

各報道機関文教担当記者 殿

## ダイヤモンドウェハの平坦化における研磨代替技術を開発！ ダイヤモンドとニッケルを接触させアニールするだけ

金沢大学ナノマテリアル研究所の徳田規夫教授、松本翼准教授、張旭芳特任助教、坂内和斗氏（研究当時：大学院自然科学研究科電子情報科学専攻博士前期課程）らの研究グループは、ドイツ Diamond and Carbon Applications のクリストフ E. ネーベル CEO（本学リサーチプロフェッサー（招へい型））との共同研究により、**ダイヤモンドの研磨代替技術となる機械的ダメージフリー平坦化技術を開発しました。**

カーボンニュートラル実現のために、半導体デバイスの更なる省エネ化が必要となり、次世代ワイドバンドギャップ半導体の開発が期待されています。その中でも特に高い絶縁破壊電界とキャリア移動度、熱伝導率、そして長時間の量子情報保持などの長足を有するダイヤモンドは、究極の半導体デバイス材料として期待されています。しかし、そのデバイスの土台となるダイヤモンドウェハの製造コストや製造プロセスに関する課題がダイヤモンド半導体の応用を大きく制限しています。

2021年2月に、徳田らの研究グループはニッケル中への炭素固溶（※1）によるダイヤモンドエッチングを基軸としたニッケル鑄型を用いたダイヤモンドのインプリント技術を開発しました。インプリント技術は、大量生産・低コスト化に有効なプロセス技術であり、ダイヤモンドのデバイス構造作製のための加工プロセスとして期待されています。一方、ダイヤモンド表面の平坦化には一般的に機械研磨が用いられています。しかし、機械研磨では一見平坦な表面が形成できても、ダイヤモンド表面に機械的なダメージが入り、デバイス特性が劣化することが知られていました。**今回、本研究グループが開発した機械的なダメージが入らないインプリント技術を応用し、ダイヤモンドとニッケルを接触させアニールするだけで、平坦なニッケル表面を単結晶ダイヤモンドに転写する新しいダイヤモンドの平坦化法を開発しました。**

**今後、本研磨代替技術を発展させ、ダイヤモンドウェハの研磨技術の課題であった機械的ダメージフリー・大面積・低コスト化を解決し、ダイヤモンド半導体の実用化に向けて大きく前進することが期待できます。**

本研究成果は、2021年4月9日に Elsevier の国際学術誌『*Diamond & Related Materials*』にオンライン掲載されました。

## 【研究の背景】

カーボンニュートラルを実現するためにキーテクノロジーの一つとして、大幅な省エネを実現する次世代パワー半導体が期待されています。ダイヤモンドは、次世代半導体材料の中でも、高い絶縁破壊電界や熱伝導率を有しており、より大きな電力の制御が必要な領域や、放射線環境下、高温環境下といった過酷な応用領域における省エネ化、さらに室温での量子情報制御の技術領域につながると期待されています。

しかし、ダイヤモンドは、物質中最大の硬度を有し、かつ化学的にも安定なため、ダイヤモンドの研磨や加工が困難であり、低コスト・大量生産可能なダイヤモンドウェハ表面の平坦化加工プロセスの開発はダイヤモンド半導体の実用化の大きな課題の一つとして挙げられています。現在、ダイヤモンド表面の平坦化には一般的にスカイフ研磨が用いられています。しかし、スカイフ研磨はダイヤモンド粒子を用いたダイヤモンドの機械研磨のため、一見平坦な表面が形成できても、ダイヤモンド表面に機械的なダメージが入り、デバイス特性が劣化することが知られています。そのため、機械的なダメージが入らない、低コスト・大量生産可能なダイヤモンド平坦化プロセスの開発が求められていました。

