

Characteristics of a Ruby Scintillator

Y.Hosono^{A)}, H.Takahashi^{A)}, T.Ueda^{B)}, M.Uesaka^{B)}

School of Engineering,, The University of Tokyo

A) 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, 113-8656

B) 2-22 Shirakata-Shirane, Tokai, Naka, Ibaraki 319-1188

Abstract

A scintillator for the beam monitor of a linear accelerator is described. The scintillator are a polycrystal ruby (an alumina fluorescent plate) and a quartz. 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 is 10ps. From the results of this experiment, the following can be concluded: (a) the rise time of the polycrystal ruby was less than 1 ns and the fall time was about 5.5 ms. (c) the rise time of the quartz was less than 1.3ns and the fall time was about 4 ns.

ルビーシンチレータの特性

1. はじめに

加速器のビームモニターは、位置検出器やプロファイルモニターや強度モニター等がある。それらの中でビーム照射による発光を利用したモニターとして多用されるものは、石英やZnS(Ag)およびアルミナ蛍光板等である。

石英は、比較的放射線に強く、以前からバンデグラーフ加速器等のビーム調整に使用されてきた。しかし、ライナックビームの様な大線量になると、照射とともに発光強度が低下してしまう問題があった。ZnS(Ag)についても同様である。

それに対して多結晶ルビーであるアルミナ蛍光板 (AF995R, デマルケスト社) は、耐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広く利用されてきた。同蛍光板は焼結させたもので Al_2O_3 に Cr_2O_3 を 0.5% 含んだものであり、組成はルビーである。それ故本報では、アルミナ蛍光板と多結晶ルビーを全く同じ物として扱っている。

同蛍光板の発光はCrによるものであり、常温での発光波長は693nmが中心波長となっている。温度が下がると、691.7, 697, 700, 704, 774nmの発光が顕著に現れるとされている[1]。

同蛍光板の場合は、不透明なものであることと、ビームの散乱を防ぐ目的で、実際にモニターとして使用する場合は、0.1mm程度に薄くして用いるケースが多い。

ルビーの発光現象については、ルビーレーザーの研究に関わって、40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、明確にされてこなかった。

そうしたことから筆者らは、正確な応答特性を知

るためにライナックを用いた実験を行ってきた。これまでの結果では、Crの発光の立ち上がり時間は、2 ns以下であるという測定結果であった[2]。しかしこの値は、測定系の応答限界であることから、それよりも速いことが予想されてきた。

そこで筆者らは、さらなる高速応答性を実現するため、高速アバランシェフォトダイオード(以下APDと略す)とレンズを組み合わせた高速測定系の開発を行った。開発した測定システムの立ち上がり時間は、オシロスコープ ($f_c=1.5GHz$) を考慮して約420psである。

本実験では、上記の測定システムを用いて、アルミナ蛍光板と、それとの比較のために行った石英の応答特性について述べる。

2. 実験

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。

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、遮蔽版の中のAPDに導き測定した。なお。遮蔽版は、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)で構成されている。

用いたAPD (S2381, 浜松ホトニクス) は、受光面積が0.2であった。同APDは、端子間容量が逆バイアス100V時に約1.5pF、暗電流約50pAであり、APDの立ち上がり時間は約350psであった。

APDで電気信号に変換された信号は、照射室から約10mのセミリジッドケーブル ($f_c=34GHz$) を通し、測定室内のオシロスコープを用いて測定した。実験は、加速電流 約 0.5nC/pulse、パルス幅10

ピコ秒で行った。

アルミナ蛍光板にピコ秒パルス電子線を照射した時の測定結果を第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。クロムによる発光の立ち上がり部分は、チェレンコフ光と重なって観測されている。それに測定系の反射と思われる部分が加算された形となっている。

これらの波形から推測すると、立ち上がり時間は約1 nsと考えられる。これは測定系の応答性が420psの立ち上がり時間であり、それと立ち下りの時間の和が840psであることを考慮すると、アルミナ蛍光板の発光の立ち上がり時間は約1 nsであると思われる。

次に同蛍光板の減衰特性を第3図に示す。同図から明らかな様に、減衰時間は約5.5ms程度となっている。この値は、N.A.Tolstoiらの測定結果やこれまでの我々の測定結果と一致するものである[1]。

この減衰特性は、放射線計測に用いられるシンチレータとしては、「失格」とも言える程遅い時間である。例えば、プラスチックシンチレータの例では、減衰時間は数ナノ秒であり、NaI(Tl)シンチレータの場合でも数百nsである。遅いと言われているCsI(Tl)シンチレータの場合でも約900 nsとなっている。

しかし、計数率の低い放射線計測器用シンチレータとしては、十分に有効なものとなる。筆者らは、中性子の寿命測定用システムとして、中性子崩壊時に生じる陽子検出用の測定器の開発を行った。これに用いることで、線の影響を受けにくくS/N比の良好な陽子検出器の製作が可能となった[3]。

第4図に、実験に多用される石英の発光特性を示す。石英は、以前より加速器のイオンビームモニターとして用いられてきたものである。同図から石英の発光の立ち上がり時間を見ると、約1.3nsである。減衰特性を第5図に示す。減衰時間は、約4 nsとなっている。この時間は、NaI(Tl)シンチレータに比べると極めて速く、プラスチックシンチレータに近い特性である。

