

Herstellung eines Alpha- Beta- Gamma-empfindlichen Strahlungsdetektors auf Basis einer kostengünstigen PIN-Diode

Bernd Laquai, 12.6.2012

Ermutigt durch die Tatsache, dass die Am241 Rauchmelder-Alphaquelle mit einer BPW21R im geöffneten TO-5 Gehäuse eine Signalstärke am Messverstärker erzeugt, die den OP locker in die Sättigung treibt, habe ich mir nochmals Gedanken gemacht, ob es nicht doch möglich ist, mit relativ einfachen Mitteln aus einer PIN-Diode einen lichtdichten, kleinen Alpha-, Beta- und Gamma-sensitiven Detektor mit hoher Ortsauflösung zu bauen. Das Problem ist ja, dass wenn man das Detektor-Gehäuse öffnet um Alpha-strahlungsempfindlich zu sein, der Detektor auch empfindlich gegen andere Einflüsse wird u.a. gegen sichtbares Licht, da der Siliziumchip und der dünne Bondanschluss dann offen liegen. Was man also braucht ist ein sehr dünnes Detektorfenster aus einem Material geringer Dichte, welches Alpha-durchlässig ist, das aber kein Licht durchlässt und den Halbleiterchip gegen Staub und andere Fremdstoffe schützt.

Deswegen habe ich nachgeforscht, wie dünn Haushalts-Alufolie wirklich ist. Sowohl die Literatur als auch eine Messung mit der Mikrometerlehre ergab, dass die Dicke zwischen 10 und 20 μm liegt. Das in etwa ist aber auch die Halbwertsdicke eines ca. 5MeV Alphapartikels, das z.B. von der Am241 Rauchmelder-Alphaquelle emittiert wird. Da das Absorptionsgesetz exponentielle Gestalt hat, kann man davon ausgehen, dass dann aber nur ein Teil der Alphapartikel absorbiert wird und ein großer Teil lediglich in der Energie gemindert wird und die Folie aber immer noch durchdringen kann.

Daher brachte ich zwischen den BPW21R Detektor im geöffneten Gehäuse zunächst eine Haushaltsalufolie und macht eine vergleichende Messung zur Situation ohne Folie. Und siehe da, die starken Alpha-Impulse waren noch immer sehr deutlich zu sehen jedoch mit etwas geringerer Amplitude, die in den meisten Fällen den Messverstärker nun nicht mehr in die Sättigung trieb aber deutlich stärker waren als Beta- und Gamma-Impulse.

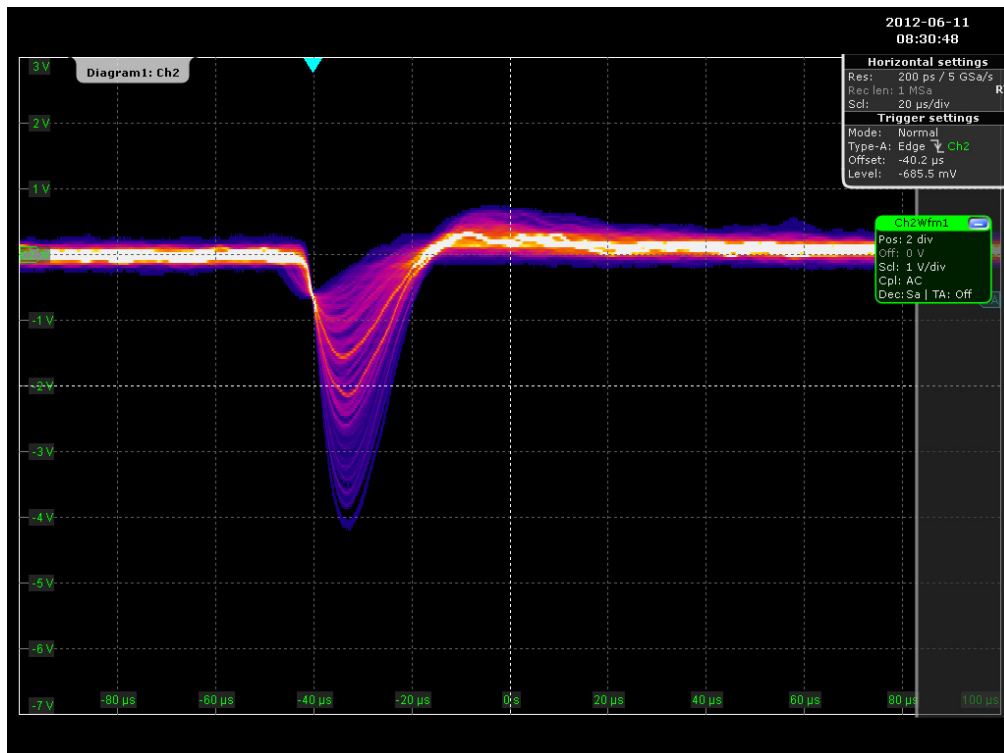
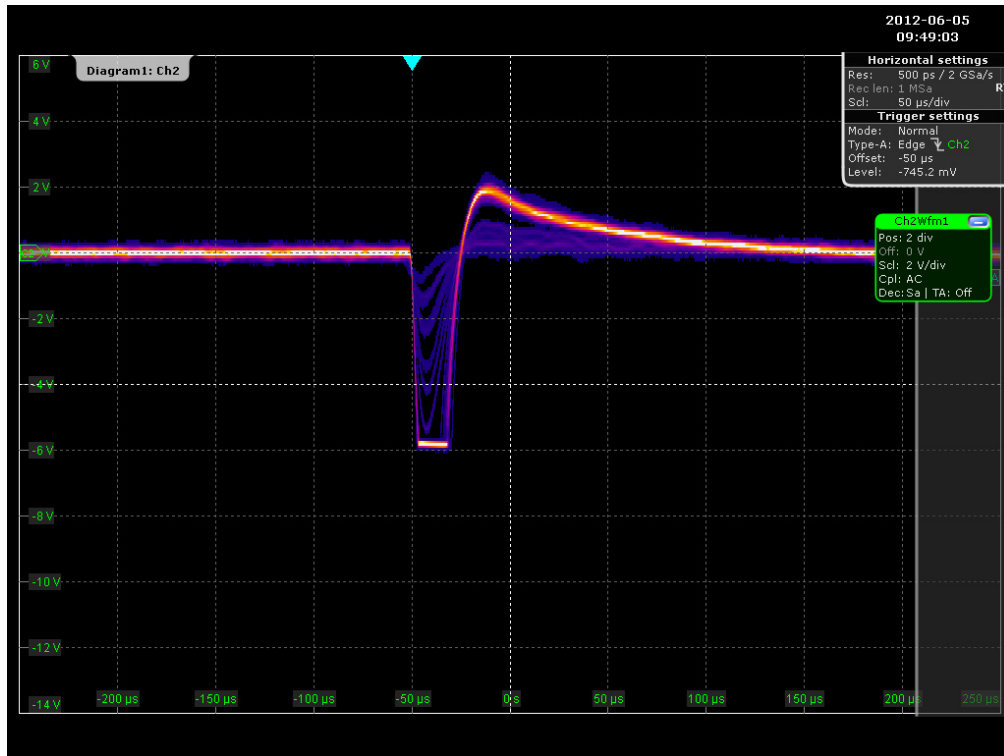


