

Characteristics of a Ruby Scintillator

Y.Hosono, M.Nakazawa, T.Ueda, M.Uesaka
School of Engineering, University of Tokyo
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, 113-8656

Abstract

A scintillator for the beam monitor of a linear accelerator is described. The scintillator are a ruby, an alumina fluorescent plate (AF995R, Desmarquest Co.), and a white sapphire. Test measurements of the present scintillator have been made under the conditions of the accelerated charges of lower than 0.5 nc/pulse and the pulse width ranging from 10ps to 2ns. From the results of this experiment, the following can be concluded: (a) the rise time of the ruby is less than 2 ns, (b) the rise time of the AF995R is less than 2ns, (c) the rise time of the white sapphire is about 260ns, (d) the decay time of the chrome is about 5 ms.

ルビーの発光特性

1. はじめに

ビーム照射による発光を利用した目視可能なビームモニターとしては、コルツやZnS(Ag)およびアルミナ蛍光板等がよく知られている。コルツは、比較的放射線に強いが、ライナックの様な大線量では、照射をしていると発光強度の低下が起こる。ZnS(Ag)の場合も短時間で発光強度が低下してしまうという問題があった。

それに対してアルミナ蛍光板(デマルケスト社)は、対放射線性に極めて優れており、pAオーダーの直流ビームでも発光することから、イオン加速器やライナックビームのモニターとして多用されてきた。同蛍光板は、 Al_2O_3 に Cr_2O_3 を0.5%含ませ焼結したもので、組成はルビーと等価である。本報では、アルミナ蛍光板を多結晶ルビーとして扱っている。同蛍光板の発光波長は、693nmである。

なお、単結晶ルビーは透明性を持っているが、多結晶ルビーであるアルミナ蛍光板は、不透明なものである。

筆者らは、アルミナ蛍光板を20 μ mの厚(10mm角程度)に加工して透明性を持たせ、それによって陽子検出器や高速中性子検出器の開発を試みてきた[1]。

単結晶ルビーの発光に関しては、ルビーレーザーの研究に関わって、50年以上前から盛んに研究が行われてきた。しかしそれらの研究では、その使用目的からして、発光の立ち上がり時間等に関しては、必ずしも明確にされてこなかった。また、十数年前から市販されてきたアルミナ蛍光板についても、その発光特性は必ずしも明らかではなかった。

そうしたことから筆者らは、正確な応答性を知るためにライナックを用いて実験を行ってきた。その結果、Crの発光の立ち上がり時間は、8 ns以下であ

るという結果を得てきた[2,3,4]。しかしこの値は、測定系の応答性であることから、実際はそれよりも速いことが予想された。

そこで、さらに速い応答性を得るため、それまで使用してきたピン型高速シリコンフォトダイオードにかえて、高速アヴァランシェフォトダイオード(APD)を用いることによって応答性の改善を行った。本報では、その方法を用いた測定結果について述べている。

またここでは、デマルケスト社のアルミナ蛍光板と同時に単結晶の人工ルビーやサファイヤの発光特性について求めたので、合わせて報告する。

なお、アルミナ蛍光板は加速器の分野で、「デマルケスト」と呼ばれているが、これは会社名であることから本報では、商品名である「アルミナ蛍光板(多結晶ルビー)」という名称を用いている。

2. 実験

アルミナ蛍光板の発光は、荷電粒子が一個入射すると、約5msの間に櫛の歯状の発光現象が観測される[5]。ライナックビームの場合は、多数の電子による発光のため、櫛の歯状の発光が多数重なっていると考えられる。

実験体系を第1図に示す。実験は、東大大学院工学系研究科原子力専攻(東海村)に設置してある35MeV電子線加速器を用いて行った。発光特性の測定に用いたアルミナ蛍光板は、厚さが1mmであった。APDは、ビーム出口窓やビームキャッチャー等から発生する強烈な線等の影響をなくすため、鉛板(10cm)で遮蔽した中に設置した。

