



Title	Characterization and Optical Manipulation of Detonation Nanodiamonds Containing Group-IV Color Centers
Author(s)	齋藤, 良樹
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/105522
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 （ 齋 藤 良 樹 ）	
論文題名	Characterization and Optical Manipulation of Detonation Nanodiamonds Containing Group-IV Color Centers (14族色中心を含有する爆轟ナノダイヤモンドの光学特性と光マニピュレーション)
論文内容の要旨	
蛍光ナノダイヤモンド（FND）は、高い光安定性と生体適合性を併せ持つ発光材料であり、量子技術や微小領域の計測、バイオイメージングへの応用が期待されている。その実用化に向けて、一桁～十数nmサイズのNDの大量合成できる爆轟法（Detonation：爆薬の爆轟反応でNDを合成する手法）で得られる爆轟ND（DND）の中で、近年、SiV-中心やGeV-中心などの色中心を含有した粒子（SiV-DND、GeV-DND）が合成された。 しかし、DND中の色中心の発光特性はバルク材料と異なるうえ、粒子ごとの違いが大きく、観測される発光が何に由来するのかを正しく見分けることが難しい。そこで本研究では、誘導放出により自然放出を抑制する分光法により、GeV-DNDで特有に見られる発光線が、GeV-中心に由来することを明らかにした。併せてモデル解析からSiV-中心、GeV-中心の発光の強さを表す指標（遷移双極子モーメント）の定量評価にも展開した。さらに顕微分光により、DNDで観測される背景発光の起源を特定するとともに、局所的に鋭い発光線を示す粒子が存在することを示した。 次に、爆轟法で合成される粒子のうち、SiV-DND、GeV-DNDは一部に限られ、色中心を含まないDNDが混ざるため、高純度のFNDを集団として得るには、選別・濃縮する手法が不可欠である。そこで、光と物体の相互作用によって生じる力（光圧）を利用して、室温の溶液中でSiV-DNDだけを選択的に濃縮する方法を検討した。従来の光吸収に起因する吸収力では緩やかな濃縮に留まる一方、誘導放出に基づく誘導反跳力では、より短時間で高効率の濃縮を達成した。さらに、数値計算より、これらの実験結果を再現し、濃縮が光圧により生じることを説明した。以上より、DND中の色中心の理解を深めるとともに、室温溶液中での濃縮に成功し、FND高純度化に向けた基盤を示した。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (齋 藤 良 樹)			
論文審査担当者	(職) 氏 名		
	主 査	教 授	芦 田 昌 明
	副 査	教 授	夙 田 博 一
	副 査	教 授	清 水 克 哉
論文審査の結果の要旨 量子力学に基づいて飛躍的な性能を有する情報処理やセンシング技術が注目されている。そこでは、優れた光学特性を示す蛍光ナノダイヤモンド(ND)への関心が高まっている。それらには光吸収や発光を示す色中心と呼ばれる欠陥構造が含まれており、N原子を含むNV中心が有名である。最近、NDの大量合成が可能な爆轟法において、14族元素を導入する新たな技術が開発され、SiV中心、GeV中心といったNV中心よりも線幅の狭い発光を示す色中心の利用が多方面で検討されている。 申請者はまず、GeV中心含有爆轟NDの光学特性を詳しく調べた。顕微分光を駆使することで、発光スペクトルにおける不均一性の評価を行い、バルクダイヤモンド中のものに匹敵する狭線幅発光を示すものが存在することを見出した。さらに、ほとんどの爆轟NDにはNV中心が含まれていることを明らかにした。そして、各種色中心の誘導放出を用いた分光測定を行い、それらの発光確率の指標となる遷移双極子モーメントを求めた。 上述の成果は、大きな不均一広がりの中から特定の光学特性を有するNDを選別することで、その格段に優れた機能が引き出せることを意味する。但し、質量や化学特性が同一であるものから特定の色中心のみを有するものを選別するには、光照射で生じる圧力(光圧)を用いるよりない。そこで、申請者は最近になって理論予想が実証された誘導放出を用いた光圧を駆使して、SiV-NDとGeV-NDの発光スペクトルに基づく選別を試みた。独自の実験系を構築することで、両者の空間分離に初めて成功し、計算シミュレーションも行った。これは色中心含有爆轟NDの性能向上に大きく寄与するのみならず、光科学にも多大な影響を与えるものである。 実験手法や解析方法も含めて上記の成果が記載された本論文は、学術上、さらにその応用上も価値が高いものであると判断されるとともに、申請者の優れた研究能力を示すものである。 従って本論文は、博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。			