

Zelf een simpele ionisatiekamer bouwen

Simpele ionisatiekamer

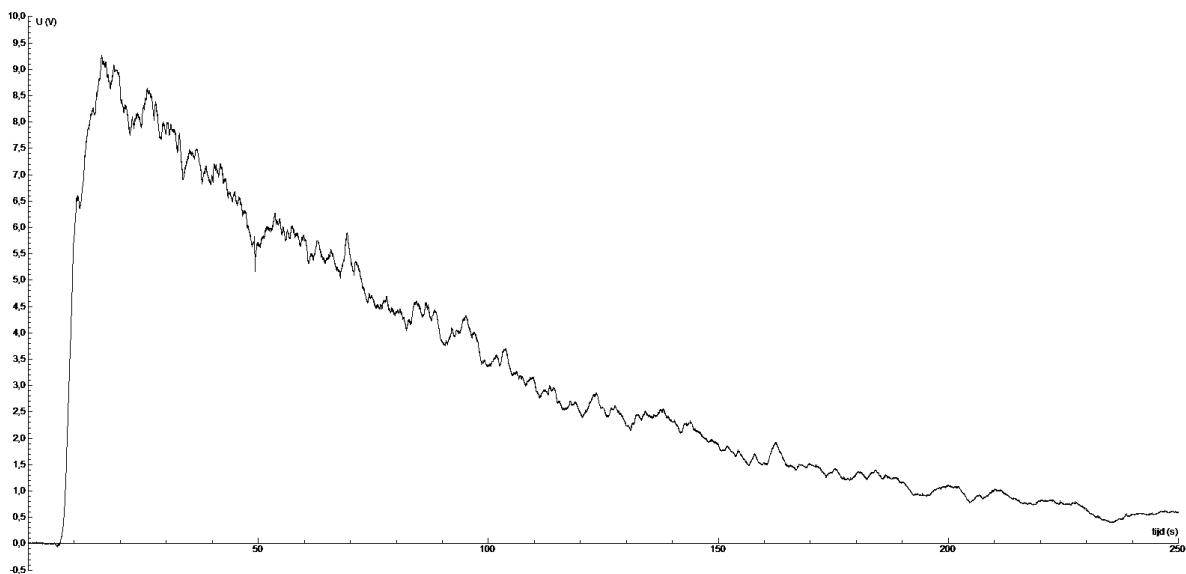
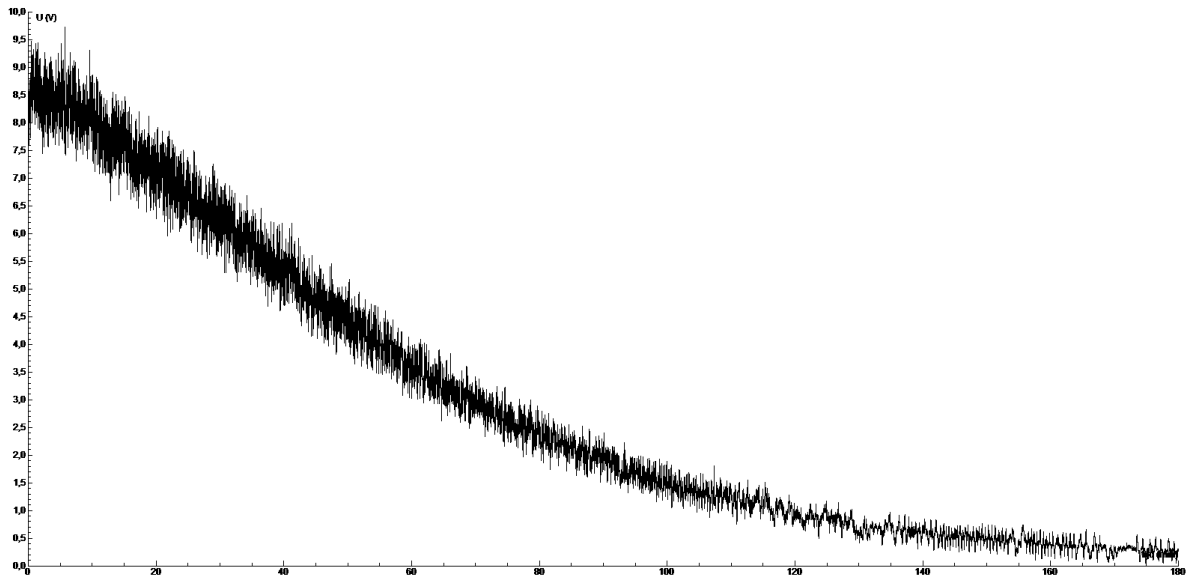
Een ionisatiekamer is een detector voor ioniserende straling, zoals alfa-, bèta- en gammastraling. Ten gevolge van ionisaties wordt de lucht in de kamer geleidend, hetgeen gemakkelijk meetbaar is. Het is mogelijk om zelf een simpele ionisatiekamer te bouwen. De onderstaande foto's tonen zo'n zelfgemaakte ionisatiekamer. Hij bestaat uit twee verblikken (zonder dun plastic laagje aan de binnenkant) die bij elkaar gehouden worden door breed plakband. In de rechter foto is het radioactieve gas thoron (radon-220) in de ionisatiekamer gespoten en is de door de multimeter gemeten spanning een maat voor de activiteit.



