

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
シーズ育成タイプ FS 事後評価報告書

研究開発課題名	: 無電極高効率発熱ランプの開発とその超低消費電力型加熱装置への適応
プロジェクトリーダー	: 株式会社オーク製作所
所属機関	: 株式会社オーク製作所
研究責任者	: 鮫島 俊之(国立大学法人東京農工大学)

I. 研究開発の目的

従来の加熱装置の問題点であった高価格材料、大熱容量熱損失、複雑な配線と断線の諸課題を完全に解決するために、大学発シーズである独自の発想の無電極低熱容量の発熱ランプ carbon heating tube(CHT)を開発する。さらに CHT を用いた新しい構想によるマイクロ波照射型減圧加熱炉装置を開発して、1000℃加熱、昇温率 30 °C/秒の高速加熱に実現に加え、従来装置に比べ 50% の大幅な省消費電力を実証する。本企画の達成は、今日の産業界が抱える消費熱量と消費電力コストの問題を低減し、産業界の活性化と低環境負荷社会の実現に貢献する。さらに CHT を用いた新省電力加熱装置産業の創出を実現する。

II. 研究開発の概要

直管型 CHT 製作工程を確立し、その発熱特性を評価した。開発した CHT は 200W の低マイクロ波投入電力で、加熱温度 1302℃(開発目標:1200℃)、昇温率 56℃/s(開発目標:50℃/s)を達成した。さらに、放射温度計の出力を用いたマイクロ波出力の制御による精密な温度コントロール技術を開発し、試料搬送機構により 4 インチ半導体ウェハの全面熱処理が可能な枚葉型試作加熱装置を開発した。また、半導体デバイス熱処理装置としての検証を実施し、4 インチシリコン薄膜の全面加熱結晶化および 4 インチシリコンウェハの不純物イオン注入領域の再結晶化、ドーパントの活性化を達成した。これらのシリコン薄膜結晶化に必要な熱エネルギーは、市販の電気炉を用いた場合の 0.42 倍に相当し、従来電気炉装置よりも低熱量であることを実証した。

① 成果

研究開発目標	達成度
① ストレートタイプ CHT 開発 発熱温度 1200℃、昇温率 50℃/s を達成する。5～15cm 長の CHT を試作して均一加熱に好適な CHT 構造を探索すると共に繰返し加熱テスト(1200℃、10 回)を行い、耐久性についてのデータを取得する。	① 1～15cm 長の CHT 試作を作製した。6cm 長の CHT の発熱特性の実験結果では発熱温度 1200℃以上、昇温率 50℃/s 以上、繰返し加熱耐久性テスト(1200℃以上、10 回)を達成した。また、シミュレーション、本実験結果より CHT の基本設計値を内径 4 mm、長さ 60 mm、カーボン充填率 0.08、SF ₆ ガス 105Torr に決定した。(達成度 100%)

② 加熱温度制御技術開発 マイクロ波照射用小型マイクロ波キャビティを作成し、少なくとも 2cm×2cm の加熱領域において温度 400－1200 加熱制御と温度均一性±10℃を実現するための温度制御に関する技術開発に目処を立てる。 ③ 省電力加熱実証データ取得 少なくとも 2cm×2cm サイズのイオン注入したシリコン基板の加熱活性化処理等加熱実証実験を行う。オーク製作所及びテクノロジーサーチ所有の従来型電気炉においても同様の実験を行い、従来機に対して少なくとも 20% 以上の省電力達成を実現し、最終目標である 50% 省電力加熱技術開発の具体的見通しを得る。	② 試料搬送機構により 4 インチ半導体ウェハの全面熱処理が可能な枚葉型試作加熱装置を開発した。 また、放射温度計の出力を用いたマイクロ波出力の制御による精密な温度コントロール技術 (PID 制御) を開発し、実機にて設定温度 1100℃、昇温率と降温率を 30K/s の温度制御可能なことを確認した。(達成度 100%) ③ 150 mm CHT を用いて、掃引速度 0.12mm/s、400W マイクロ波入射出力の条件で発熱させた結果、4 インチシリコン薄膜の全面加熱結晶化を達成した。また、オーク製作所で使用している電気炉加熱に対し、本 CHT 加熱の省エネ効率が 42% であることを実証した。(達成度 100%)
---	--

② 今後の展開

半導体産業分野において需要が高く、半導体の活性化、再結晶化等に広く用いられている枚葉型急速加熱処理 (RTA) を開発ターゲットとする。マイクロ波キャビティの最適設計 (シミュレーション) や加熱用 CHT 開発を行い、実用機と同レベルの 300mm 径の試料対応装置を試作する。本プロジェクト後速やかに産業移行が可能なレベルの装置試作を目標とする。

Ⅲ. 総合所見

目標を達成し、次の研究開発フェーズ移行に十分な成果が得られている。イノベーション創出が期待できる。

学のシーズ技術をベースに、ランプメーカー、加熱装置メーカーと有機的に連携して早期に可能性検証が為されている。独創的な無電極低熱容量の発熱ランプ (CHT) を試作、温度制御を実現した他、4 インチ加熱装置を製作してシリコン薄膜の全面加熱結晶化を達成したことは高く評価できる。今後は、ユーザーズを具体的に把握し、プロジェクトとしてのゴールを明確に設定して実用化開発を進めてほしい。