金属電極、酸化物電極、窒化物電極の薄膜を合成するものである。それらの材料物性に立脚した電界効果トランジスタや集積デバイス等の最先端半導体デバイスを開発するために使用する。多元系複合材料、異種材料の積層膜を成膜するために複数のターゲット材料を設置、各種反応ガスを供給できるスパッタリング装置を導入し、電極材料の材料設計およびプロセス開発を行うことで次世代エッジ AI 半導体研究開発事業における酸化物半導体を用いたデバイスの研究開発が加速することが期待される。

## 2. 調達物品名および構成内訳

スパッタリング装置 一式

(内訳)

1. 成膜室	1 式
2. 排気設備	1 式
3. 電源・計器	1 式
4. ガス導入部	1 式
5. 架台・制御ラック	1 式

(以上、搬入、据付、配線、配管および調整を含む。)

## 3. 技術的要件の概要

- 3-1 本調達物品に係る性能、機能および技術等（以下「性能等」という。）の要求要件（以下「技術的要件」という。）は「Ⅱ. 調達物品に備えるべき技術的要件」に示すとおりである。
- 3-2 技術的要件は、すべて必須の要求要件である。
- 3-3 必須の要求要件は本学が必要とする最低限の要求要件を示しており、入札機器の性能等がこれを満たしていないとの判定がなされた場合には不合格となり、落札決定の対象から除外する。
- 3-4 入札機器の性能等が技術的要件を満たしているか否かの判定は、本学「スパッタリング装置 一式」技術審査職員において、入札機器に係る技術仕様書を含む入札説明書で求める提出資料の内容を審査して行う。

## 4. その他

- 4-1 入札機器は、入札時点で製品化されていることを原則とする。
- 4-2 入札時点で製品化されていない物品で応札する場合は、技術的要件をすべて満たすことが可能な旨の説明書、開発計画書、納期までに製品化され納入できることを保証する資料および確約書等を提出すること。なお、これらの成否は本学技術審査職員の判断による。
- 4-3 提案に際しては、提案装置が本仕様書の要求要件をどのように満たすか、あるいはどのように実現するかを要求要件ごとに具体的かつ分かりやすく、資料等を添付するなどして説明すること。従って、本仕様書の技術的要件に対して、単に「はい、できます。」、「はい、有します。」といった回答の提案書など、審査するにあたって提案の根拠が不明確、説明が不十分で、技術審査に重大な支障があると本学技術審査職員が判断した場合は、要求要件を満たしていないとみなし不合格とする。
- 4-4 提案書においては、本仕様書の技術的要件とそれに対応する提案内容を明確かつ簡潔に示した対照表を添付すること。
- 4-5 提案書においては、提案機器が本仕様書の技術的要件を満たしていることを提出資料のどの部分で証明できるか、参照すべき箇所を対照表に明示すること。参照すべき箇所が、カタログ・性能仕様書・説明書等である場合、アンダーラインを引いたり、色付けしたりする等して該当部分を明示すること。

- 4-6 提出資料等に関する照会先を明記すること。
- 4-7 提案された内容等について、問い合わせやヒアリングを行うことがあるので、照会先を明記すること。
- 4-8 本調達には調達機器の搬入、据付、配線、配管および調整に要するすべての費用を含む。
- 4-9 導入スケジュールは本学と協議し、その指示に従うこと。

## II. 調達物品に備えるべき技術的要件

(性能・機能に関する要件)

- 1. 成膜室 1 式は、以下の要件を満たすこと。
  - 1-1 成膜室の部材は SUS304 によって構成されていること。
  - 1-2 成膜室に基板を設置する機構（以下「基板ホルダー」という。）を有すること。基板ホルダーは成膜室の上部に設置され、ヒンジ開閉式であること。
  - 1-3 基板ホルダーには、最大 4 インチウエハ（直径約 100 mm）を設置するためのサンプルホルダーを装着する機能を有し、さらに、手動式のシャッター機構を有すること。基板昇降機構を設け、ターゲット材料と基板の距離を 50-100 mm の間において手動で調整する機能を有すること。基板を自転させ、基板の回転数を制御する機能を有する基板回転機構を実装していること。
  - 1-4 サンプルホルダーには最大 4 インチウエハ（直径約 100 mm）基板をビス止め、又は落とし込み式で設置する機構を有すること。
  - 1-5 スパッタ成膜が可能なマグネロン式スパッタカソードを 2 本有し、ICF152 規格のフランジを介して成膜室の底部にスパッタカソードを斜入射で設置する機構を有すること。
  - 1-6 スパッタカソードには、直径 46 mm かつ厚さが 1-5 mm の円形ターゲット材料を設置する構造を有すること。また、手動式のシャッター機構、プロセスガスの Ar を導入できる機構および冷却水導入ポートを有すること。
  - 1-7 スパッタカソードの設置するターゲット材料は工具なしで取り付けおよび取り外しができる構造であり、ターゲット材料に合わせて任意の磁場強度のマグネットに交換可能であること。
  - 1-8 成膜室には、スパッタ成膜中に室内の様子を観察するための基板観察用視窓を有すること。
  - 1-9 成膜室には、最大 4 インチウエハ（直径約 100 mm）を設置したサンプルホルダーを搬入するための基板輸送用ポートを有すること。
  - 1-10 成膜室底部には、最大 3 本までスパッタカソードを設置可能なフランジ（ICF152 規格）を設けること。
  - 1-11 成膜室には、真空排気用のターボ分子ポンプを設置するフランジを有すること。
  - 1-12 成膜室には、プロセスガスの Ar、O<sub>2</sub> および N<sub>2</sub> を導入するためのポートを有すること。
  - 1-13 成膜室には、成膜室の内部の圧力を計測するための真空計を設置するポートを 2 つ有すること。

