

Spektroskopie gepulster Röntgenquellen

Benjamin BRÜCKNER², Uwe ZSCHERPEL¹

¹ Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM), Berlin

² Goethe Universität Frankfurt am Main

Terahertz Photonics Room: 0.214

Kontakt E-Mail: uwe.zscherpel@bam.de

Kurzfassung

Spektren von gepulsten Röntgenquellen wie Blitzröhren, Linearbeschleuniger (LINACs) oder Betatrons lassen sich in der Literatur nicht finden. Eine gängige Lehrmeinung ist, dass sich solche Spektren nicht messen lassen. Deshalb wurden in Zusammenarbeit mit der Goethe-Universität Frankfurt und neuester Messtechnik diese Problematik untersucht. Es wurde ein CeBr₃-Szintillator-Kristall mit einem klassischen Photoelektronenvervielfacher (PMT) und einer analogen Übertragungskette verwendet, der über Stunden Integrationszeit nur einen sehr geringen Untergrund detektiert. Als kritischer Punkt stellte sich die geeignete Kollimierung von Quelle und Detektor bei möglichst großem Abstand heraus. Zu diesem Zweck wurde das verwendete 7 MeV-Betatron in einen 3t-Bleibunker betrieben, der ein Austrittsloch von 1 mm für die erzeugte Röntgenstrahlung besaß. Der Detektor wurde mit einem Densimet-Zylinder abgeschirmt. Damit konnte die Bedingung für die Spektroskopie gepulster Quellen erreicht werden: pro Puls darf nur 1 Photon den Detektorkristall erreichen, damit ohne Pile-up seine Energie vermessen werden kann. Trotz schnellster Elektronik war es nicht möglich, mehrere Photonen pro Röntgenpuls (beim Betatron ca. 1 Mikrosekunde) spektral richtig aufzulösen. Die gemessenen Spektren zeigen die erwartete Form, wie sie z.B. mit aRTist simuliert werden können.

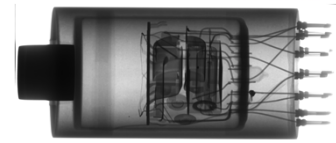
Spektroskopie gepulster Röntgenquellen

B. Brückner, Goethe-Universität Frankfurt am Main

U. Zscherpel, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Problemstellung

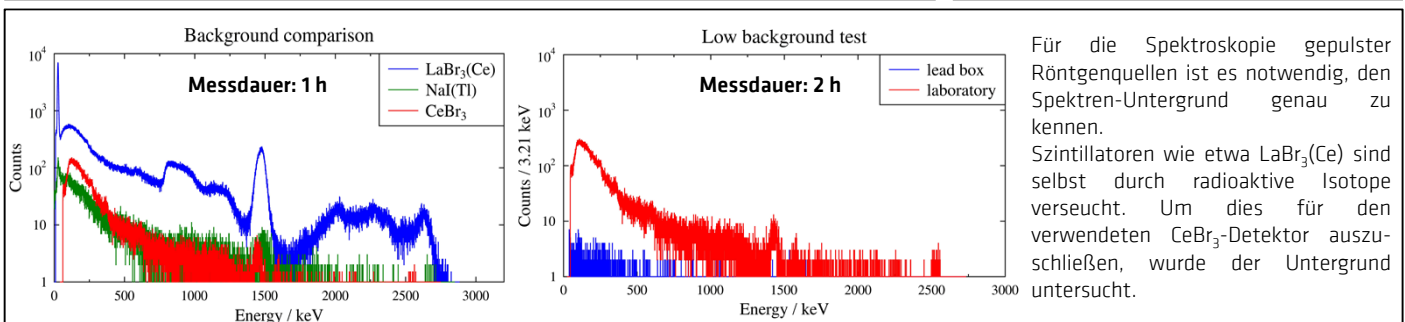
Spektren gepulster Röntgenquellen wie Blitzröhren, Linearbeschleuniger (LINACs) oder Betatrons lassen sich in der Literatur nicht finden. Eine gängige Lehrmeinung ist, dass sich solche Spektren nicht messen lassen. Zur Untersuchung wurde neueste Messtechnik sowie ein CeBr_3 -Szintillator-Kristall mit einem klassischen PMT und einer analogen Übertragungskette verwendet, der über Stunden Integrationszeit nur einen sehr geringen Untergrund detektiert. Als kritischer Punkt stellte sich die geeignete Kollimation von Quelle und Detektor bei möglichst großem Abstand heraus. Zu diesem Zweck wurde das verwendete 7 MeV-Betatron in einen 3t-Bleibunker betrieben, der ein Austrittsloch von 1 mm für die erzeugte Röntgenstrahlung besaß. Der Detektor wurde mit einem Densimet-Zylinder abgeschirmt. Damit konnten die Bedingungen für die Spektroskopie gepulster Quellen erreicht werden: Pro Puls darf nur 1 Photon den Detektorkristall erreichen, damit ohne Pile-up seine Energie vermessen werden kann!



