

Snelheid van het geluid

Hydrofoon

Om het geluid te kunnen registreren hebben we een geluidssensor nodig. Deze is liefst ook bestand tegen water, aangezien we graag de geluidssnelheid doorheen water willen meten. We hebben dus nood aan een waterdichte microfoon, ook wel hydrofoon genoemd.

Na wat opzoekwerk kwamen we er al snel achter dat een hydrofoon zeer duur is, en niet binnen het budget past. Aangezien we niet de meest kwaliteitsvolle hydrofoon nodig hebben, hebben we besloten om zelf een hydrofoon te maken.

Piëzo-elektrisch effect

Sommige materialen bezitten een bijzondere eigenschap, namelijk dat ze mechanische spanning omzetten in een elektrische spanning en omgekeerd. Dit lijkt wel magie, maar eigenlijk is dit zeer makkelijk te verklaren.

Moleculestructuur

Kwarts heeft als chemische formule SiO_2 . Een kwartsmolecule bestaat dus uit 1 silicium atoom en 2 zuurstof atomen. We gaan na welke binding deze atomen vormen.

$$EN(\text{Si}) = 1,9$$

$$EN(\text{O}) = 3,44$$

$$\Delta EN = 3,44 - 1,9 = 1,54$$

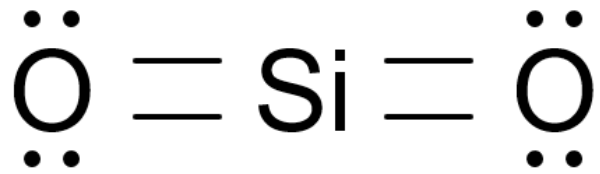
Aangezien ΔEN zich tussen 0,4 en 1,66 bevinden, kunnen we al zeker zeggen dat er een covalente binding zal gevormd worden.

Aangezien zuurstof een grotere elektronegatieve waarde geeft dan silicium, zal deze de gebonden elektronenparen meer naar zich toe trekken. Hierdoor krijgt het zuurstofatoom een gedeeltelijk negatieve lading en het siliciumatoom een gedeeltelijk positieve lading.

Echter zijn we nog niet zeker of dit een polaire of apolaire binding is.

Geometrie van het molecuul

Om dit te bepalen, moeten we kijken naar de geometrie van de molecule. Dit kunnen we bepalen aan de hand van het sterisch getal, dat we kunnen bepalen uit de Lewisstructuur. De Lewisstructuur voor siliciumdioxide ziet er als volgt uit.



FIGUUR 0:1 LEWISSTRUCTUUR VAN SiO_2

Het sterisch getal bepalen we door de som te maken van het aantal bindingspartners en het aantal vrije elektronenparen. In deze molecule is het sterisch getal van silicium dus gelijk aan 2, en dat van zuurstof is gelijk aan 3.

Dit sterisch getal bepaalt welke soort hybridisatie deze atomen zullen ondergaan. We zijn niet zozeer geïnteresseerd in het type binding dat zal ontstaan, maar enkel in de geometrische plaats waar deze bindingen zullen plaatsvinden. Hierdoor volstaat het om enkel het sterisch getal van silicium te bepalen. Aangezien het sterisch getal van silicium dus 2 bedraagt, zal het molecuul lineair zijn.

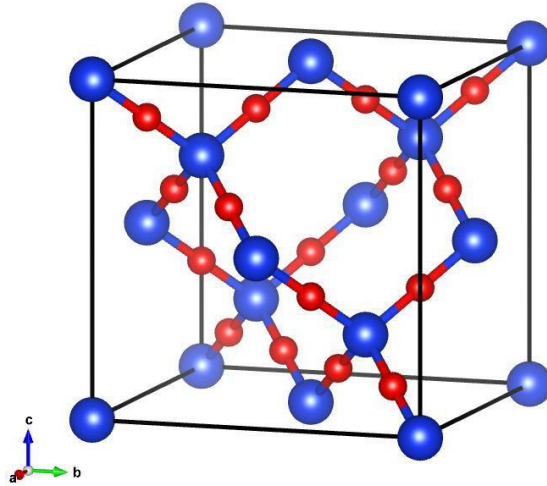
In vorig punt hebben we bepaald dat zuurstof de gebonden elektronenparen meer naar zich toe zal trekken dan silicium. Echter gebeurt dit bij beide zuurstofatomen, die dus lineair gebonden zijn aan het siliciumatoom. Er ontstaat een positieve ladingswolk rond het atoom silicium en er ontstaat een negatieve ladingswolk, waarvan het zwaartepunt door de lineaire structuur samenvalt met het zwaartepunt van de positieve wolk. Daardoor heffen ze elkaar op en is de molecule apolair.