## 【研究成果の概要】

本研究グループは、加工が困難とされるダイヤモンドについて、既存の研磨手法による機械的なダメージが入らない、ニッケル中への炭素固溶によるダイヤモンドエッチングを基軸とした新たなダイヤモンド研磨の代替技術を開発しました（図1）。これは、本研究グループが2021年2月に報告した、ニッケル鑄型を用いたダイヤモンドのインプリント技術（DOI：doi.org//10.1016/j.diamond.2021.108294）を応用したものです。インプリント技術は、大量生産・低コスト化に有効なプロセス技術であり、ダイヤモンドのデバイス構造作製のための加工プロセスとして期待されています。今回、平坦なNi基板とダイヤモンド基板を接触させて、アニール処理を行うことで、ダイヤモンドの凸部分のみを効率的にエッチングすることができました（図2，3）。そのため、このダイヤモンドのエッチング手法は、スカイフ研磨などで課題となっていた機械的ダメージを残すことなく、ダイヤモンドを平坦化することが可能です。

## 【今後の展開】

本研究成果は、次世代パワーデバイスや量子技術応用の土台となるダイヤモンドウェハの社会実装における一つのブレークスルー技術となり、ダイヤモンド半導体に向けて大きく前進することが期待されます。

本研究の一部は、JSTA-STEP 産学共同（育成型）および金沢大学戦略的研究推進プログラム（先魁プロジェクト 2020）、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務「NEDO 先導研究プログラム未踏チャレンジ 2050」、日本学術振興会科学研究費助成事業（JP18KK0383, JP19K15042, JP20K14773）の一環として行われました。