Abb. 1a, b: BPW21R mit geöffnetem Gehäuse. Alpha-Impulse ohne (oben, 2V/div) und mit Folie (unten, 1V/div)

Da die BPW21R aber eine Photodiode mit normalem pn-Übergang ist, ist ihre Fähigkeit Beta- und Gamma-Strahlung zu detektieren wiederum beschränkt im Vergleich zur BPW34. Deswegen besorgte ich mir eine S1223 von Hamamatsu, die auch im TO-5 Gehäuse mit Glasfenster geliefert wird und einen rauscharmen PIN-Übergang mit geringer Kapazität hat. Die Idee war nun, das Glasfenster durch ein Fenster aus Haushaltsalufolie zu ersetzen und daraus einen α -, β -, γ -empfindlichen Detektor zu bauen. Das ist auch geglückt und ich denke mit etwas feinmechanischem Geschick kann man das gut ohne spezielles Equipment nachbauen.

Ich habe zunächst mit einer kleinen Trennscheibe den Oberteil des Gehäuses mit dem Fenster abgetrennt (etwa 0.5mm unterhalb der Oberkante). Dann habe ich vorsichtig das Glas herausgebrochen und das abgetrennte Oberteil mit einer feinen Lötspitze wieder mit einer kontinuierlichen Naht an das Unterteil angelötet. Der Vorteil davon ist, dass das Oberteil nun einen schönen Auflagerand für die Alufolie bietet.



Abb 2a, b: Aufgetrenntes Gehäuse einer S1223 PIN Photodiode und das abgetrennte Oberteil

Danach habe ich mit einem sehr feinen Uhrmacherschraubenzieher den Rand des Oberteils mit Sekundenkleber benetzt und ein Stück Haushaltsalufolie mit etwas Überlapp glatt aufgeklebt. Nach dem Abtrocknen des Klebers habe ich den Überlapp mit der Schere gleichmäßig auf etwa 2mm reduziert. Diesen Überlapp habe ich nun über die Lötnaht nach unten umgefaltet und mit einem feinen Wire-Wrap-Draht fixiert, so dass am Ende das Gehäuse garantiert wieder lichtdicht verschlossen war.