De ionisatiekamer kan voor radioactieve vaste stoffen gebruikt worden als ook voor radioactieve gassen. In het eerste geval kun je denken aan een stukje uraniet of thorianiet, een (ouderwets) gloeikousje dat thorium bevat of een doekje waarmee radon-222-vervalprodukten van een draad, die eerder negatief geladen was (min 20 kV), zijn afgeveegd. In het tweede geval moet je denken aan thorongas. Zie de onderstaande foto's. In de linker foto wordt thorianiet in de ionisatiekamer gebracht. In de middelste en rechter foto is de deksel, die de ionisatiekamer afsluit, voorzien van twee slangetjes om thoron in de ionisatiekamer te spuiten. Hierbij is gebruik gemaakt van doorvoertules. Overigens kun je met een stappenboor gemakkelijk gaatjes in blik boren.

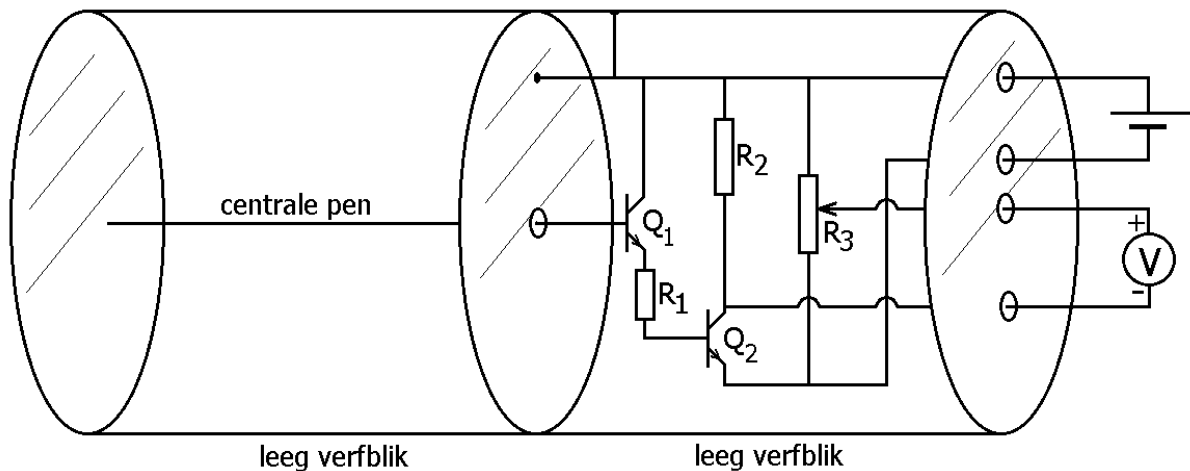


In de onderstaande diagrammen zijn de vervalcurves getoond van vervalprodukten van radon-222 (bovenste diagram) en van het gas thoron (onderste diagram). Deze diagrammen zijn met de zelfgemaakte ionisatiekamer verkregen. De vervalprodukten van radon-222 hebben een effectieve halveringstijd van ongeveer drie kwartier en de halveringstijd van thoron is 56 seconde.



Schematische weergave van de ionisatiekamer

In de volgende figuur is de opbouw van de zelfgemaakte ionisatiekamer schematisch afgebeeld. De openingen van de verfblikken zitten aan de linkerkant. Het linker blik is afgesloten door zijn (metalen) deksel en vormt de eigenlijke ionisatiekamer. Hierin bevindt zich de centrale pen die als kathode dient. Het linker verfblik zelf is de anode. Het rechter verfblik dient ervoor om de elektronica af te screenen tegen elektrische velden van buitenaf. Bij de zelfgemaakte ionisatiekamer is het verfblik met de elektronica kleiner dan het andere blik.



Op het rechter verblik bevinden zich aansluitingen voor de voeding en voor de voltmeter. Bovendien is op dit verblik een regelknop gemonteerd (zie de bovenstaande linker foto) die hoort bij potmeter R_3 in het schakelschema.

