

ダイヤモンド蛍光飛跡検出器のイオン種依存性

Dependence of Ion Species Using Diamond Fluorescent Nuclear Track Detector

群馬大学¹, 原子力機構², 物材機構³, 筑波大学⁴

○(B4)立見 和雅¹, 春山 盛善^{1,2}, 小野田 忍², 寺地 徳之³,

磯谷 順一⁴, 加田 渉¹, 大島 武², 花泉 修¹

Gunma Univ.¹, JAEA², NIMS³, Univ. of Tsukuba⁴

Kazumasa Tatsumi^{1,2}, Moriyoshi Haruyama^{1,2}, Shinobu Onoda², Tokuyuki Teraji³,

Junichi Isoya⁴, Wataru Kada¹, Takeshi Ohshima², and Osamu Hanaizumi¹

E-mail: t12306050@gunma-u.ac.jp

【はじめに】

プラスチック固体飛跡検出器は、30 年以上にわたり、宇宙、生物、医療などの様々な分野で応用され続けている。一方、2000 年代に入って、サファイア基板中に形成される発光中心からの蛍光を検出することで荷電粒子を検出する蛍光飛跡検出器が報告された[1]。我々はダイヤモンドが、新たな蛍光飛跡検出器として利用できると提案してきた[2]。ダイヤモンドに放射線が入射した時に形成される原子空孔が窒素不純物と結合して NV (Nitrogen Vacancy) センターを形成し、NV センターからの蛍光を観察することで飛跡を可視化することができることが分かった。この検出器の最大の特徴は、ただ一つであっても観察が可能な NV センターと、STED(Stimulated emission depletion)法に代表される超高空間分解能測定技術とを組み合わせることで、ダイヤモンド中に形成されるイオン飛跡を数 nm の空間分解能で観察が行える可能性を持っているという点である。前回までの報告では、イオン飛跡検出の感度向上を目的として、様々なダイヤモンドを用いてイオン飛跡を観察した。その結果、窒素濃度を上げることで検出感度が向上することを明らかにした[2]。しかし、この検出器がどの程度のエネルギー付与のイオンまで検出できるかについては未だに明らかとなっていない。そこで本研究では様々な種類のイオンの飛跡検出を行うことで、イオン飛跡の検出限界を調べた。

【実験方法および結果】

本研究では、化学気相合成(Cheical Vapor Deposition)法により得られた単結晶ダイヤモンド薄膜(合成ガス比[N/C]: 1200 ppb)を使用した。このダイヤモンドに対して AVF サイクロトロンからの高エネルギーの重イオンを基板表面に対して斜めに照射した。前回までの報告では、質量が大きくはじき出し原子数の多い ¹⁹²Os イオン(490 MeV)を使用した[2]。今回の実験では、はじき出し原子数が ¹⁹²Os イオン(490 MeV)より少ない ¹²⁹Xe イオン(560 MeV)、⁴⁰Ar イオン(150 MeV)および ¹⁵N イオン(56 MeV)を使用した。イオン照射後に真空中にて 1000℃で 2 時間の熱処理を行うことで原子空孔を拡散させ、NV センターを形成した。イオン飛跡の観察には共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡を利用した。励起光として、532 nm の CW レーザーを使用し、試料からの微弱蛍光をアバランシェフォトダイオードにより検出した。

図 1 (a)は ¹⁹²Os イオン(490 MeV)の観察結果であり、線状の蛍光がはっきりと検出されている。¹⁹²Os イオンが 34764 vacancies/ion の原子空孔を形成するのに対して、原子空孔数が 722 vacancies/ion しか形成しない ¹⁵N イオン(56 MeV)を用いて同様の実験を行った結果を図 1(b)に示す。同図に示すように、蛍光は検出されずに、イオン飛跡検出ができていないことが分かった。当日は、他のイオン種の観察結果について報告し、イオン飛跡の検出限界や、検出感度の原子空孔密度依存性について議論する。

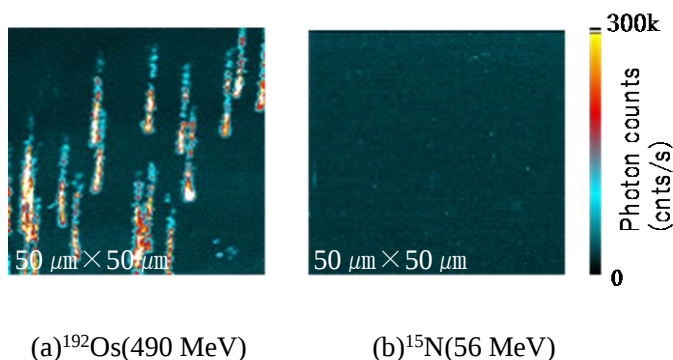


図 1. イオン飛跡観察結果

【参考文献】

[1] G. M. Akselrod, et al., Nucl. Instr. Meth. B 247, p. 295 (2006).

[2] S. Onoda et al., Phys. Stat. Sol. A 212, No. 11, p. 2641 (2015)

【謝辞】

本研究の一部は科研費・基盤 (C) 26420877, 基盤(A) 26246001 および基盤 (S)26220903 により実施された。