

Werking Van de Graaff-generator

Tribo-elektrisch effect

De Van der Graaff generator maakt onder andere gebruik van het tribo-elektrisch effect. Als twee materialen tegen elkaar gewreven worden, springen er vaak elektronen over van het ene naar het andere materiaal. Na het wrijven is het ene materiaal dan positief geworden en het andere negatief. Materialen kunnen gerangschikt worden voor hun gedrag bij contact met elkaar. Je krijgt dan een tribo-elektrische reeks. Zie bijvoorbeeld de reeks hieronder.

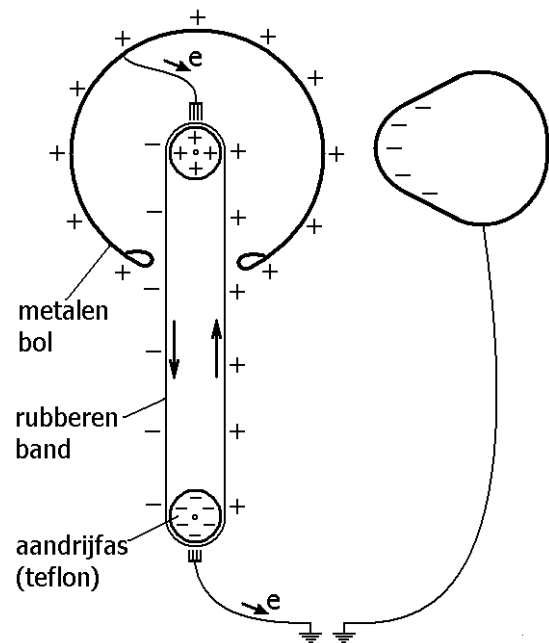
+	-
droge mensenhuid	
leer	
konijnenvel	
glas	
mica	
mensenhaar	
nylon	
wol	
kattenvel	
zijde	
aluminium	
papier	
katoen	
ijzer	
hout	
hard rubber	
nikkel, koper	
zilver, brons	
kunstzijde	
polyester	
cellulose	
polyethyleen	
PVC (vinyl)	
siliconenrubber	
teflon	

Als je twee stoffen uit de reeks met elkaar in contact brengt, zal de linker stof uit de reeks positief geladen worden en de rechter stof negatief geladen. Hoe verder de stoffen in de reeks uit elkaar liggen, des te sterker de ladingsoverdracht is. Bijvoorbeeld kun je de stof teflon (een soort plastic) sterk negatief opladen door er met een konijnenvel over te wrijven.

Opbouw van de Van der Graaff generator

Een rubberen band is om twee assen gespannen. De onderste as is bijvoorbeeld gemaakt van teflon en de bovenste as van glas of aluminium. De onderste as wordt aangedreven met een elektromotor. De onderste as laat de rubberen band draaien die op zijn beurt de bovenste as weer laat draaien.

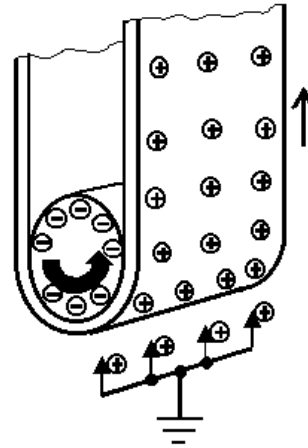
De bovenste as is omgeven door een metalen bol. Een stroomdraad, bestaande uit veel kleine adertjes, verbindt de metalen bol met de bovenzijde van de band. Bij de band steken de adertjes uit de draad maar maken net geen contact met de band. Vanwege de scherpe puntjes van de adertjes en de kleine afstand tot de band is de elektrische veldsterkte bij de adertjes zo groot, dat corona-ontlading mogelijk is. De lucht bij de uiteinden van de adertjes wordt dan geleidend.



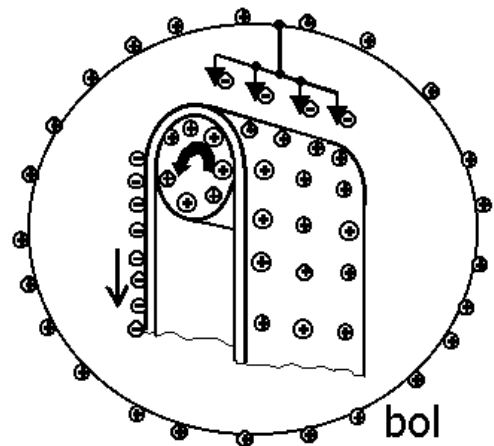
Een andere stroomdraad, ook bestaande uit veel adertjes, verbindt de onderzijde van de band met aarde. Net als hiervoor raken de adertjes de band net niet, en kan ook hier corona-ontlading plaats vinden.

Werking van de Van der Graaf generator

Door wrijving tussen het teflon (de onderste as) en de band wordt het teflon sterk negatief geladen. Zie de figuur hiernaast. Ten gevolge van deze negatieve lading vormt zich positieve lading op de adertjes. Vervolgens beweegt positieve sproeilading van de adertjes naar de buitenkant van de band. Omdat de band van isolerend materiaal gemaakt is, blijft deze lading op de buitenkant van de band zitten. Samen met de band beweegt de positieve lading naar boven.



Door wrijving tussen het glas (de bovenste as) en de band wordt het glas positief geladen. Zie de figuur hiernaast. Ten gevolge van deze positieve lading worden de adertjes negatief geladen. Vervolgens beweegt negatieve sproeilading van de adertjes naar de buitenkant van de band. Samen met de band beweegt de negatieve lading naar beneden.



Het slimme van de van der Graaff generator is het gebruik van de metalen bol rond de bovenste as. Volgens de elektrostatica zal vrije lading naar de **BUITENKANT** van de bol verhuizen. De positieve lading die door de band wordt aangevoerd, zal via de stroomdraad naar de buitenzijde van de bol worden afgevoerd en is dan niet meer “voelbaar” binnen de bol. Daardoor wordt het niet steeds moeilijker om bij oplopende spanning nog extra lading toe te voegen aan de metalen bol.

Maximum spanning van de metalen bol (ten opzichte van aarde)

De maximaal haalbare spanning U_{\max} van de metalen bol ten opzichte van aarde is evenredig met zijn straal R_{bol} . De volgende vuistregel geldt namelijk.

$$U_{\max} = 30 \text{ kV/cm} \times R_{\text{bol}} \text{ (in centimeter).}$$

Stel bijvoorbeeld dat de bol een diameter heeft van 30 cm.

Voor de maximale spanning geldt dan $U_{\max} = 30 \text{ kV/cm} \times 15 \text{ cm} = 450 \text{ kV}$.

De bovenstaande vuistregel is makkelijk af te leiden, zoals hieronder gedaan wordt.

Voor de potentiaal rond een geladen bol geldt: $U = U_{\text{bol}} \times (R_{\text{bol}} / r)$.

Voor de elektrische veldsterkte rond de bol geldt: $E = U_{\text{bol}} \times (R_{\text{bol}} / r^2)$.

De elektrische veldsterkte is het grootst bij het boloppervlak. Bij een veldsterkte van ongeveer 30 kV/cm treedt er corona ontlading in de lucht plaats. Invullen in de laatste formule geeft dan: $30 \text{ kV/cm} = U_{\text{bol}} \times (R_{\text{bol}} / R_{\text{bol}}^2)$. Dit geeft de bovenstaande vuistregel.

Practische tip

Als de van de Graaff generator niet goed werkt, kun je de onderdelen schoonmaken (stofvrij maken) met alcohol. De vochtigheid kun je tegengaan met een föhn.