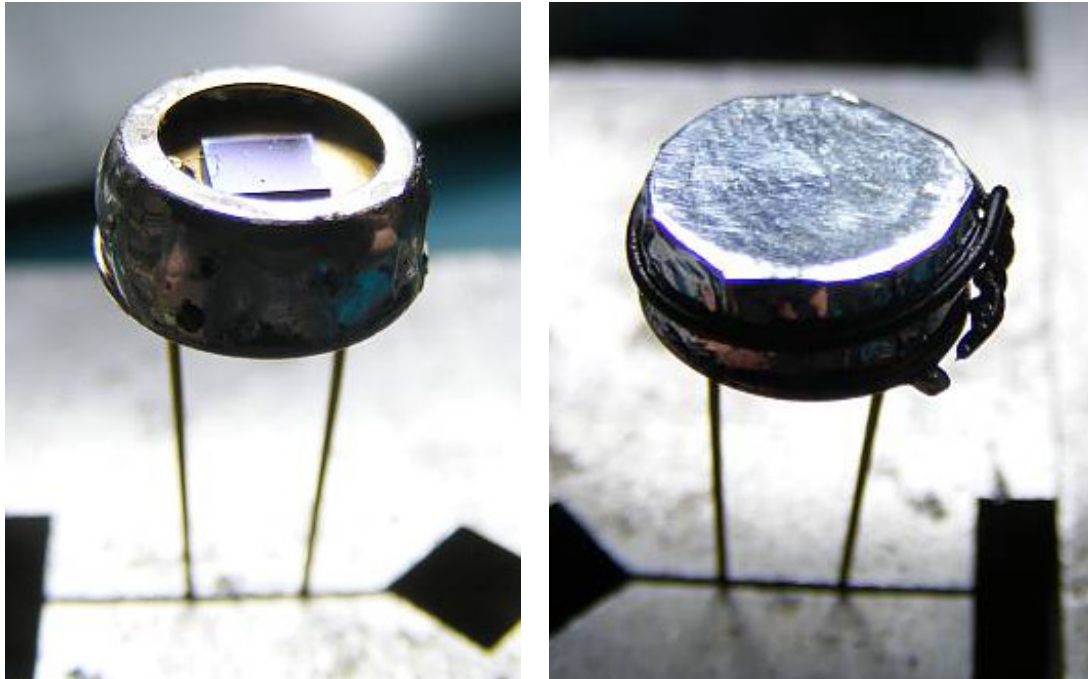


Abb. 3a, b: Verlötetes TO-5 Gehäuse ohne Fenster und fertiger S1223 Alpha-Beta-Gamma-Detektor

Diesen Detektor habe ich schließlich auf eine Testplatine mit dem Messverstärker des „Stuttgarter-Geigerle“ aufgelötet und in Betrieb genommen. In dem Messverstärker benutzte ich den LTC6241HV OP von Linear Technology, aber ich denke, dass der AD8666 von Analog Devices dieselben Ergebnisse liefert.

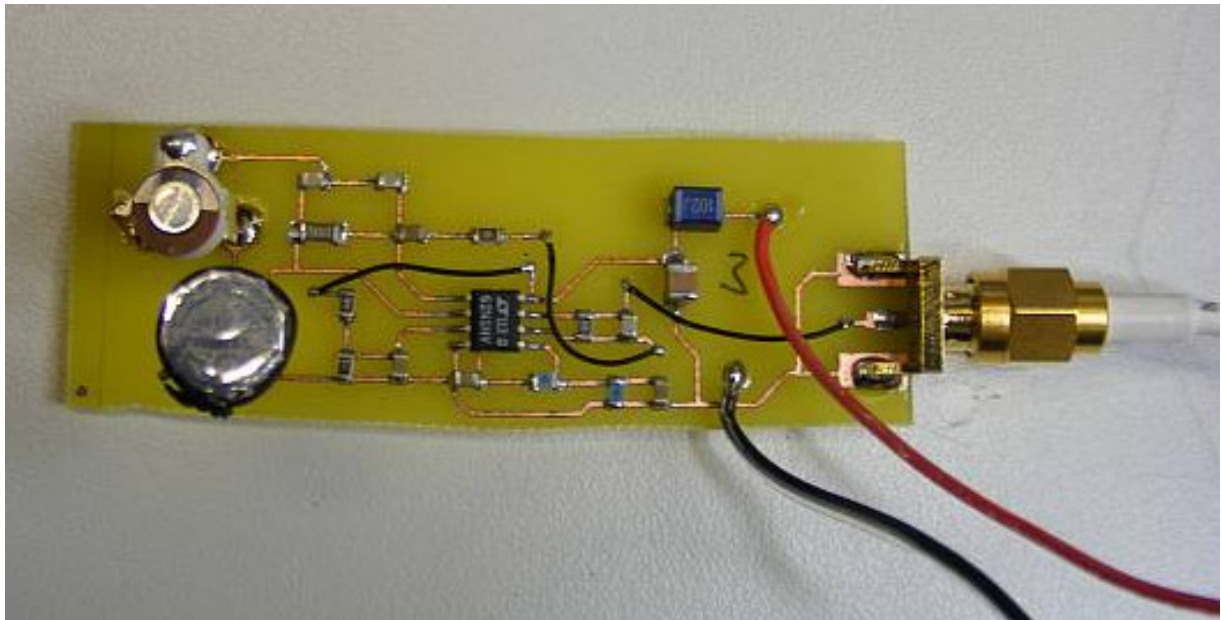


Abb.4 : Messverstärker mit S1223 Alpha-Beta-Gamma-Detektor

Im Betrieb zeigte die S1223 sehr niedrige Rauschwerte (ca. 13mV rms), etwas besser als die BPW34. Auch die Bandbreite ist mit ca. 33. MHz etwas breitbandiger als bei der BPW34. Eine Messung mit dem Thorium-haltigen Glühstrumpf ergab die gewohnten Impulshöhen bis ca. 1.6V, wie bei der BPW34.

