

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
ハイリスク挑戦タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	: 半導体ダイヤモンドの開発
プロジェクトリーダー	: アリオス株式会社
所属機関	: アリオス株式会社
研究責任者	: 徳田規夫(金沢大学)

1. 研究開発の目的

本研究開発は、省エネ・低炭素社会の実現に資する次世代ダイヤモンドパワーエレクトロクス創出に必要な半導体ダイヤモンドウェハの製造技術の開発を目的とする。申請企業が有する直接給電方式の球型共振器構造マイクロ波プラズマ CVD 装置の開発技術と研究責任者が有する独自の高品質ダイヤモンド膜成長技術及びダイヤモンドの物性・結晶性評価技術を組み合わせることで、半導体・低抵抗ウェハに必要な不純物ドーピング制御技術と低コスト化及び大面積化に重要なダイヤモンド膜の高速成長技術の開発に重点を置き、高品質な半導体ダイヤモンド CVD 基板及び $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の抵抗率を有する低抵抗ダイヤモンド CVD 基板の開発を目指した。

2. 研究開発の概要

①成果

アリオス株式会社が開発したマイクロ波プラズマ CVD 装置を用いて、金沢大学で $10^{17} \sim 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ のホウ素ドーピングダイヤモンド膜の成長技術及び $10 \mu\text{m/h}$ 以上の半導体及び低抵抗ダイヤモンド膜の高速成長技術を開発し、産業技術総合研究所でダイヤモンドの結晶性・物性評価を行うことで、室温の抵抗率 $0.02 \Omega \cdot \text{cm}$ を有する $5 \times 5 \text{ mm}^2$ の低抵抗ダイヤモンド CVD 基板を開発した。さらにアンドーピングダイヤモンドの高速成長では世界最高となる 0.3 mm/h を実現し、期待以上の成果が得られた。今後は、本技術を更に高度化することにより、インチスケールの半導体・低抵抗ダイヤモンドウェハを開発し、事業化を目指す。

研究開発目標	達成度
①ダイヤモンド CVD 膜の抵抗率制御技術と高速成長技術の開発: 抵抗率 $1 \sim 100 \Omega \cdot \text{cm@RT}$ (半導体) $0.1 \Omega \cdot \text{cm@RT}$ 以下 (低抵抗) 成長速度 $5 \mu\text{m/h}$ 以上	①ダイヤモンド中 $10^{17} \sim 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ のホウ素ドーピングにより室温の抵抗率を $10^{-2} \sim 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ で制御し、p型半導体及び低抵抗ダイヤモンド膜の成長技術を開発した。また、電磁界シミュレータを用いた装置開発により効率的なプラズマ生成を実現したダイヤモンド成長装置を開発し、半導体及び低抵抗ダイヤモンド膜において成長速度 $10 \mu\text{m/h}$ 以上の高速成長技術の開発に成功した。(達成度 100%)
②高品質ダイヤモンド CVD 基板の開発: X線ロッキングカーブ半値幅 8 arcsec 以下 転位密度 10^4 cm^{-2} 以下	②上記技術を応用して作製したダイヤモンド CVD 基板において、X線ロッキングカーブ半値幅 7.5 arcsec を達成した。 ダイヤモンド中の転位はエッチピット評価を用いた。その結果、低抵抗ダイヤモンド CVD 基板においても転位

<p>③大面積低抵抗ダイヤモンド CVD 基板の開発: 5 × 5 mm² 以上</p>	<p>密度 10³ cm⁻² オーダーを実現した。(達成度 100%)</p> <p>③上記抵抗率制御技術と高速成長技術を組み合わせることで、室温の抵抗率 0.02 Ω・cm を有する 5×5 mm² の低抵抗ダイヤモンド CVD 基板を開発した。(達成度 100%)</p>
---	---

②今後の展開

今回開発した半導体ダイヤモンドウェハ製造技術及びノウハウをベースに、今後は無転位・3次元大型化成長技術を開発し、ダイヤモンドインゴット製造技術の実現、そして、次世代ダイヤモンドパワーデバイスや量子デバイス、そして磁気センサ用の高品質・大面積(インチスケール)半導体ダイヤモンドウェハの事業化を目指す。

3. 総合所見

目標を達成し、次の研究開発フェーズに進むための成果が得られた。

産学の適切な役割分担と有機的な連携推進により、目標を上回る成果を得たことは、高く評価できる。

今後は、高品質の半導体ダイヤモンド自立基板や成膜装置の実用化を進め、将来のデバイスとしてイノベーション創出が期待されるダイヤモンドデバイスの実現に向けた研究開発への貢献が望まれる。