

[H27-4]

高エネルギー C_{60} 衝突によるサファイアからのからの発光測定と 阻止能の決定

MEASUREMENT OF LUMINESCENCE FROM SAPPHIRE IRRADIATED WITH HIGH ENERGY C_{60} IONS AND STOPPING POWER ESTIMATION

柴田裕実^{#A)}, 斎藤勇一^{B)}, 鳴海一雅^{B)}, 千葉敦也^{B)}, 山田圭介^{B)}, 金子敏明^{C)}
Hiromi Shibata^{#A)}, Yuichi Saitoh^{B)}, Kazumasa Narumi^{B)}, Atusya Chiba^{B)}, Keisuke Yamada^{B)}, Toshiaki Kaneko^{C)}
^{A)} ISIR, Osaka University
^{B)} TARRI, QST
^{C)} Faculty of Science, Okayama University of Science

Abstract

We report recent results of luminescence measurement from sapphire ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) target irradiated with 0.5~2.0 MeV/atom carbon cluster ions. We investigate the relation between the luminescent intensities and the stopping power. The experimental results show the similar tendency to the calculations of stopping power theories. Each curve has a peak around cluster number of 2 for the higher energy region. This suggests that luminescence caused by irradiation defects directly relates the stopping power of incident cluster ion.

Keyword: high energy carbon cluster ion, alumina, sapphire, luminescence, F^+ -center, stopping power

1. はじめに

本研究では高エネルギー（高速）クラスターイオンと固体との相互作用について、表面状態にほとんど依存しない発光現象を観測することで、調べる。クラスターイオンの照射効果を阻止能との関連において解明することを目的とする。本課題では C_{60} を対象としているが、現在データを解析中であり、本報告では $C_1\sim C_8$ クラスターについて扱う。

2. 実験

炭素クラスターイオンとサファイア ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) 標的との衝突で誘起される発光を、時間分解マルチチャンネル分光器を用いて測定した。TIARA の 3 MV タンデム静電加速器からのエネルギー 0.25 ~ 3.0 MeV/atom (21 ~ 252 keV/u) の $C_1^+ \sim C_8^+$ イオンを用いた。ビーム径は 3mm ϕ 、ビーム電流は C_1^+ で 2.5nA、 C_8^+ で 40pA 程度である。

3. 結果及び考察

F^+ 中心 (326nm) の発光量について、入射クラスターイオンのエネルギーとクラスターサイズの依存性を調べた。クラスター効果を記述する量として、 n 個のクラスターイオンの反応収量 I_n を 1 個当たりの反応収量を n 倍したものと比 $R_n (=I(n)/nI(1))$ がよく使われる。Fig. 1 に 0.5~2.0 MeV/atom での C_1^+ イオン照射下の F^+ 中心の発光量を 1 とし、各エネルギーでの発光量をクラスターサイズ n で割った値を図に示した。クラスターイオンの阻止能に関しては、1) 独立した原子が単に集まったもの、2) クラスターが一つの融合した原子と考えたもの、3) それらの中間的なもの、いわゆるクラスターモデル、と 3 つのモデルがある。測定値を見るとクラスター効果は存在しているので 1) のモデルは成り立たない。

2) のクラスターを一つの融合した原子と考えて阻止能の R_n を計算した場合、以下の式になる¹⁾。

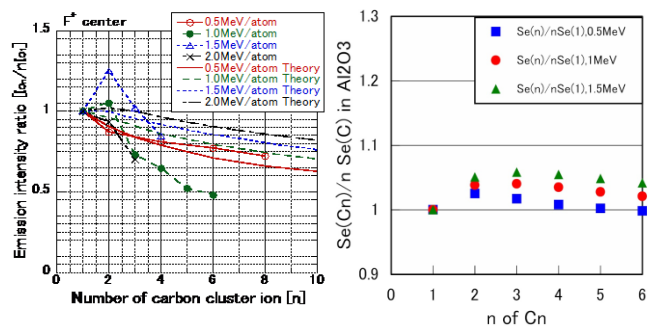


Fig.1 (Left hand side). The ratios of intensities of luminescence from F^+ center of alumina (sapphire) target irradiated with 0.5 ~ 2.0 MeV/atom $C_2^+ \sim C_8^+$ projectiles to that for C_1^+ ions in each energy indicate with circle, triangle and cross symbols. Dashed and dotted lines show the theoretical stopping power calculation for the united atom of projectile.

Fig.2 (Right hand side). The ratios of electronic stopping powers of 0.5 ~ 1.5 MeV/atom $C_2^+ \sim C_8^+$ cluster ions to that of C_1^+ ions in sapphire. This calculation was done by Kaneko et al.²⁾.

$$R_n = n \left(\frac{1 - \exp(-v/(nZ_1)^{2/3}v_0)}{1 - \exp(-v/Z_1^{2/3}v_0)} \right)^2,$$
ここで v は入射融合核イオンの速度、 v_0 はボーア速度、 Z_1 は入射融合核イオンの核電荷で、その値を Fig.1 中の連続線で示す。最近、金子らは 3) のモデルを計算し、Fig.2 の結果を得ている。3 者を比較すると、実験値と理論値は同じような傾向を示しており、高エネルギーではクラスターサイズ 2 の付近にピークを持つ。定量的にはエネルギーとクラスターサイズでかなりの相違があるものの、定性的には発光と阻止能の間に直接的な関係があると考えられる。

参考文献

- 1) P.Sigmund, I.S.Bitensky, J.Jensen, Meth. Phys. Res. B 112 (1996) 1.
- 2) T.Kaneko et al., Private communication.