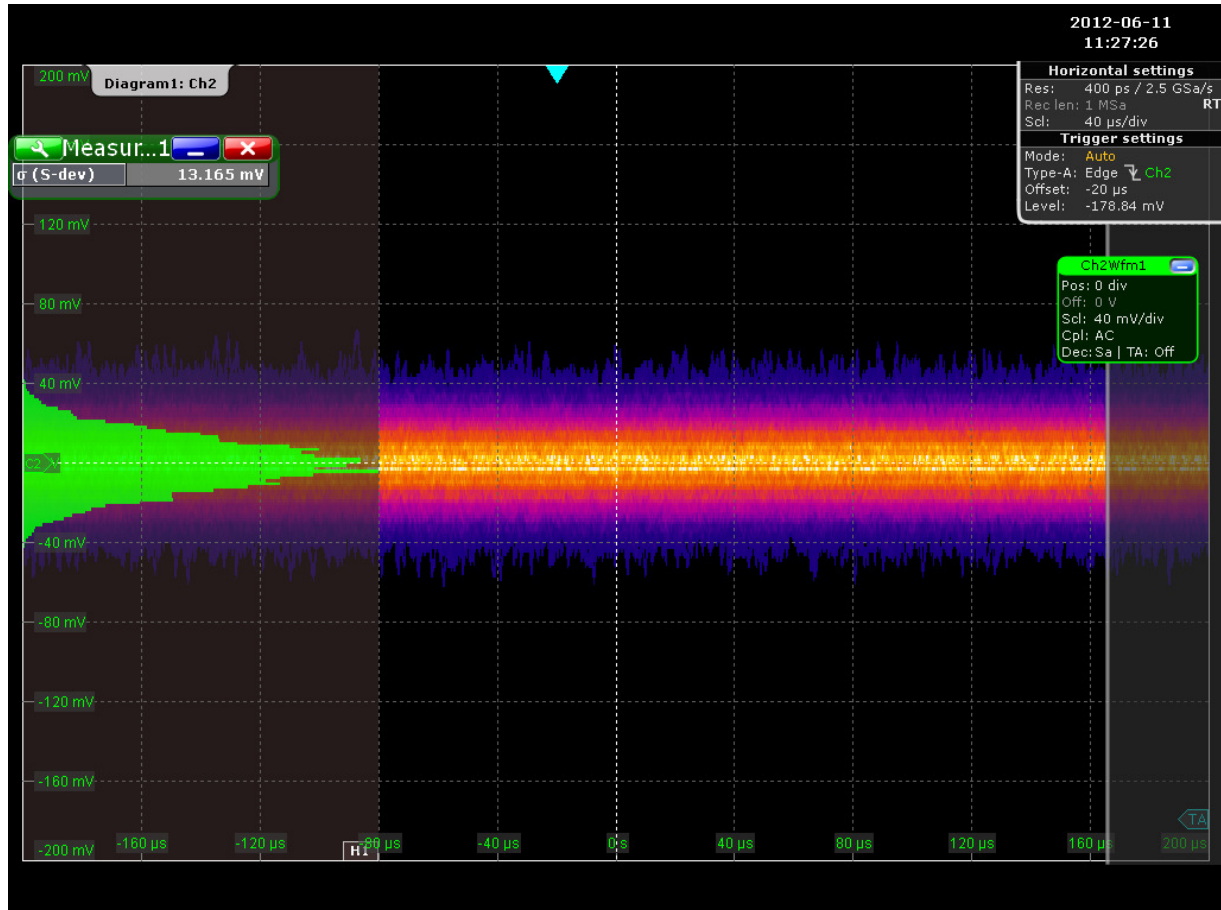
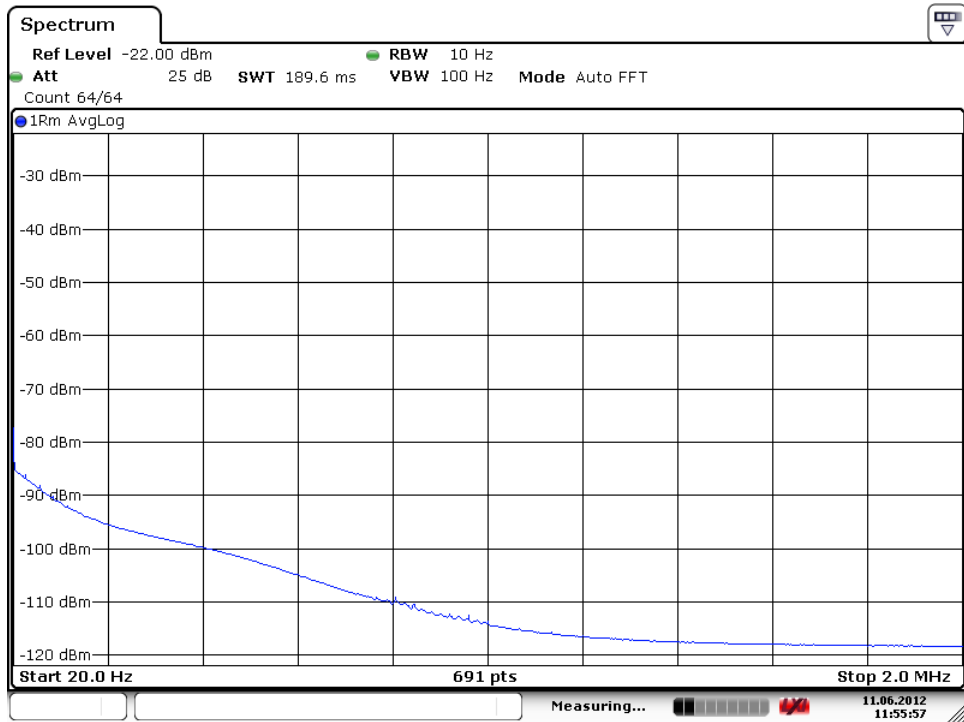
