

[A17a04]

ULTRA THIN BEAM PROFILE MONITOR - Luminescence From Thin Ruby Film On Aluminum -

○H. Kobayashi^A, I. Mizuki^B, T. Kurihara^A, H. Masuda^C, H. Shibata^D

^AHigh Energy Accelerator Research Organization (KEK) 1-1, Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801,
Japan,

^BUshigome-Dai-Ni Junior High School, 20 Kikui-cho, Shinjyuku, Tokyo 162, Japan ,

^CFac. of Eng. Tokyo Metropolitan Univ., 1-1, Minami-osawa, Hachioji, Tokyo 192-03, Japan,

^DResearch Center for Nuclear Science and Technology, University of Tokyo, 2-22 Shirakata Shirane,
Tokai, Ibaraki 319-11, Japan

Abstract

Plates of Al_2O_3 containing 0.5 % chromium (Desmarquest AF995R) have been widely used for beam profile monitors for electron and proton accelerators. Desmarquest has many advantages such as high radiation resistance, high luminescence efficiency and so on. Deterioration of space resolution due to its thickness, usually 1 mm, and an accumulation of electric charge due to its high electric resistance are weak points of this profile monitor. A very thin ruby ($Al_2O_3:Cr$) film (about 30 μm) formed on a pure aluminum substrate by anodization is a potential profile monitor that has a very high space resolution, while keeping same advantages as Desmarquest. Luminescence from the very thin ruby film formed on pure aluminum showed almost same intensity as that from Desmarquest. Time profile of this new profile monitor will be measured soon.

超薄型ビームプロファイルモニタの開発—アルミ基板上に形成したルビーの発光

1. はじめに
ビームプロファイルモニタとしてクロミウムを含むアルミナ(代表的にはデマルケスト)が多く使用されている。しかし、この素材が厚いため、像の‘にじみ’が問題となり、時には 0.1 ミリメートル程度まで削って使用している。また、その高い電気絶縁性のため電荷のチャージアップが問題となり、それを防止する意味で表面に金属を蒸着したり、金網を前面に貼り付けたりしている。

KEK の B ファクトリー計画(KEKB)のビームプロファイルモニタの開発に当たっては、高い空間分解能が要求され、そのためには発光体を薄

くする必要があると考えられた。栗原らはアルミ基板表面を陽極酸化させアルミナ膜を形成し、そこにイオン加速器を用いてクロミウムイオンやユーロピウムイオンをドーピングさせることで薄い発光膜をアルミ板上につけた。このようにして製作したビームプロファイルモニタは、先に述べた現在使用されているプロファイルモニタのすべての短所を一挙に解決すると考えられた¹⁾。結論から言うとその方法でも現在使用されているデマルケスト相当のものは出来ると期待された。しかし、加速器によるイオンビーム打ち込みで製作する方法は、原理的には出来るが、そのうち込みのイオンの絶対量の観点から量産

性に疑問があった。結局 KEKB では、ほとんどのビームプロファイルモニタで 1mm 厚のデマルケストを用い、特にビームエミッタンスを測定する要所においてはこれを 0.1mm に削って使用している

一方、水木らは陽極酸化法によりクロムミウムやマンガン、テルビウム、ユーロピウムを含むアルミナをアルミの基板の上に作りその発光観察をここ 30 年に渡って続けてきた²⁾。1981 年には、M. Yamada らの 2 段階の陽極酸化法によるルビーアルマイトの製作が報告されている³⁾。以上のように、これらの研究は物質的にはほとんど同じ物でありながら、その目的が異なり両者の交流はなかった。この度陽極酸化法によって形成された上述のような付活剤を含むアルミナを加速器のビームモニタに応用するという観点から研究を進めることにした。ここではその第 1 段階の実験結果について報告する。

2. 陽極酸化とプロファイルモニタの製作

今回発光の付活剤として用いられたものは、クロミウム、ユーロピウム、マンガンの 3 種類である。以下に各々のサンプルの製法を簡単に述べる。

サンプル 1. ルビー皮膜

高純度アルミを陽極酸化した際に表面にはマイクロポアーが出来ている。そのポアーにクロムイオンを吸着させこれを熔融塩中で再度陽極酸化した。最初のアルミナが出来ている厚さは、約 30 ミクロンである。表面はデマルケストとほとんど同じ色(淡い赤)である。

サンプル 2. ユーロピウム付活皮膜

先のルビー皮膜と同じくマイクロポアーに硫酸ユーロピウムを充填し、それを再度熔融塩中で陽極酸化することで製作した。

サンプル 3. マンガン付活皮膜(結晶性)

2%のマンガン含有するアルミ固溶体合金(スカイアルミニウム(株))を熔融塩中で陽極酸化したものの。酸化した厚さは約 5 ミクロンである。結晶になっている。

3. 実験体系

実験としては東京大学原子力総合研究センターのバンデグラフを用い、プロトンビームエネルギーは 1MeV を用いた。ビームは直流で、サンプルの大きさは約 1 cm 角である。上記の各種サンプルに発光の基準とする目的でデマルケストを加え、すべての試料を真空チャンバ中のサンプルホルダに取り付け、サンプルホルダを回転しながら個別に測定した。ビーム電流は約 1nA または 50nA で行った。発光を試験チャンバー内に設置したレンズ付光ファイバーで大気中に導き、OMA(Optical Multi-channel Analyzer)で波長分析した。OMA のゲートを 10 ms 開き、それを 10 回積算した強度を測定し、デマルケストとの相対比較を行った。発光波長と分光器の波長感度の校正をしていない。同時にガラスの窓を通じてサンプルの発光の色をテレビカメラでモニタした。