1"x1" CeBr_3 -Szintillator-Kristall gekoppelt an einen PMT Hamamatsu R6033-100

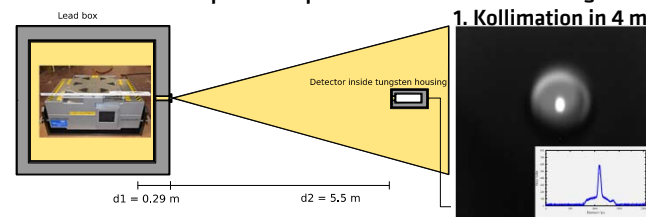
Scionix 25B25/2M CeBr-LB

Energieauflösung:	4.3 %
Effizienz:	4.5 %
Dichte:	5.2 g/cm ³
Decay-time:	19 ns
Lichtausbeute:	60 Ph/keV

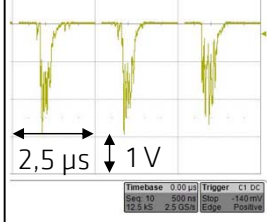
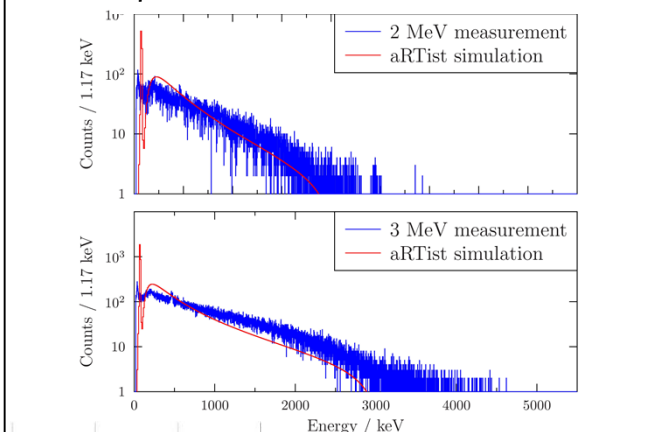


Für die Spektroskopie gepulster Röntgenquellen ist es notwendig, den Spektren-Untergrund genau zu kennen. Szintillatoren wie etwa $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ sind selbst durch radioaktive Isotope verseucht. Um dies für den verwendeten CeBr_3 -Detektor auszuschließen, wurde der Untergrund untersucht.

Aufbau für Betatronspektroskopie

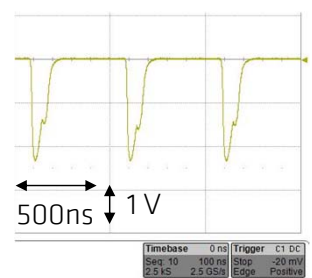


Betatronspektren bei 2 und 3 MeV bei einer Messdauer von 30 min

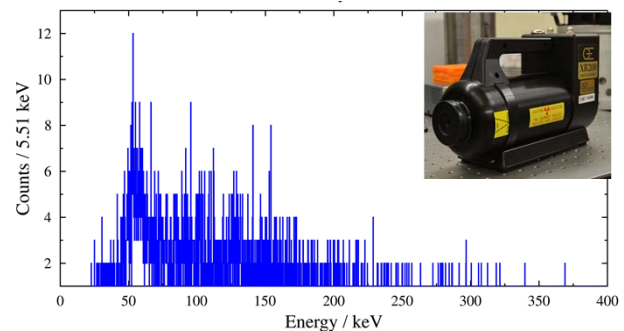


Die Pulsdauer wurde mit Hilfe eines Oszilloskops bestimmt. Die Dauer der Pulse wurde erstmals mit 1.2 μs gemessen. Diese wiederholten sich alle 5 ms.

Für die spektroskopische Untersuchung der XR200 Blitzröhre wurde der Aufbau verändert. Der Detektor wurde in dem 3t-Bleibunker positioniert. Die Blitzröhre wurde in einem Abstand von 5 m aufgebaut und mittels Laser ausgerichtet. Die Pulslänge wurde zu 75 ns bestimmt mit einer Wiederholrate von 14 Hz.



Gemessenes Blitzröhrenspektrum von 3564 Blitzen



Fazit:

Die Untersuchungen mit einem neuartigen CeBr_3 -Detektor in Kombination mit neuester Messelektronik zeigten, dass die Spektroskopie der hier gezeigten Quellen nur dann möglich ist, wenn nur jeweils ein Röntgenphoton pro Puls gemessen wird. Mittels Simulation mit aRTist² konnten die gemessenen Spektren bestätigt werden. Die Messungen der untersuchten Quellen sind die ersten Ihrer Art.

Kontakt

Dr. Uwe Zscherpel
uwez@bam.de

Benjamin Brückner, M. Sc.
benny.brueckner@me.com

Referenzen

¹ Spectroscopic measurements of pulsed X-ray sources, Masterarbeit, Benjamin Brückner, Goethe-Universität Frankfurt am Main, 2017

² aRTist – siehe <http://artist.bam.de>