

半導体製造装置の高機能化部品の製造による品質の向上

東北精密株式会社

代表者名 代表取締役社長 安藤 修一
 設 立 1974 年 2 月
 所 在 地 〒 024-0004 岩手県北上市村崎野 22-83-13
 TEL：0197-71-1632 FAX：0197-71-1638
 URL：http://www.tohokuseimitsu.co.jp/
 E-mail：somu@tohokuseimitsu.co.jp
 資 本 金 2,000 万円
 従業員数 148 名
 事業内容 各種半導体製造装置の設計及び組み立て、機械加工部品の製造、溶接構造部品の製造

経緯

成膜工程やエッチング工程の半導体製造装置で、熱交換や熱制御を必要とする冷却ジャケット部品の高機能化と高信頼性を目指した。

実施内容

5軸制御縦形マシニングセンタの導入で、熱制御を必要とする冷却構造の3次元化と、水冷流路からの水漏れ防止のための異種金属材料接合技術を組み合わせた、高性能冷却構造体を開発。

成果

本事業の取り組みにより、目的とする性能を有する水冷ジャケットの開発に成功。国内半導体装置メーカーの製品信頼性の向上に寄与でき、こうした技術を必要とする他分野への用途拡大も期待される。

1. 実施した経緯

当社は創業以来、大手半導体装置メーカーにご支援を頂き、設計・加工・装置組み立てなど装置が製品として出荷されるまでの工程に幅広く携わってきた。また、加工においては金属加工だけではなく、金属材料や接合などモノづくりのための要素技術を強化し、接合と加工を組み合わせた、機能的な部品も設計・製作・評価まで、お客様の要求に少しずつ対応することが可能となってきた。

半導体プロセスは、絶縁膜や導電膜を形成する成膜プロセスと、その形成された膜を配線等に形成する加工プロセスのふたつに大きく分けられる。この両プロセスにおいて、真空度と温度の厳密な制御は必要不可欠なプロセスパラメーター（条件数値を変えること）であり、これらを実現するためには機能に富み、高い信頼性が求められる装置部品が必要とされている。

近年は、パソコンやスマートフォン・タブレット端末、IoT（Internet of Things = 様々なモノをインターネットに接続して、離れた場所から状態の確認や操作を可能とするサービス、これを可能とする技術の総称）による新しい価値の創出、自動運転に向け進化するカーエレクトロニクス、人工知能等の製品には高機能デバイス（「装置」を意味し、パソコンに内蔵、若しくは接続されている機器の全てをいう）が必要不可欠となっている。そのため、半導体製造もこれまで以上の微細化や3D構造化などの技術開発が行われており、それらを実現するため半導体製造装置への要求も高まり、半導体製造装置メーカーは開発競争を繰り広げ、半導体製造装置に搭載される部品や要素技術の革新要求も高まってきている。

そこで当社は、お客様である半導体装置メーカーのニ

ズに対応するため、熱制御用の水冷ジャケット（冷却構造体）の品質向上と、これにより機能的な立体構造体の開発を推し進めることとし、異種金属材料の接合技術と5軸制御縦型マシニングセンタによる加工技術の組み合わせにより実現を目指すこととした。

2. 実施した内容

半導体製造のプロセス工程では、「真空」と「高温」が重要な要素となる。なかでも成膜工程や、回路パターンに沿って薄膜を除去するエッチング工程では、高真空反応室内でプラズマを発生させ、イオンやラジカルを利用し、化学反応や物理的方法を応用するためにも真空と高温が必要とされる。

水冷ジャケットの機能及び要求される性能は次のことがあげられる。

- （1）熱による部品の応力変形と劣化を抑える
- （2）均熱などの熱の制御
- （3）熱の放熱を抑える断熱
- （4）金属の熱拡散を防ぐ

こうした水冷ジャケットは、その用途により形状や材質が異なり、構造により溶接など線接合の部品も多いため、接合部の隙間から腐食が進行し、応力割れの発生などに起因する不具合事例も多く発生している。また異材溶接をする場合でも制約が多く、信頼性に多くの課題が残っている。

