

PADC 検出器中に形成される 28 MeV 電子線飛跡の構造分析

Analysis of 28 MeV electron tracks in PADC detector

神大院海事¹, 神戸大研究基盤セ², 阪大産研³,

楠本 多聞¹, 森 豊², 金崎 真聡¹, 小田 啓二¹, 菅田 義英³, 藤乗 幸子³, 山内 知也¹

Kobe Univ.¹, CSREA², ISIR³, [○]Tamon Kusumoto¹, Yutaka Mori¹, Masato Kanasaki¹,

Keiji Oda¹, Yoshihide Honda³, Sachiko Tojo³, Tomoya Yamauchi¹

E-mail: 139w508w@stu.kobe-u.ac.jp

[はじめに]

ポリアリルジグリコールカーボネート (PADC) 検出器は、最も感度の高いエッチング型飛跡検出器として知られている。我々は、PADC 中に形成されるイオントラック (潜在飛跡) の構造を理解するために体系的なイオン照射と赤外線分光分析を進めている。これまでにブラッグピーク近傍の 6 MeV/n 以下のプロトンや He から Xe までの重イオン及び 135 MeV/n の C イオンや 500 MeV/n の Fe イオンを用いた実験から、放射線化学収率 (G 値) を求めた [1]。特に PADC は他の高分子材料とは異なり、同一のイオンでは阻止能が低いほど G 値は大きくなることを見出した。さらに 70 MeV 以下のプロトンについての実験も進め、阻止能域では 1.2-12,000 keV/μm の範囲で化学的損傷パラメータを評価し、エーテル基やカーボネートエステル基の損失挙動に関しては、従来の分析結果との整合性を確認している [2]。

[実験結果]

PADC 中に形成されるイオントラックに関してこれまでに評価した最も小さな実効的トラックコア半径は 70 MeV のプロトンのものである、0.21 nm であった (Fig. 2.)。これは PADC の繰り返し構造の単位長さ (約 2 nm) よりも一桁小さく、放射線損傷の広がりには径方向にはその内部にとどまると考えられる。エーテル基についてその損失の G 値は 100 eV あたり 45 であり、ガンマ線のそれよりも有意に高くほぼ 2 倍である。一様なエネルギー付与が行われているガンマ線照射よりも高い G 値が得られていることはトラックに沿った局所的なエネルギー付与によって再結合が抑制されていることが示唆された [2]。プロトンよりもさらに低い阻止能 (あるいは LET) で照射を行うために、大阪大学産業科学研究所の L バンド電子リニアックを用いた 28 MeV の電子線の照射実験を行った (LET は 0.025 keV/μm)。この場合、放射線損傷は電子の軌跡に沿って生じるがその密度は低く、飛跡の方向に損傷同士が優位に相互作用する確率は十分低い。Fig. 1. に PADC のエーテル基及びカルボニル基の相対吸光度と吸収線量の関係を示す。エーテル基の相対吸光度は吸収線量に対して線形的に減少しているのに対し、カルボニル基の相対吸光度は 48 kGy の点より減少し始めている。これまでに報告しているイオン照射と同じ手順でエーテル基の実効的トラックコア半径を求めると 0.02 nm という値が得られた。カルボニル基については低線量域では損傷が生じていないので、複数の電子線が重なった場合のみ損傷が生じると考えられる。イオン照射について開発したトラックの重なりモデルに従って [3]、48 kGy において 2 重あるいは 3 重の重なりが顕著になると考え、およそ 0.02 nm という実効的トラックコア半径を導いた。Fig. 2. にこれらの結果を示しており、白抜きのプロットがエーテル基、塗りつぶしてある点がカルボニル基のそれである。エーテル基及びカルボニル基の双方について、重イオンとプロトンからの外挿線よりもやや小さな値となっていることが示された。

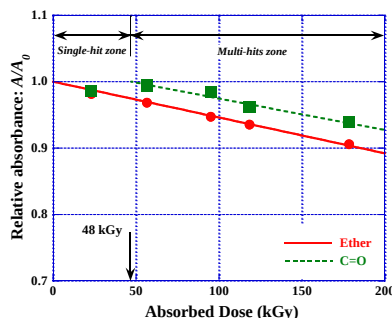


Fig. 1. Reduction of the relative absorbance of ether and C=O bonds exposed to 28 MeV electron beam as a function of the absorbed dose.

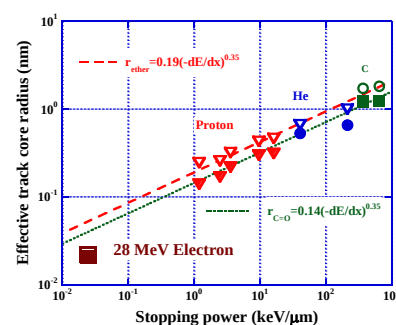


Fig. 2. Effective track core radius for losses of ether and C=O bonds as a function of the stopping power.

[1] Mori et al., 2012, *Appl. Phys. Exp.* 5, 086401.

[2] Yamauchi, 2003, *Radiat. Meas.* 36, 73-81.

[3] Kusumoto et al., 2016, *Radiat. Meas.* Submitted.