アルミナ蛍光板等の試料は、ビーム出口近傍のビームライン上に設置し、ビーム照射による発光はレンズとミラーを用いて、遮蔽板の中のAPDに導き

測定した。

用いたAPD (S3884, 浜松ホトニクス) は、受光面積が 1.5であった。同APDは、端子間容量が逆バイアス100V時に約10pF、暗電流約138pAであり、PDの立ち上がり時間は約 0.9 nsであった。

APDで電気信号に変換した信号は、照射室から約10mのケーブルを通し、測定室内のオシロスコープ ($f_c = 1 \text{ GHz}$) を用いて測定した。実験は、加速電流 約 0.5nC/pulse、パルス幅10ピコ秒で行った。

アルミナ蛍光板 (厚さ 1mm) にピコ秒パルス電子線を照射したと時の測定結果を第2図に示す。同図には最初に高いパルスが観測されているが、これはアルミナ蛍光板をパルス電子線が通過する時に発生したチェレンコフ光である。本来のクロムによる発光は、チェレンコフ光とともに一緒に立ち上がっている。チェレンコフ光の幅が測定系の応答時間 (2ns) となっていることから、発光の立ち上がり時間は 2 ns以下であると言える。

単結晶のルビーの発光特性を第3図に示す。単結晶のルビーの場合は、アルミナ蛍光板に比べて光の透過性が良いという特徴がある。測定結果から明らかのように単結晶ルビーの発光は、第2図同様に約2nsで立ち上がっている事がわかる。

第4図にwhiteサファイアの発光特性を示す。同サファイアは、 Al_2O_3 でありCrは含有されていないとされているが、陽子を用いて光スペクトル測定を行ったところ、極微量のWやCr等が確認された。

同物質は、透明でありビームが通過するとピンク色の光を発する。立ち上がり時間は、約260nsであった。

減衰特性を測定した一例を第5図に示す。同図は、2 nsパルス電子線 (約2.6nA/pulse) をアルミナ蛍

光板に照射した時のもので、ms オーダーで減衰している様子がわかる。

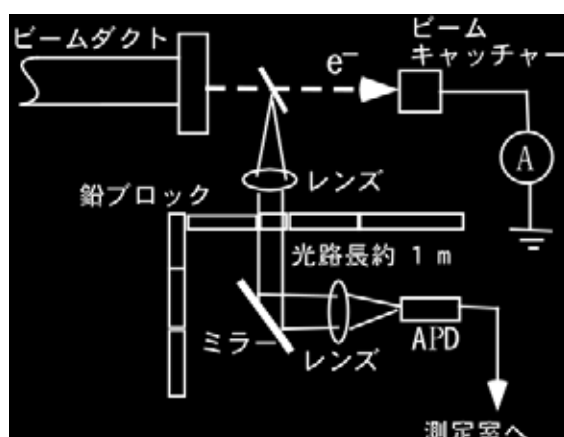
3. むすび

アルミナ蛍光板と単結晶ルビーは、Crの発光であり、立ち上がり時間が約2nsであった。これは測定系の応答性に依存した値であり、実際はさらに速い可能性が高い。したがって今後、さらに高速の測定方法を開発して観測する必要がある。一方、Whiteサファイアの立ち上がり時間は約260nsであった。

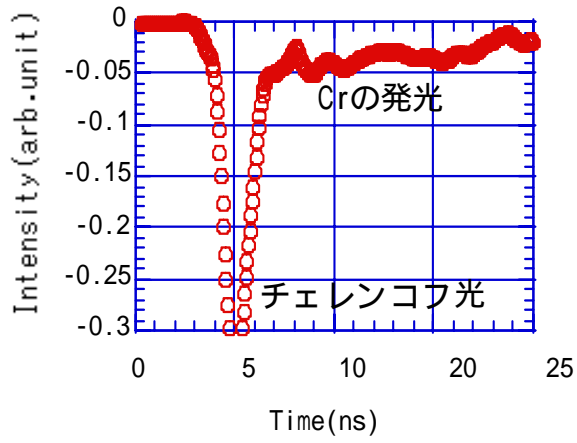
Crの減衰時間は、msのオーダーであった。Whiteサファイアは、数種の時定数が重なった減衰特性を示した。今後、さらに高速・高精度な測定を試みる予定である。