- 1-14 成膜室には、予備のポート（ICF70 規格）を3つ有すること。
  - 1-15 成膜室の内部には、防着板を有すること。
  - 1-16 成膜室の脱ガスおよび真空度を改善するためのリボンヒータ式ベーキング機構を有すること。また、加熱時間を制御するタイマー機能を有すること。
  - 1-17 成膜室はロードロック室の増設を可能にするフランジを有すること。
2. 排気設備 1式は、以下の要件を満たすこと。
- 2-1 成膜室の真空排気を行うための450 L/secの排気能力を有する空冷式のターボ分子ポンプを実装すること。ターボ分子ポンプは手動バタフライバルブを介して成膜室と接続する機能を有すること。
  - 2-2 成膜室の真空排気および2-1のターボ分子ポンプの排気を行うための300 L/minの排気能力を有する油回転ポンプを実装すること。
  - 2-3 油回転ポンプによる成膜室およびターボ分子ポンプの真空排気（ラフライン）とターボ分子ポンプによる成膜室の排気（フォアライン）を行うため、ラフラインとフォアラインの切り替えを行うための手動ベローズ型アングルバルブを2つ有すること。各真空ポンプの間、油回転ポンプ-成膜室の間を接続するための真空排気に対応するフレキシブルチューブを有すること。
  - 2-4 油回転ポンプの排気ラインには自動リーク用の電磁開閉式バルブを設けること。また、成膜室および2-1のターボ分子ポンプと接続する機構を有すること。
  - 2-5 本排気設備を用いることで、成膜室の到達圧力 $1 \times 10^{-5}$  Paを達成すること。
3. 電源・計器 1式は、以下の要件を満たすこと。
- 3-1 成膜室に接続可能なフルレンジ真空計（イオンゲージ・ピラニー式）を1台有し、成膜室の圧力を計測し、表示する機構を有すること。
  - 3-2 成膜室に接続可能なピラニー真空計を1台有し、成膜室の圧力を計測し、表示する機構を有すること。
  - 3-3 スパッタカソードに電力投入を行うための高周波電源（周波数：13.56 MHz、出力最大300 W）を1台、自動マッチングボックスを1台、手動マッチング用リモートコントローラを1台有すること。これらの電源系統は1-5から1-7で示したマグネトロンスパッタカソードとRF同軸ケーブルを用いて接続する機構を有し、2つのスパッタカソードへの電源供給ラインを切り替える機構を有すること。
  - 3-4 1-3に示した基板ホルダーの基板回転機構において、基板ホルダーの回転速度を0-30rpmの範囲で制御するコントローラを有すること。
4. ガス導入部 1式は、以下の要件を満たすこと。
- 4-1 成膜室にプロセスガスのAr、O<sub>2</sub>およびN<sub>2</sub>を導入する際ならびにスパッタカソード2台にArを導入する際に、導入ガス流量を制御するためのAr、O<sub>2</sub>およびN<sub>2</sub>用のマスフローコントローラを1台ずつ有し、マスフローコントローラ用の電源/表示器をそれぞれ1台ずつ有すること。また、マスフローコントローラの最大流量はAr用30