De schakeling

Tussen de centrale pen en het verblik staat een spanning. De ioniserende straling zorgt ervoor dat de lucht een beetje geleidend wordt en dat er een kleine ionisatiestroom tussen de pen en het verblik gaat lopen. De taak van de elektronica is om de (extreem kleine) ionisatiestroom om te zetten in een af te lezen spanning. Dat wordt als volgt gedaan. Allereerst wordt de ionisatiestroom versterkt door de twee darlingtontransistors Q_1 en Q_2 . Weerstand R_1 beschermt deze transistors in het geval de pen per ongeluk contact maakt met het verblik. De collectorstroom van Q_2 loopt vervolgens door weerstand R_2 . De spanning over R_2 hangt dus sterk af van de hoeveelheid straling.

Helaas lopen er lekstromen door Q_1 en Q_2 , ook zonder straling. Daardoor staat er sowieso een (kleine) spanning over R_2 . De ioniserende straling laat deze spanning natuurlijk toenemen. Voor de gebruiker is alleen de toename van de spanning interessant. Daarom wordt gebruik gemaakt van potentiometer R_3 waarmee de voltmeter op nul geregeld wordt aan het begin van een stralingsmeting.

Dimensionering van de schakeling

De volgende componenten leveren een goed werkende schakeling.

Q_1 en Q_2 : BC 517 (nnp-darlingtontransistors)

$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$

$R_2 =$ weerstand die snel op de printplaat verwisseld kan worden met behulp van twee printpinnetjes. Standaard $1 \text{ k}\Omega$ maar hij kan bijv. ook $4,7 \text{ k}\Omega$ zijn.

$R_3 =$ potentiometer van $10 \text{ k}\Omega$ (gemonteerd op het tweede, kleinere verblik)

De gevoeligheid van de ionisatiekamer voor straling kan geregeld worden door de waarde van R_2 goed te kiezen. Hoe groter R_2 is, des te gevoeliger de ionisatiekamer voor straling is. Nadeel is dan wel dat de maximum spanning bij minder straling bereikt wordt. Neem het volgende getallenvoorbeeld. Stel dat de ionisatiestroom 5 pA bedraagt en de stroomversterking van elke darlingtontransistor $3 \cdot 10^4$ is. De totale versterkingsfactor is dan $9 \cdot 10^8$. De collectorstroom van Q_2 is dan $45 \cdot 10^{-4} \text{ A}$. Deze stroom veroorzaakt een spanning over R_2 ($1 \text{ k}\Omega$) van $4,5 \text{ V}$.

Praktische aspecten van de schakeling

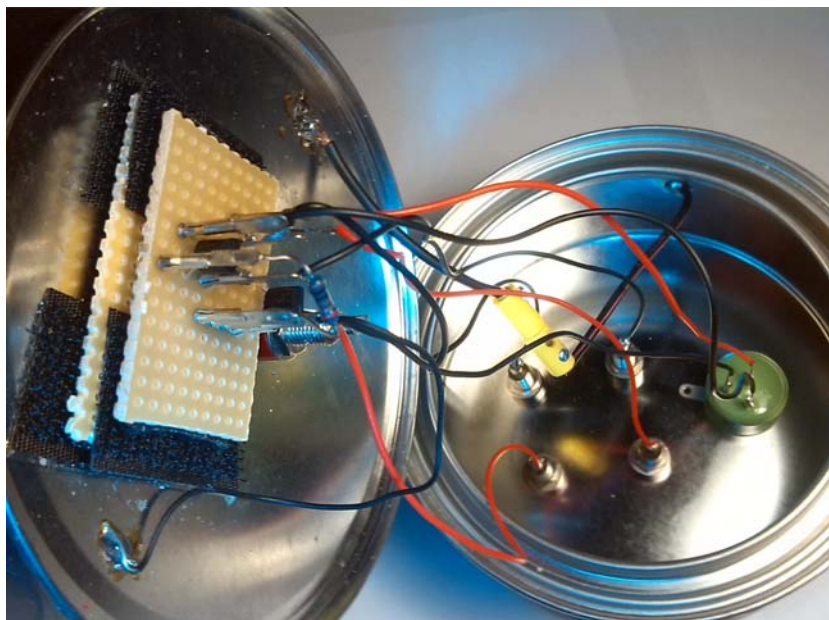
Tijdens een verandering van de voedingsspanning veranderen de collectorstromen van Q_1 en van Q_2 erg sterk. Dit kan verklaard worden uit het feit dat het grote verblik en de centrale pen samen een condensator vormen die opgeladen of juist ontladen moet worden. Bij een toename van de voedingsspanning neemt de stroom sterk toe en bij een afname neemt deze sterk af of wordt zelfs een bepaalde tijd nul. Na enige tijd stabiliseert de stroom zich en kan de voltmeter op nul ingesteld worden met de potentiometer.