4. 結果

発光スペクトルの例を図-1 に示す。ここで縦軸は発光強度を、横軸は波長であるが前述の通り、今回は発光波長と各波長の感度の校正はしていない。ただ、デマルケストについては既にスペクトルの詳細が調べられており、短波長側のピークは約 350nm 長波長側は 694nm と考えられる⁴⁾。デマルケストとアルミ上に形成したルビーはほとんど同じスペクトルで強度もファクタの違いであった。テレビカメラを通じて観察した発光の色も赤で同じであった。他の 2 つは、デマルケストに比較すると大幅に発光強度は弱かった。発光の色もテレビカメラを通じて

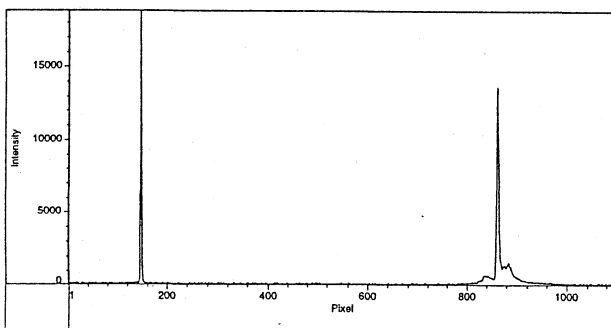
もその違いがはっきりしており、ユーロピウムを入れたものは緑、マンガンのそれはピンクの発光であった。すべてのサンプルに共通して350nmあたりに発光が観測された。各サンプル

の特徴は表-1にまとめる。また、デマルケストとサンプル1(ルビー皮膜)の発光のスペクトルを図-1(a),(b)に示す。

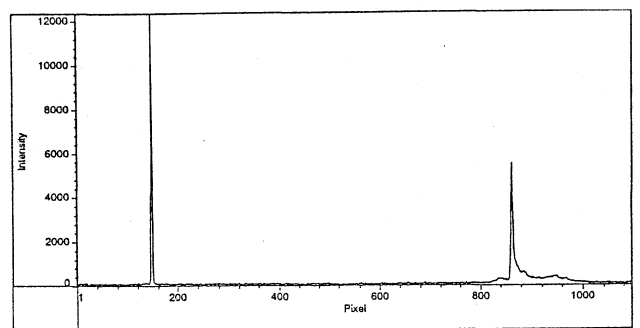
	発光波長(nm)	発光強度	色	組成
Desmarquest	694	1	赤	Al ₂ O ₃ :Cr
サンプル1	694	1/4	赤	Al ₂ O ₃ :Cr
サンプル2	510*/694	-----	緑	Al ₂ O ₃ :Eu
サンプル3	607*/694	-----	ピンク	Al ₂ O ₃ :Mn

表-1. 各サンプルの発光特徴

*発光波長はおよその値



(a)



(b)

図-1 発光のスペクトル(a)デマルケスト(b)陽極酸化によるルビー

5. まとめ

本実験は水木らが長年にわたって製作技術を改善してきた陽極酸化法を加速器のビームプロファイルモニタに応用することを目的としてなされたものである。ここで提案する陽極酸化によるルビー皮膜は、厚さはほぼ任意に設定できること、アルミ基板の厚さも基本的に調節が容易であること、さらにその基板が自動的に帯電を防ぐと考えられること等、現在デマルケストの弱点と考えられる点をカバーすることが容易であり、デマルケストの耐放射線性等の長所はそのまま引き継ぐと期待される。ただ、実験自体は緒に就いたばかりであり、今後時間特性、耐放射線特性等を調べる予定である。更に、今後は発光の時定数そのものの調整、燐光の防止等プロファイルモニタとしてより好ましい特性を探っていく予定である。

参考文献

- 1) 栗原俊一、小林仁、浦野隆夫、諏訪田剛、青木康、岡田漱平、河裾厚男:第6回 TIARA 発表会、日本原子力研究所高崎研究所
- 2) I. Mizuki, H. Masuda, N. Baba: Advanced Materials '93, Trans. Mat. Res. Soc. Jpn., Vol.15A, 381(1994) Elsevier Science
- 3) M. Yamada and I. Mita: Chem.Lett., 123(1981)
- 4) K. Ushida, H. Shibata, S. Tagawa, Y. Yoshida, K. Kimura, A.Kira: Appl. Radiat. Isot. Vol. 49, Nos1-2, pp.55-58, 1998
- 5) H. Shibata, T. Ueda, T. Kobayashi, Y. Yoshida, S. Tagawa: Proc. 16th Linear Accelerator Meeting in Japan, pp260-262, Nihon Univ. 1991