参考文献

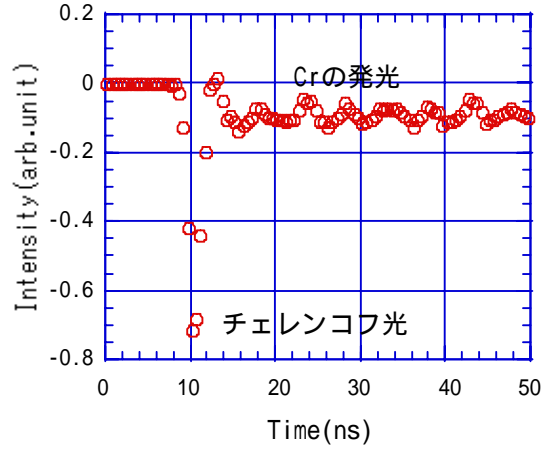
- (1)細野、二瓶、中沢：中性子崩壊時に発生する陽子測定用低エネルギー陽子検出器の開発、第61回応用物理学会学術講演会、2000年度秋
- (2)細野、二瓶、中沢：中性子崩壊時に発生する陽子測定用低エネルギー陽子検出器の開発、第62回応用物理学会学術講演2001年度秋
- (3)細野、中沢、上田、吉井：アルミナ蛍光板の発光特性、第27回ライナック研究会 (2002年度) pp.344-346 .
- (4)細野、中沢、上田：アルミナ蛍光板の発光特性、第29回ライナック研究会 (2004年度) pp.607-609 .
- (5)Y.Hosono,H.Nihei ,M.Nakazawa: Jpn.,J.,Appl.,Phys. Vo.43,No.6A (2004)pp.3582-3585



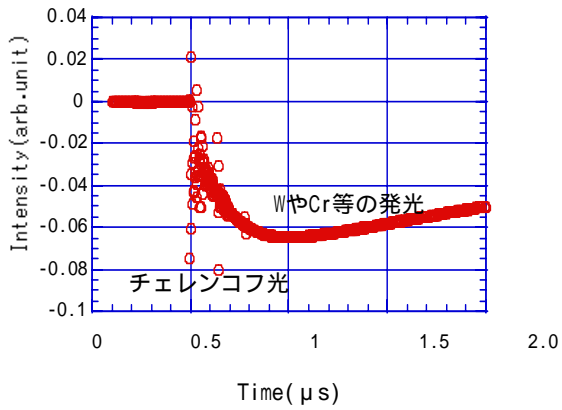
第1図 実験体系



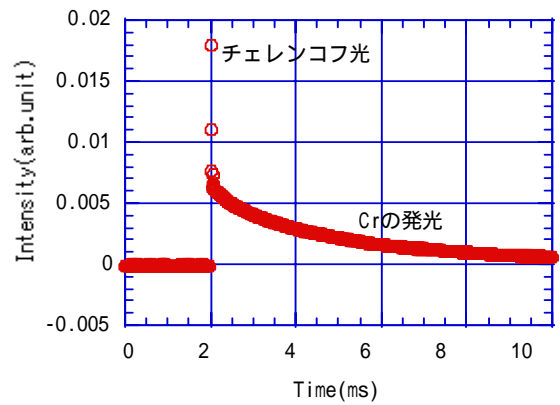
第2図 アルミナ蛍光板の立ち上がり時間
(多結晶ルビー)



第3図 ルビーの立ち上がり時間



第4図 whiteサファイヤの立ち上がり時間



第5図 アルミナ蛍光板の減衰特性