De lekstroom bij de pnp-transistor BC 516 blijkt veel groter te zijn dan bij de npn-transistor BC 517. Dat is de reden waarom voor de BC517 gekozen is en waarom de centrale pen kathode in plaats van anode is. In de gebruikte schakeling blijkt de lekstroom ongeveer evenredig met de voedingsspanning te zijn zolang deze laatste onder de 18 V blijft. Boven 18 V neemt de lekstroom snel toe. De lekstroom is hierbij bepaald door de spanning over R_2 te meten in afwezigheid van een radioactieve bron. De spanning over R_2 kun je meten door de schuif van de potentiometer geheel bovenin te plaatsen (in het schakelschema). In de praktijk blijkt de ionisatiekamer goed te werken bij een volt of 12.

Tijdens een meting die langer duurt, zoals het registreren van de vervalcurve van radonochters, moet de temperatuur zoveel mogelijk gelijk gehouden worden. Een toename van de temperatuur leidt namelijk tot een toename van de gemeten spanning omdat de lekstromen in de transistors dan toenemen.

De verbussen zijn gemakkelijk los te koppelen

Op de foto hiernaast is links het grote verblik en rechts het kleine verblik te zien. Op het printplaatje zitten de twee transistors Q_1 en Q_2 en de weerstanden R_1 en R_2 . Potmeter R_3 is op de bodem van het kleine blik gemonteerd. Op de printplaat zitten ook 10 printpinnetjes. Deze maken het mogelijk om het kleine verblik gemakkelijk los te koppelen van het grote verblik.

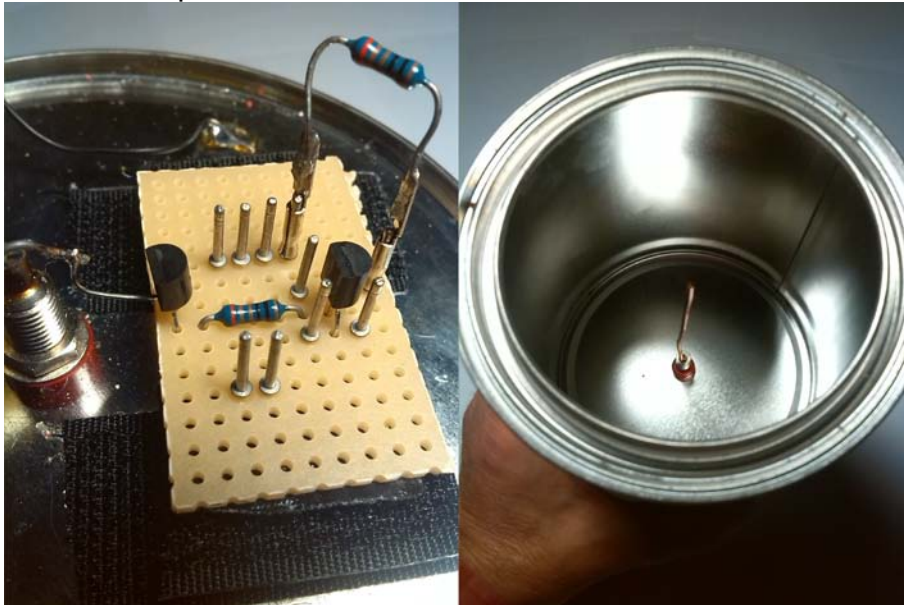


Zoals op de foto te zien is, zijn beide verblikken nog via een aparte draad (de dikke zwarte draad) met elkaar verbonden. Beide blikken zitten natuurlijk tegen elkaar aan maar vet- en oxidelaagjes kunnen een goede verbinding verhinderen.

De afstand tussen het printplaatje en het grote blik mag niet te klein zijn om capacatieve effecten zoveel mogelijk te vermijden. Daarom is tussen het printplaatje en het grote verblik een extra onbedrukt printplaatje (zonder koperlaagjes) aangebracht. Een extra voordeel van het tussengelegen printplaatje is dat de kans op kortsluiting wordt verkleind.

Printplaatje in detail

In de onderstaande linker foto is het printplaatje in detail afgebeeld. De basis van Q_1 is direct op de centrale pen gesoldeerd om capaciteiten zoveel mogelijk te vermijden. De centrale pen is in de rechter foto zichtbaar.



De volgende figuur toont de lay-out van de printplaat.