3. むすび

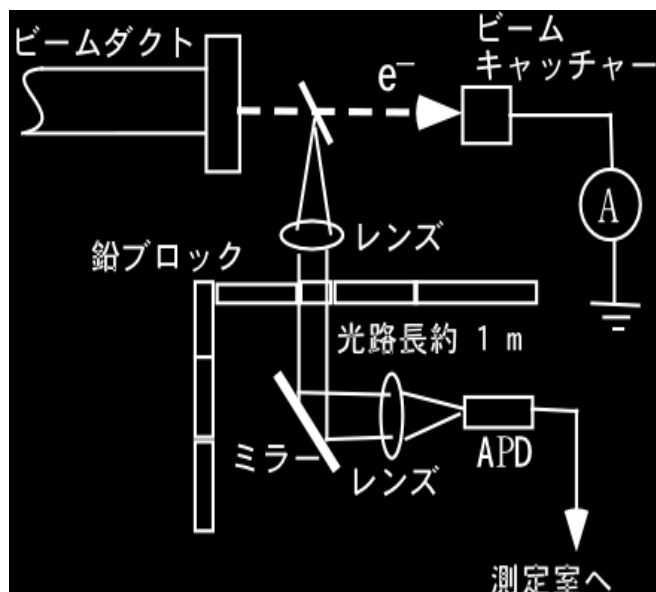
アルミナ蛍光板(多結晶ルビー)と石英の発光を測定した。その結果、アルミナ蛍光板の発光の立ち上がり時間は、約1 nsと確認された。この値は、測定系の応答性の限界であり、さらに速い可能性が高い。減衰時間は、約5.5msであった。

石英の立ち上がり時間は、約1.3nsであり、減衰時間は、約4 nsと速いことがわかった。

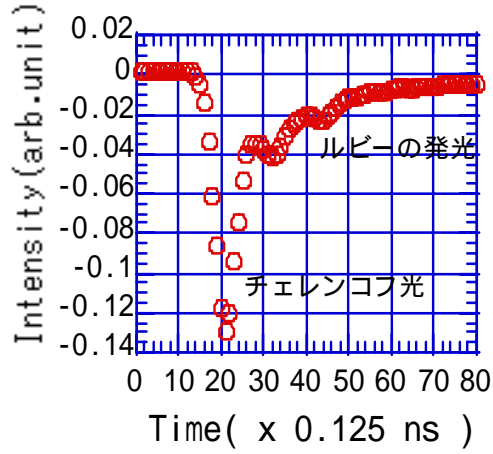
今後は、計測システムの応答性をさらに上げて、発光特性を測定する予定である。

参考文献

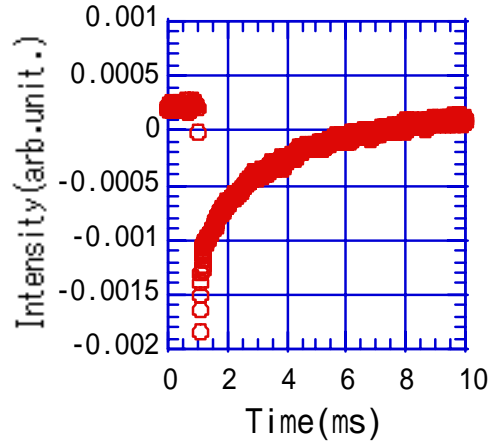
- [1] N.A.Tolstoi et-al : Opt.Spectrosc.13(1962)133.
- [2] 細野、中沢、上田、上坂 : 第30回ライナック研究会(2005年度) pp.468-470.
- [3] Y.Hosono, H.Nihei, M.Nakazawa : Jpn., J., Appl., Phys. Vo.43, No.6A (2004) pp.3582-3585



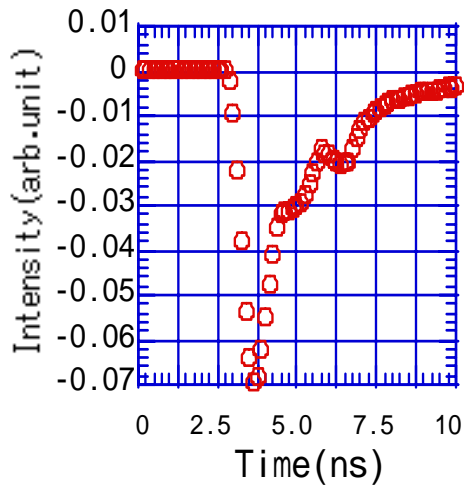
第1図 実験体系



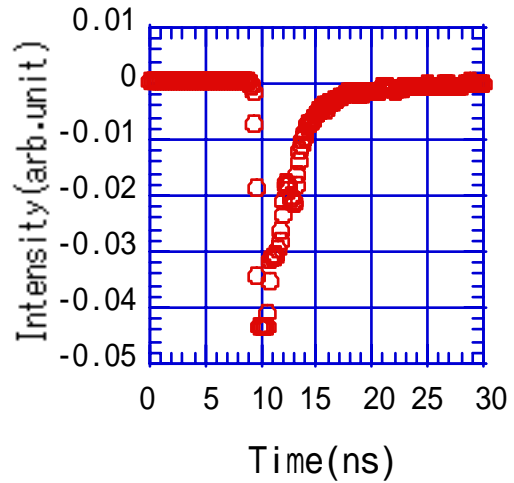
第2図 アルミナ蛍光板の立ち上がり時間
 (多結晶ルビ-)



第3図 減衰特性



第4図 石英の立ち上がり時間



第5図 減衰特性