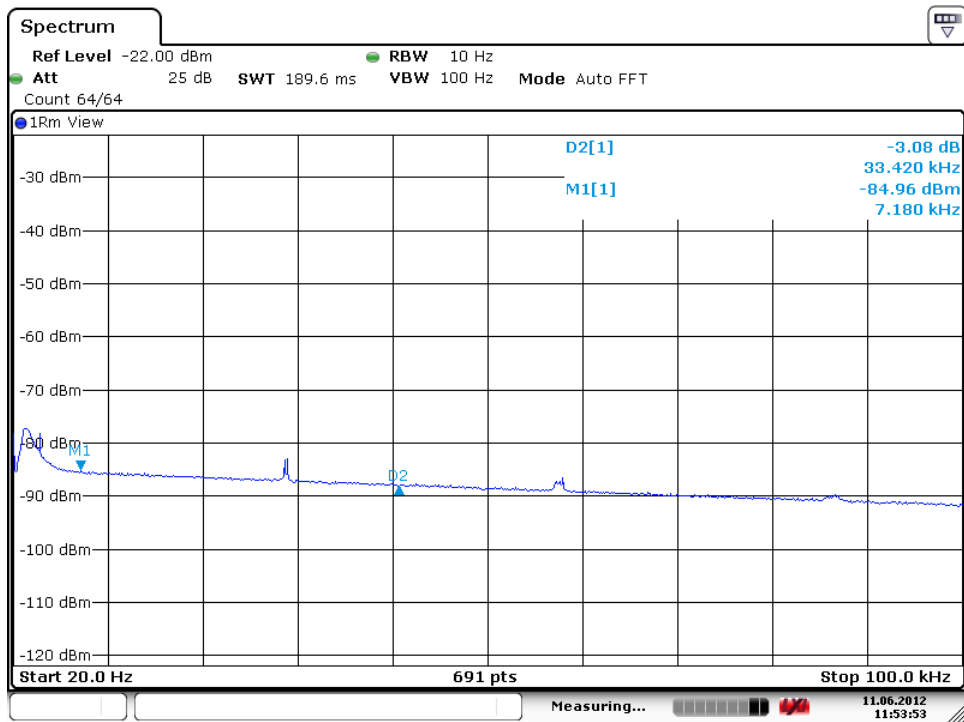