そこで今回取り組んだのは、水冷ジャケット部品の内部に流路を形成する構造体を、面接合で固相接合により、隙間の生じることのない接合法の実現と、異種金属材料を組み合わせることで用途に応じた機能を実現することである。



一体化構造製造に欠かせない5軸制御縦型マシニングセンタ。導入したことにより革新性の高い部品開発が可能に。



アルミ金合（基材）に内在する流路だけをステンレス合金にすることで、耐食性の向上を図る異種金属接合（SUS316L、A6061）。

しかし、冷却流路の一体構造体の実現には、平面形状をはじめ、螺旋形状や曲線形状の組み合わせ加工が必要であり、このため本事業によりX軸、Y軸、Z軸に2軸の回転軸を付加した5軸制御縦型マシニングセンタを導入した。この結果、そうした加工が可能となり、具体的に次の内容を目的にした水冷ジャケット部品の開発を進めた。

- （1）一般的に耐食性の高い部品はステンレス系が多いが、重量があることから流路だけをステンレス合金にして、構造体はアルミなどの合金を用いることで軽量化を図る。
- （2）ステンレス系合金は熱伝導率が低いため、用途に応じ熱伝導率の高い金属と組み合わせ、均熱性や熱交換率の向上を図る。
- （3）これまで複数の部品により構成されていた冷却ユニットを「一体化」することにより、メンテナンスやコストの低減を図る。

開発を進めるうえでは、半導体製造に使われるウェハーを固定する静電チャックの冷却板に着目して試作開発を行った。従来の水冷ジャケット部品には、軽量化と熱伝導の効率からアルミ合金が使われていたが、腐食という大きな課題があった。この解決のため、流路には耐食性の高いステンレスを採用することとしたが、この流路ステンレスには高い均熱性が要求されていたため、熱伝導率の低下を防ぐ緻密な立体流路を構成することにより、均熱性を維持する構造体とした。

この複雑なステンレス流路及び本来の立体加工は導入した5軸制御縦型マシニングセンタで加工し、弊社独自の製法により部品の製作を実現した。さらに、この部品を隙間のない構造とするためには、信頼性に優る接合技



複数の部品を固相接合で接合した流路立体構造品。



開発に携わった（右から）山本隆寛さん、石橋智明さん、樋口紘大さん。

術が必要であること、異なる金属材料の接合であることを考慮し、熱間等方圧法によりすべての面を熱と圧力により原子間接合し、強固な一体構造体を実現した。これにより金属の腐食による水漏れが削減されるとともに軽量化され、品質の改善が図られた。

3. 取り組みの成果

本事業の5軸制御縦型マシニングセンタ導入により、従来複数の冷却部品で構成されていた冷却ジャケットを、複雑な流路を平面や立体に加工し一体化することができた。それによりINとOUTが一箇所となり、冷却回路がシンプルとなったことから部品点数も削減され、さらにはメンテナンスも簡便化された。

また、冷却部に耐食性に強い金属材料を原子間接合により埋め込み、水漏れの防止につなげた。従来品では、腐食しやすい環境や電飾反応により、使用後まもなくして水漏れを起こすものもあったが、開発した水冷ジャケットは、こうした水漏れを大幅に減少させるとともに試作、開発した技術は水冷ジャケットの新たな用途開発にもつながる可能性があり、新しい発想のものづくりも期待できる。

4. 今後の取り組み

開発した試作品は、アルミニウムとステンレスの構造体であるが、今後は用途や顧客の要望に沿ったチタンやアルミ、銅など様々な異種金属による開発も検討している。

水冷ジャケット部品の一体化構造に欠かせない5軸制御縦型マシニングセンタを導入したことで、冷却構造部品のみならず、他の部品や他分野でのビジネスチャンスが期待される。