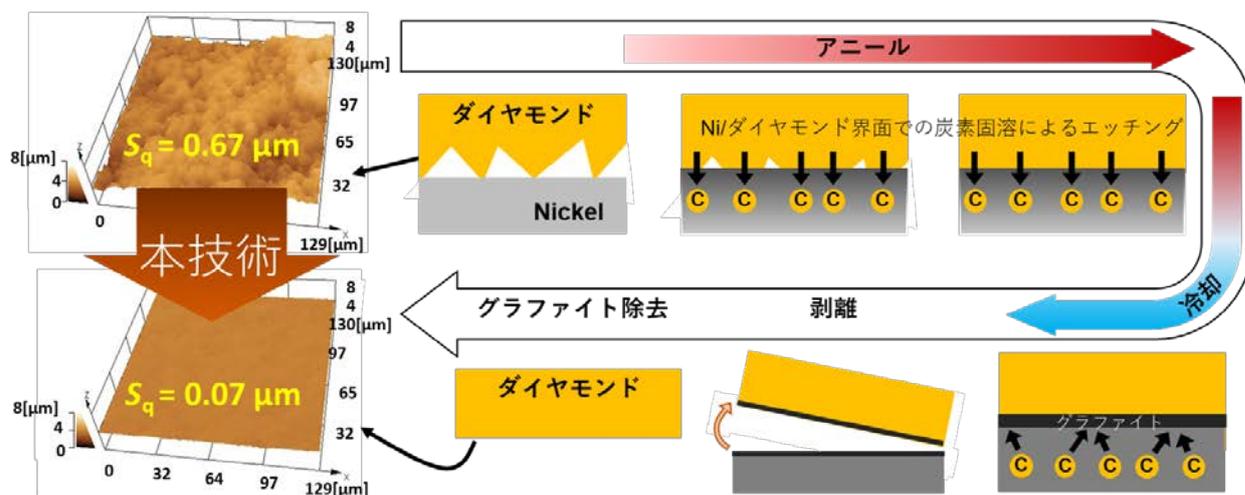


図 1. 今回開発したダイヤモンドウェハの平坦化技術のメカニズム

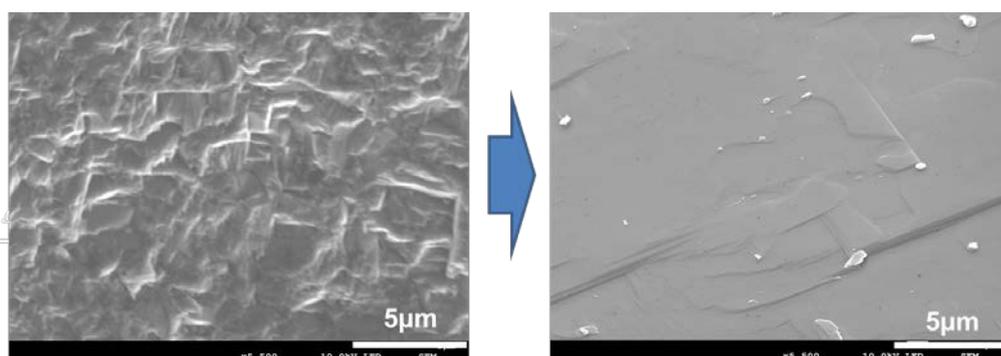


図 2. (左) 本技術処理前と (右) 処理後の単結晶ダイヤモンド表面の走査型電子顕微鏡像

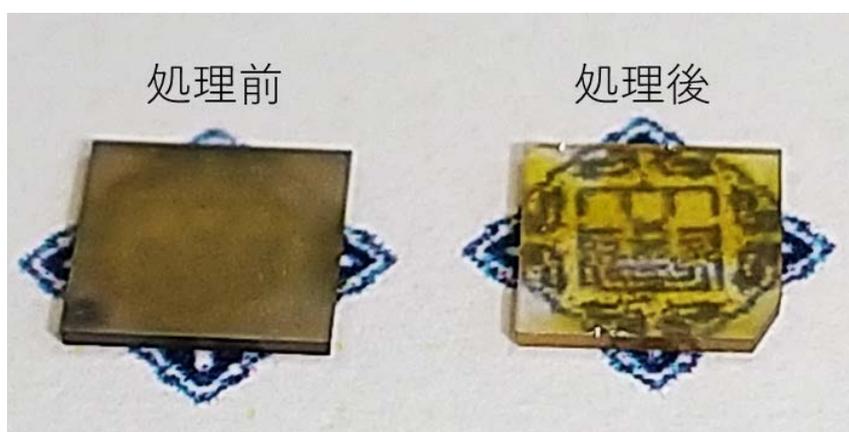


図 3. (左) 本技術処理前と (右) 処理後の単結晶ダイヤモンド基板の写真。処理後はダイヤモンド表面が平坦になったことで下の本学校章が透けて見えます。

### 【掲載論文】

雑誌名：Diamond & Related Materials

論文名：Mechanical damage-free surface planarization of single-crystal diamond based on carbon solid solution into nickel

(ニッケル中への炭素固溶を用いた単結晶ダイヤモンドの機械的ダメージフリー表面平坦化)

著者名：Kazuto Sakauchi, Masatsugu Nagai, Taira Tabakoya, Yuto Nakamura, Satoshi Yamasaki, Christoph E. Nebel, Xufang Zhang, Tsubasa Matsumoto, Takao Inokuma, and Norio Tokuda

(坂内和斗, 長井雅嗣, 菟谷平, 中村勇斗, 山崎聡, クリストフ E. ネーベル, 張旭芳, 松本翼, 猪熊孝夫, 徳田規夫)

掲載日時：2021年4月9日

DOI：doi.org/10.1016/j.diamond.2021.108390

### 【用語解説】

#### ※1 炭素固溶

炭素がある金属の中に溶け込む反応のこと。その際、金属は元の結晶構造を保った状態である。溶け込める量には限界があり、それを固溶限という。

---

### 【本件に関するお問い合わせ先】

#### ■研究内容に関すること

金沢大学ナノマテリアル研究所 教授

徳田 規夫 (とくだ のりお)

TEL：076-234-4875 (直通)

E-mail：tokuda@ec.t.kanazawa-u.ac.jp

#### ■広報担当

金沢大学理工系事務部総務部総務課

吉田 和史 (よしだ かずちか)

TEL：076-264-6821

E-mail：s-somu@adm.kanazawa-u.ac.jp