

解説

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 93 [12], 369-373 (2020)

一特集 地球環境問題と色材一

ダイヤモンド半導体結晶の現状と今後の展望

山田 英明*†

* (国研) 産業技術総合研究所関西センター 大阪府池田市緑丘1-8-31 (〒563-8577)

† Corresponding Author, E-mail: yamada-diamond@aist.go.jp

(2020年8月31日受付, 2020年9月19日受理)

要 旨

半導体材料としてのダイヤモンド結晶の現状と今後の展望について述べる。おもに、単結晶ダイヤモンドの真の物性値を活かした産業応用の実現に必要な、ウェハ供給体制の確立における現状の技術的課題についてまとめた。

キーワード：ダイヤモンド単結晶, プラズマCVD, パワーエレクトロニクス

1. はじめに

宝飾品として重宝されるダイヤモンドは、工業用に使用される結晶も含め、採掘により取得された天然ダイヤモンドが広く供給されてきた¹⁾。しかしながら石油と同様に“永遠”に採掘量を維持できる保証はない。環境破壊や人権問題などの観点も動機となり、その“永遠の輝き”を人工結晶で置き換えようとする動きが2000年代から活発である。ダイヤモンド宝飾業界で老舗となるデビアス社も、ライトボックス社を米国にて2018年に設立し、人工ダイヤモンドを宝飾品として販売開始した²⁾。

一方、ダイヤモンドのもつ別の魅力である物質中最高の硬度を活かした機械加工用の工具も市場に供給されている。砥粒や、コーティング工具、研削砥石、など非常に多種多様な目的での加工用途製品の市場規模は2-3千億円規模程度（わが国の生産額は600億円程度）とされる^{3,4)}。これらの工具も天然結晶のみならず、高温高压法や爆轟法といった手法で作製された人工結晶が採用されている。なお、ダイヤモンドライクカーボン（通称、DLC）も、摺動部材などとして実用化が進んでいるが、本稿では単結晶ダイヤモンドに限ることとする。

以上のような光学的、あるいは機械的特性もさることながら、ダイヤモンドの魅力は、電氣的・熱的など複数の物性値が物質中最高水準である点にある（図-1）⁵⁻⁷⁾。これが、しばしば究極の半導体材料と称されることもある所以である。

この物性値を活かした半導体デバイスの実現を目指した研究

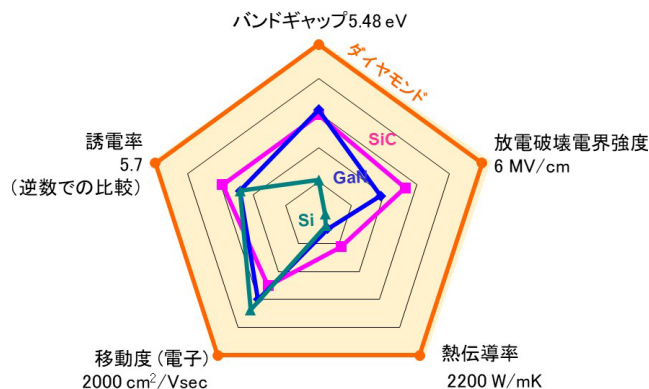
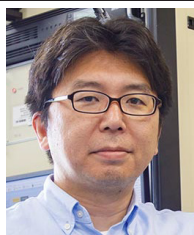


図-1 ダイヤモンドの物性値

が進められてきた⁸⁻¹⁷⁾。これまでにダイオードやスイッチングデバイスなどの構造をダイヤモンドで作製し、一部、SiやSiCを超える性能を示すことも実証されつつある。しかしながら、パワーデバイスとしての明確なキラーアプリケーションを見据えるには、デバイス特性のさらなる向上や、そのために必要となるウェハ供給体制の確立が求められている。

2. 人工結晶の作製方法の分類

人工結晶の作製方法は高压相・低压相を用いるものに大別できる。世界で初めてのダイヤモンド人工結晶は、先ほど触れた高温高压法（高压相下）により1950年代に示された¹⁸⁾。その後、同種の手法を用いてわが国でも住友電気工業(株)が実用化した。おもに工具やヒートスプレッド等の用途で事業化されているが、研究用基板としても高温高压製基板が供給されてきた。2010年代後半に、ロシアの企業が、仕様に転位密度を記載した高温高压製基板を市場に供給し始めたのはエポックメイキングと言えよう¹⁹⁾。一方、低压相を用いた、いわゆるCVD（Chemical Vapor Depositionの略）製の基板も米国のアポロダイヤモンド社が世界で初めて販売を開始し、その後、前述のデビアス社の子会社であるエレメントシックス社も2000年



〔氏名〕 やまだ ひであき
 〔現職〕 (国研) 産業技術総合研究所パワーエレクトロニクス研究センター ダイヤモンドウェハチーム長
 〔趣味〕 筋力トレーニング、映画鑑賞、等
 〔経歴〕 2002年新潟大学大学院博士後期課程修了。2002年-2004年京都大学大学院産学連携研究員。2004年産業技術総合研究所入所。産総研特別研究員、研究員、主任研究員を経て、研究チーム長、現在に至る。

【図表について】 電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai-char/ja/