Abb. 5: Rauschen der S1223 ohne Signal (40mV/div, gemessen: 13.165mV rms)



Date: 11.JUN.2012 11:55:58



Date: 11.JUN.2012 11:53:53

Abb. 6a,b: Am Eigenrauschen bestimmte Bandbreite des Messverstärkers mit der S1223 PIN-Diode von Hamamatsu

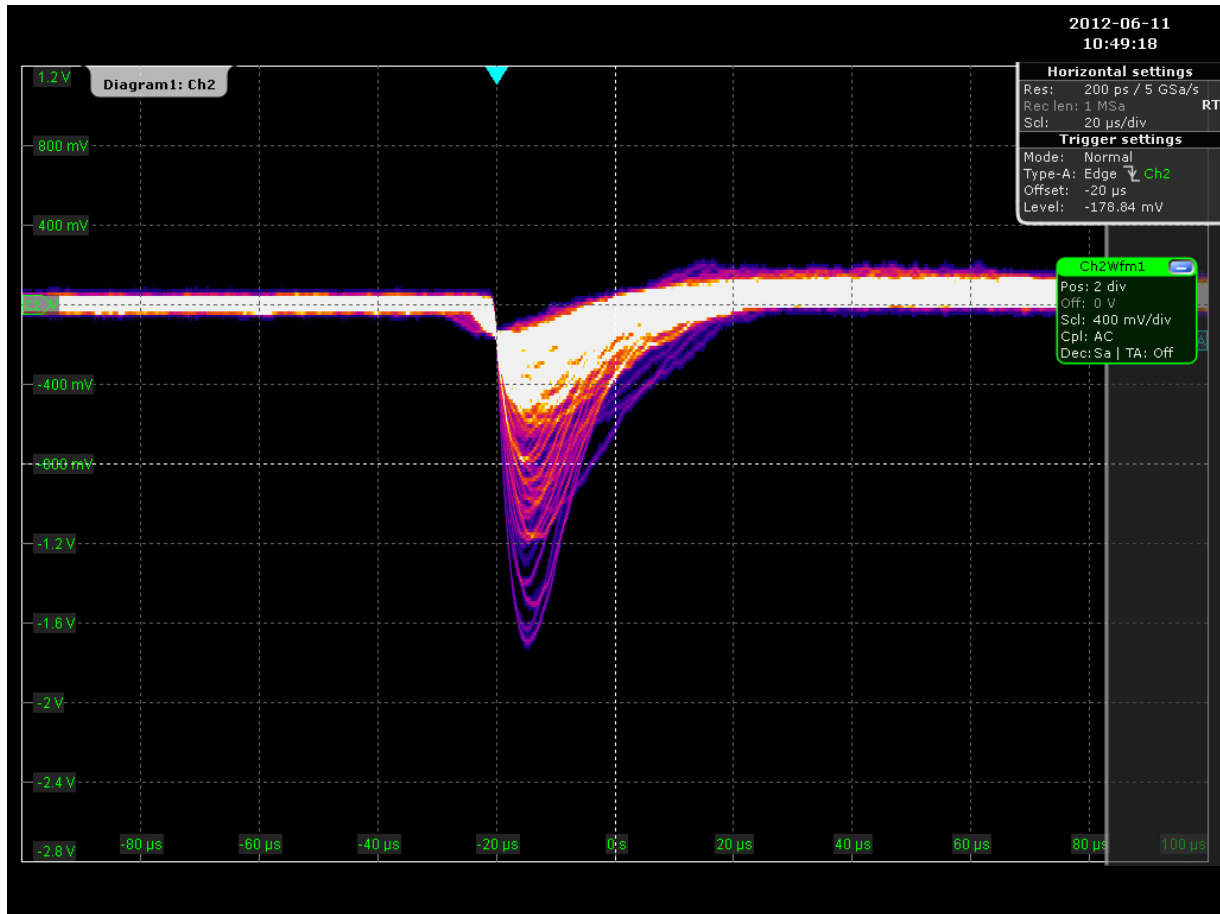


Abb. 7: Beta-/Gamma-Impulse bis ca. 1.6V des Thorium-haltigen Glühstrumpfs am Messverstärker-Ausgang (400mV/div)

Mit der Am241-Quelle zeigte sich dann genau der erwartete und erwünschte Effekt. Deutlich unterscheidbar zu typischen Beta- und Gamma-Impulsen zeigten sich bis ca. 5V starke Impulse mit hoher Rate, die eindeutig von der Alpha-Aktivität herrühren. Eine zusätzliche Alufolie lässt dann die starken Impulse fast ganz verstummen. Damit ist bewiesen, dass der so hergestellte S1223-Detektor zusätzlich zur Beta- und Gamma Sensitivität auch noch sehr gut Alpha-empfindlich und damit noch universeller einsetzbar ist als die BPW34. Der höhere Preis der S1223 (ca. 13Euro, Stand Juni 2012) und der Herstellungsaufwand erscheint mir für das erweiterte Empfindlichkeitsspektrum durchaus gerechtfertigt zumal auch ein Alpha-empfindliches Geiger-Müller Zählrohr ebenfalls deutlich teurer ist, als ein nur Beta- und Gamma-empfindliches Zählrohr. Ein Vorteil kommt noch dazu: Man kann bereits elektrisch (durch Verändern der Komparatorschwelle) zwischen Alpha- und Beta-/Gamma-Impulsen unterscheiden. Dennoch empfiehlt sich noch ein abnehmbares Kupferblechfenster vorzusehen, welches das Alufolienfenster des Detektors zusätzlich schützt wenn man gerade nicht Alpha-empfindlich sein will.

