

InP 封入して合成したナノ多結晶ダイヤモンドの特性

Characteristics of nano-polycrystalline diamond encapsulated with InP

愛媛大工¹, 愛媛大 GRC², °福田玲¹, 村上洋平¹, 石川史太郎^{1,2}, 松下正史^{1,2},

新名亨², 大藤弘明², 入船徹男²,

Ehime Univ.¹, Ehime Univ. GRC², °Rei Fukuta¹, Yohei Murakami¹, Fumitaro Ishikawa¹,

Masafumi Matsushita¹, Toru Shinmei², Hiroaki Ohfuji², Tetsuo Irifune²,

E-mail: f863001x@mails.cc.ehime-u.ac.jp

【はじめに】ダイヤモンドは、物質中で最高の熱伝導度に加え、絶縁破壊電圧が SiC や GaN に対して一桁近く高い耐圧及び高いキャリア移動度を有する材料で次世代のパワーデバイスが期待できる。従来電子デバイス応用可能なダイヤモンドの作製は、特にその高品質結晶合成と電子伝導を制御する n 型ドーピングの難しさから、限られた機関での化学気相体積法(CVD)でのみ成功している。近年、愛媛大学では、世界最大級の超高压発生装置により、通常のダイヤモンドよりも高硬度な、ナノ多結晶ダイヤモンド(NPD)の合成や、その高品質化・大型化に成功している。ダイヤモンドの n 型化は P を不純物として導入し活性化することで得られることが知られている。本研究では、グラファイトからの直接変換による NPD 合成時に P を含む素材を同時封入することでダイヤモンド中に P が拡散・導入されることを期待して実験を行った。今回はその結果得られた試料に対して詳細な構造評価を行った結果について報告する。

【実験方法・結果】実験は、常温で安定、加工が容易で P と比較的大きな元素である In の結合結晶である InP をグラファイトに高温・高压合成でダイヤモンドを直接変換する際に封入し、相対的に軽元素となる P が導入されることを期待して実験を行った。NPD 合成は、キュービック型超高压発生装置を用いて行った。出発物質には市販の高純度グラファイトを用い、約 2300°C, 15 GPa の高温・高压を 20 分間印加した。これにより NPD の合成と、並行して熱拡散による P のドーピングを試みた。合成された試料断片に対して、X 線回折(XRD), エネルギー分散型 X 線分析(SEM-EDS)を用いて評価した。XRD で得られたダイヤモンドのピークから格子定数を求めたところ、理想値よりも 0.18%ほど大きいことが分かり、In もしくは P の影響によって単位格子が僅かに膨らんでいる可能性が示唆された。EDS 測定から、ダイヤモンドの分布域内に In および P が検出される部位が見出された。そこで同部位より、収束イオンビーム (FIB) を用いた薄膜を切り出し、透過型電子顕微鏡 (TEM-EDS), 原子間力顕微鏡 (AFM), 及びラマン分光測定を行った。TEM-EDS 観察では、100nm ほどのダイヤモンド微結晶の粒界に In, P が検出されたことから、グラファイトがダイヤモンドへと変換した際に、InP の一部が拡散し、析出したと考えられる。AFM でも数 10nm 程度のダイヤモンドのナノ粒子が確認されたが、In 及び P を含んだ領域では結晶粒形が大きくなる傾向が認められたことから、InP はダイヤモンドの粒成長を促進させると考えられる。Fig.1 に試料に対するラマン分光結果を示す。(a), (b)はそれぞれ試料中の異なる部位で測定を行った結果であるが、ダイヤモンドのピークに加えて、部分的にグラファイトが残存していることが示された。

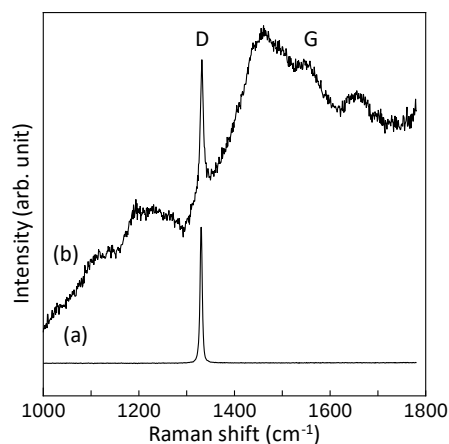


Fig.1 Raman results observed from the sample. The spectrum indicated as (a) and (b) are those taken at different measurement points within the sample.