

高閾値型飛跡検出器としてのポリエチレンテレフタレートの研究

A study on polyethylene terephthalate as an etched track detector with higher detection threshold

神戸大院海事¹, 放医研², 田尾陽¹, 森豊¹, 小平聡², 小西輝昭², 小田啓二¹, 山内知也¹Kobe University¹, NIRS², Akira Tao¹, Yutaka Mori¹, Satoshi Kodaira², Teruaki Konishi²,Keiji Oda¹, Tomoya Yamauchi¹E-mail: 133w514w@stu.kobe-u.ac.jp

[はじめに] エッチング型飛跡検出器は、プロトンや重イオンの通り道である飛跡を化学エッチング処理によって拡大し、それぞれを、顕微鏡下においてエッチピットとして観察する放射線検出器である。しばしば CR-39 という商品名でよばれるポリアリル・ジグリコール・カーボネート (PADC) がその代表的な検出器として知られている。PADC は現在のところ最も検出感度の高い検出器であるが、元々は光学材料として開発されていたものであった[1]。現在では、20 MeV 程度のプロトンに対しても検出感度を有する素子が開発されている[2]。感度のより高い素子を開発することは、ひとつの研究の方向性として重要であるが、ある検出閾値を有する検出器が必要とされるようなケースが生まれている。例えば、高強度レーザー駆動イオン加速実験において、電子線や X 線、プロトンからなる複雑な混合場において重イオンを検出する必要性が生まれている[3]。この場合にはプロトンやアルファ線には感度は持たないが、C や O イオンには感度を有するようなエッチング型飛跡検出器の適用が期待されている。[潜在飛跡構造と閾値] Fig. 1 はポリエチレンテレフタレート (PET) 中に形成されるトラックコア半径を阻止能の関数として示している[4]。ここに言うトラックコア半径とは着目する官能基がその内側で総て失われているような半径であり、照射前後の赤外線吸収スペクトルの変化からランベルト・ベール則に基づいて導かれたものである。その計算においては照射前の官能基密度が仮定されている。ここに示されているように、He と C イオンに対するコア半径には明確なステップが現れている。PET についてはカルボニル基を含むエステル基がフェニルリングやエチレン基と比べて高い放射線感受性を有することが確認されているので、トラックコア半径内に 2 つ以上のエステル基が存在するような条件が生まれると損傷が置きやすくなるのではないかと考察した[4]。飛跡検出器に関する古典的な書籍によれば、かつて PET はエッチング型飛跡検出器として使われており、ヘリウムに対しては感度を持たないことが記されている[5]。我々は以上の実験結果等に基づいて、トラック径方向に 2 つ以上のエステル基が失われると PET にエッチピットが生まれるのではないかとするモデルを提案した。本研究はこのモデルの妥当性を検証することを目的としている。

[実験方法と結果] 本研究では GoodFellow 社製の厚さ 500 μm の素材と、同社製の厚さ 1 mm の素材、東洋紡製で厚さ 100 μm の素材、緑川化成工業製で厚さ 1 mm の素材の計 4 種類の PET 試料を用いた。He (1.1–3.8 MeV) と C (4.5–59.8 MeV)、Ne (10.0–76.4 MeV)、Ar (48.1–127.4 MeV) イオンを放射線医学総合研究所の医療用重イオン加速器 HIMAC 中エネルギー照射室において、ビームポートから試料までの距離を調整し、種々のエネルギーで照射した。全ての PET 試料について化学エッチング処理を 50°C に保持した 6M の KOH 溶液中で行った。Ar イオンのエッチピット画像を Fig. 2 に示す。発表では各種 PET の検出閾値等の結果について報告する。

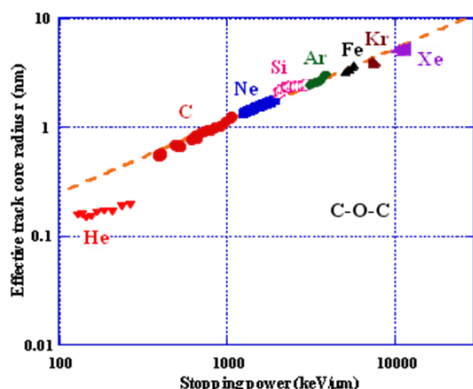


Fig. 1. Effective track core radius as a function the averaged stopping power for loss of C-O-C bond.

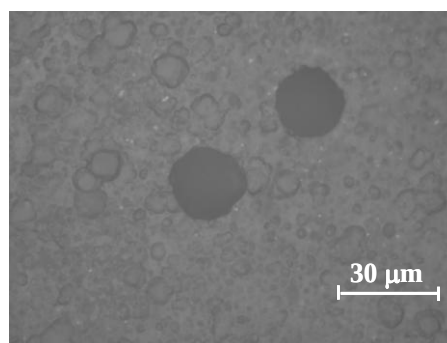


Fig. 2. Etch pits on PET exposed to Ar ions with an energy of 54 MeV.

[1] Cartwright et al., Nucl. Instrum. Methods **153** (1978) 457.

[2] Ogura et al., Radiat. Meas. **28** (1997) 197-200.

[3] Fukuda et al., Phys. Rev. Lett. **103** (2009) 165002.

[4] Yamauchi et al., Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 056301

[5] Fleischer, R.L., Price, P.B., Walker, R.M., 1975. Nuclear Tracks in Solids: Principals and Applications. University of California Press, Berkeley, CA