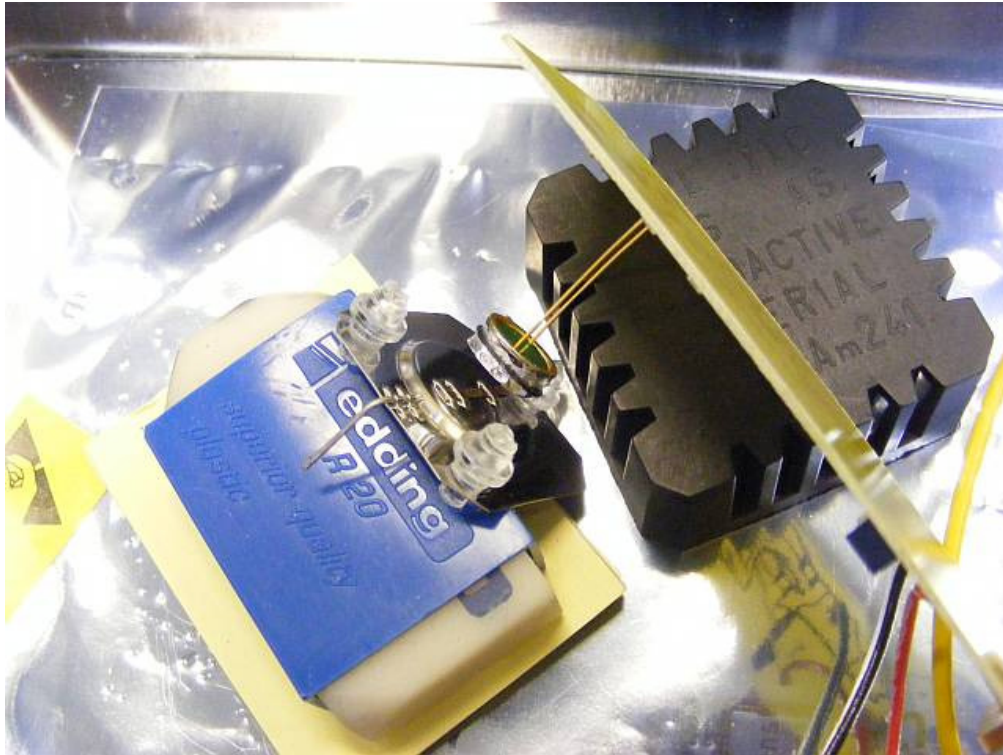


Abb. 8: Messanordnung für die Am241 Rauchmelder Alphaquelle

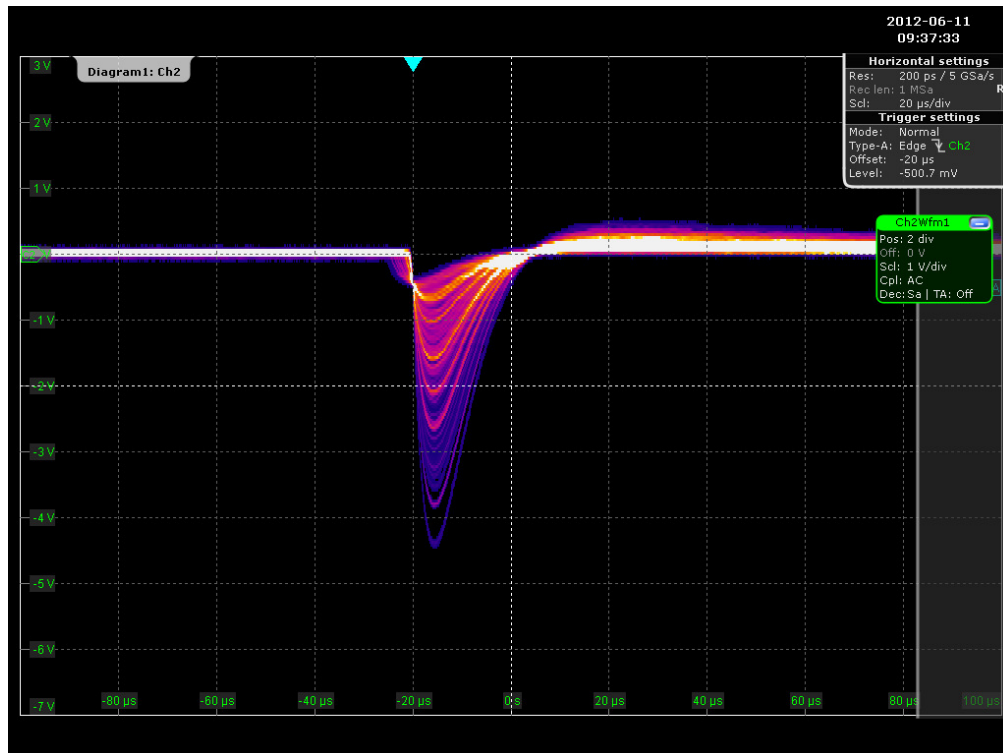


Abb. 9: Alpha-Impulse bis ca. 5V der Am241 Rauchmelder Alphaquelle (2V/div)

Ein etwas anderes Ergebnis erhält man, wenn man den Alpha-empfindlichen Detektor auf die Oberfläche eines uranhaltigen Granitsteins aus dem Schwarzwald aufsetzt. Hier scheint die Alphaenergie deutlich höher zu sein und die Aktivität aber geringer. Man kann nun wie mit der BPW34 die Beta-/Gamma-Impulse sehen, die etwa bis -1.6V gehen (AC-Kopplung) während nun zusätzlich starke Alpha-Impulse auftreten, die teilweise den Messverstärker bei -6V wiederum in die Sättigung bringen.