sccm、O<sub>2</sub>用 10 sccm、N<sub>2</sub>用 10 sccm とすること。

- 4-2 成膜室の大気開放用に N<sub>2</sub> リークガス用ストップバルブを設けること。
  - 4-3 成膜室に導入するプロセスガスである Ar、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、スパッタカソードに導入するプロセスガスである Ar の供給ラインを切り替えるための手動バルブを有すること。
  - 4-4 O<sub>2</sub> ガス用のパージ管を設けること。
  - 4-5 ガス配管の部材はすべて SUS によって構成されていること。
5. 架台・制御ラック 1 式は、以下の要件を満たすこと。
- 5-1 架台は、1 の成膜室、2 の排気設備および 4 のガス導入部を搭載する機構を有し、キャスター・スタンドを有すること。なお、2 の排気設備の油回転ポンプは架台に搭載する必要はない。
  - 5-2 制御ラックは、3 の電源・計器一式および装置の制御に必要な電源系統や主回路ユニット類を搭載する機構を有し、キャスター・スタンドを有すること。また、各電源や計器はそれぞれ手動で操作可能であること。
6. 成膜性能については、以下の要件を満たすこと。
- 6-1 プロセスガスに Ar、ターゲット材料に金属を用いて、10-100 nm 以上の金属薄膜を成膜する機能を有すること。
  - 6-2 プロセスガスに Ar 又は Ar と O<sub>2</sub>、ターゲット材料に酸化物焼結体を用いて、10-100 nm 以上の酸化物薄膜を成膜する機能を有すること。
  - 6-3 プロセスガスに Ar と N<sub>2</sub>、ターゲット材料に金属を用いて、10-100 nm 以上の窒化物薄膜を成膜する機能を有すること。
  - 6-2 高真空(10<sup>-2</sup>Pa 以下) 下においてプロセスガス (Ar) のプラズマが維持された状態でスパッタ成膜を行う機能を有すること。

(性能・機能以外に関する要件)

## 1. 設置条件等

### 1-1 設置場所

本調達物品は、奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科物質創成科学棟 (F棟) 5 階 F519 号室に設置すること。

### 1-2 設備条件

本学が用意する 1 次側電源設備は、3 相 200 V・30 A を 1 系統、単相 200 V・30 A を 1 系統、単相 200 V・20 A を 1 系統、AC100 V・15 A を 3 系統である。本調達物品が外国製の場合には変圧器も本調達に含めること。これ以外に必要な設備がある場合は、事前に本学職員と協議の上、供給者側で用意するものとし、本調達に含めること。

### 1-3 本調達物品の設置を計画する際、以下の条件を考慮すること。

- ① 搬入に使用できるエレベータの性能・仕様は、以下のとおりである。

積載能力 1250 kg

出入口 1200 mm (幅) × 2100 mm (高)

かご室 2100 mm (幅) ×1350 mm (奥行) ×2300 mm (高)

② 設置場所の諸条件は、以下のとおりである。

ドア 1700 mm (幅) ×2675 mm (高)

天井高 2700 mm

#### 1-4 搬入、据付、配線、配管および調整

本調達物品の搬入時の作業日程と作業体制については、あらかじめ本学職員に提示し、協議のうえ、その指示に従うこと。設置工事を行うにあたっては、搬入予定日、工事予定期間についてあらかじめ本学職員と打ち合わせをし、そのスケジュールに従い完了すること。

本調達物品の搬入、据付、配線、配管および調整については、本学業務に支障のないよう配慮し、本学職員と協議のうえ、その指示に従うこと。また、据付後、本調達物品が正常かつ安定に作動する状態にすること。さらに、搬入の際は、本学の建物および設備等に損傷を与えないよう十分な注意を払い、必要に応じて搬入経路に養生等を施すこと。なお、本学の建物および設備等に損傷を与えた場合は、直ちに本学職員に報告し、供給者側の責任において速やかに原状に復すること。

### 2. 保守体制等

2-1 本調達物品の修理、部品供給、その他のアフターサービスおよびメンテナンスについて、速やかに対処する体制を有していること。

2-2 保証期間は本調達物品の導入後1年とし、その間に通常の使用により故障および不具合等の障害が生じた場合には、無償にて速やかに修理すること。

2-3 通常の使用で発生した故障などの障害については、障害発生通知後24時間以内(平日)に電話等により当該障害に対応すること。また、障害復旧に向け、障害発生通知後72時間以内(平日)に技術者を本学に派遣すること。

### 3. 納品検査時

納品完了後、本学職員の立会いのもとに、外観検査、員数検査、試運転、動作確認および本仕様書の記載事項を満たしているかの最終確認を行い、これに合格しなければならない。本調達物品の成膜性能および動作を確認するために、4インチのシリコンウェハ上に100 nm以上のSiO<sub>2</sub>薄膜を成膜すること。さらに、4インチシリコンウェハ全体で膜厚が±10%以下であることを示すこと。なお、成膜性能の検証を行うためのSiO<sub>2</sub>ターゲットと4インチシリコンウェハは本学が準備することとする。

### 4. 教育・支援体制等

4-1 本調達物品が外国製の場合は、日本国内にサービス拠点を有すること。

4-2 本調達物品の取り扱いに関する教育訓練は、説明要員および技術支援要員が十分確保されており、本学職員が指定する日時および場所において無償で行うこと。また、本調達物品の導入後1年は、教育訓練を随時に対応すること。

### 5. 提出書類

5-1 取扱説明書(操作マニュアル)は、日本語版1部、英語版1部を本学に提供すること。

6. その他

- 6-1 本仕様に定めのない事項又は本仕様の事項について疑義が生じた場合は、本学職員と協議し、その指示に従うこと。