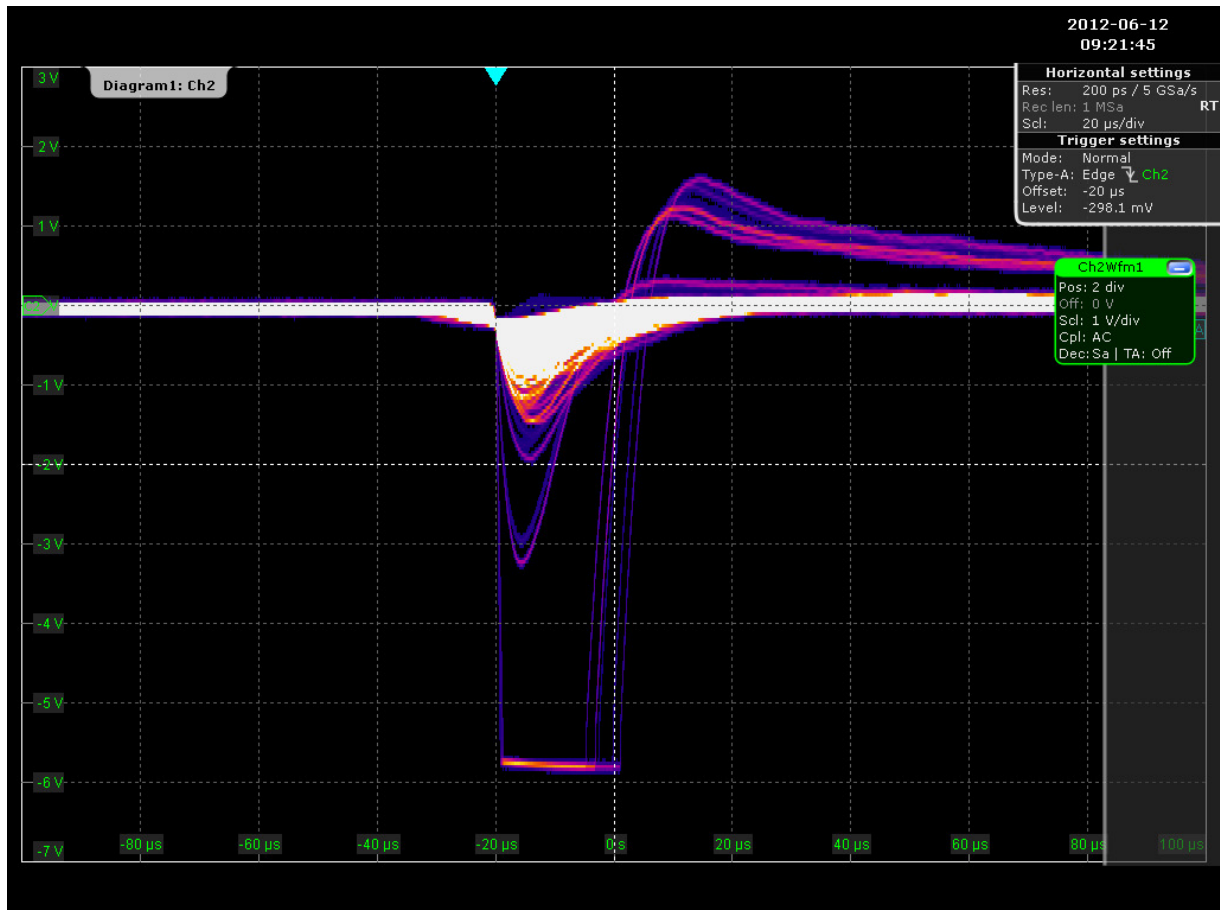


Abb. 10: Gemischte Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung an einem Granitstein aus dem Schwarzwald

Erzeugt man nun ein Histogramm der Impulshöhen im Bereich der Alphastrahlung, dann erkennt man dass es Impulshöhen gibt, die häufiger auftreten als andere, teilweise bilden sich „Löcher“ deren Energie nicht auftritt. Daran kann man nun erkennen, dass sich die Energie der Alphastrahlung relativ direkt in die Impulshöhe abbildet und im Prinzip auch als Energie-Spektrum, das für die vorhandenen strahlenden Isotope charakteristisch ist, angesehen werden kann.

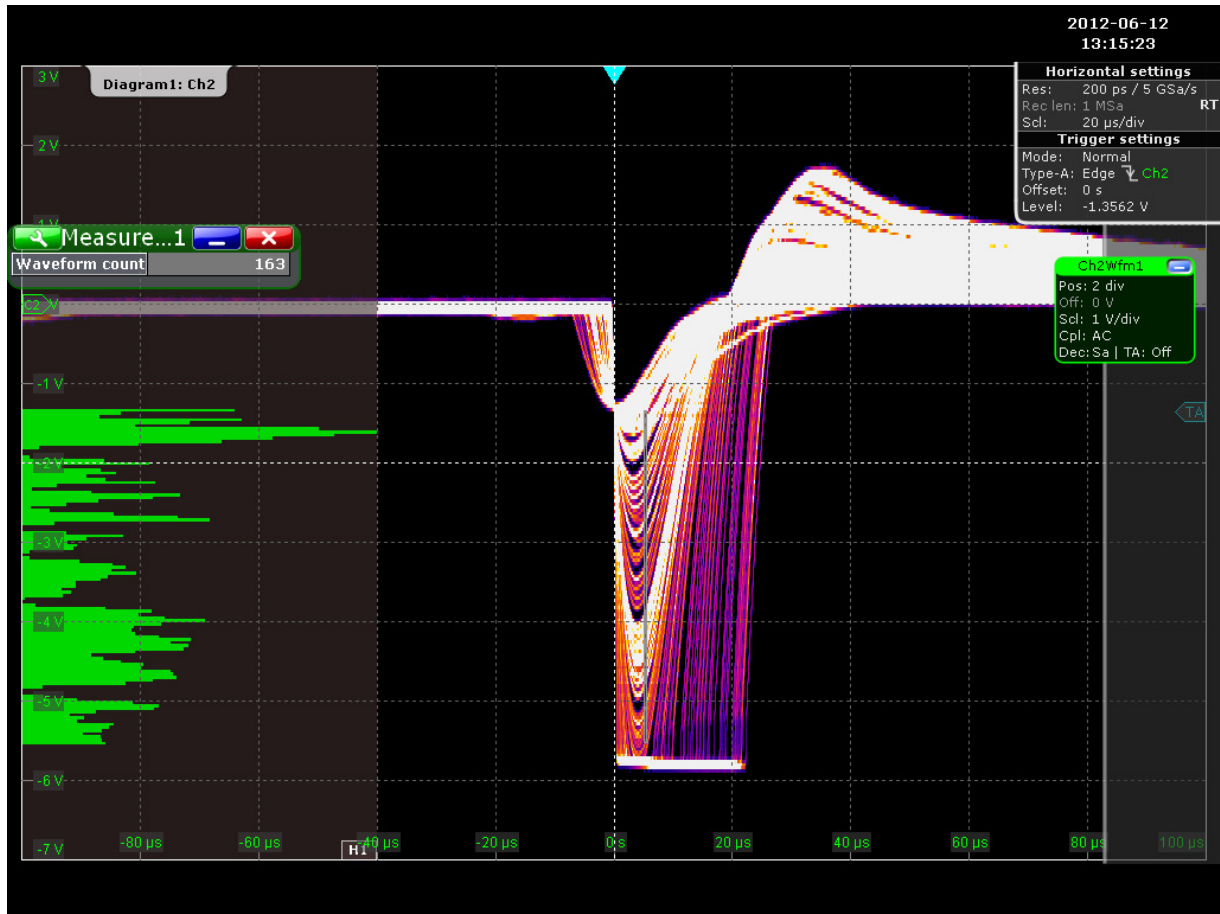


Abb. 11: Charakteristische Energieverteilung im Histogramm für die Alphastrahlung des Granitssteins aus dem Schwarzwald