Het piëzo-elektrisch effect valt hiermee dus niet te verklaren. We kunnen het effect echter wel verklaren wanneer we kijken naar hoe meerdere moleculen zich zullen gedragen ten opzichte van elkaar.

Roosterstructuur

Wanneer men meerdere SiO_2 -moleculen samenbrengt, dan zullen deze bindingen met elkaar aangaan en een rooster vormen. Een siliciumatoom zal zich binden met 4 zuurstofatomen en een zuurstofatoom telkens met 2 siliciumatomen.

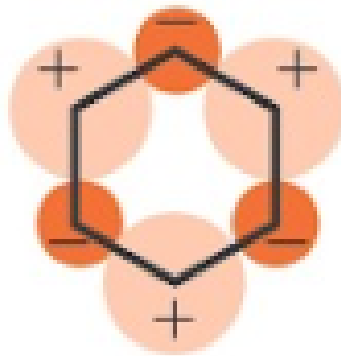
Experimenteel is bepaald dat het rooster van kwarts er als volgt uitziet:



FIGUUR 0:2 ATOOMSTRUCTUUR VAN KWARTS

Spanning

Echter is dit materiaal nog geen piëzomateriaal. Om het effect te verkrijgen, moeten de atomen als volgt georiënteerd liggen in het snijvlak:



FIGUUR 0:3 KWARTS

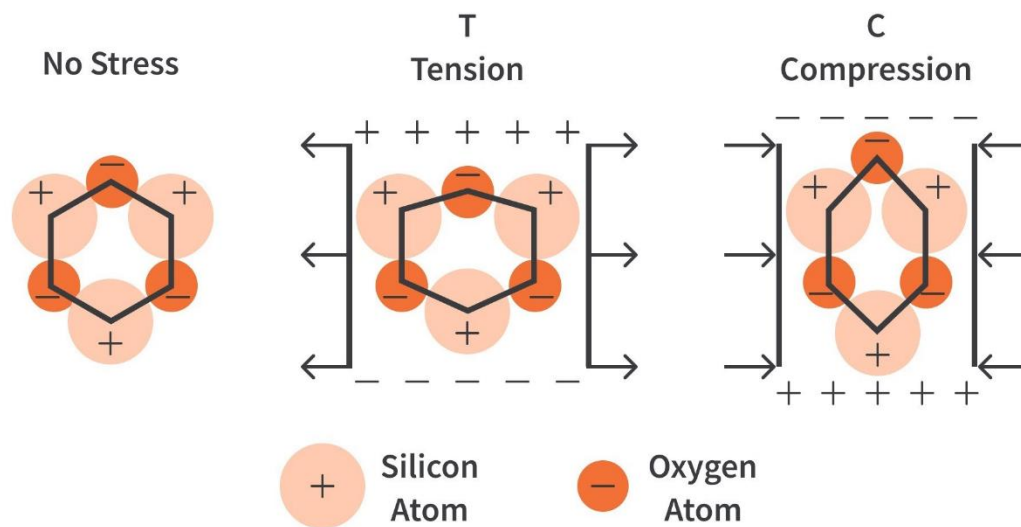
In deze afbeelding stellen de gedeeltelijk negatief geladen atomen de zuurstofatomen voor en de gedeeltelijk positief geladen de siliciumatomen.

We zullen het effect verklaren aan de hand van ladingswolken. We zien dat in deze toestand de zwaartepunten van de ladingswolken wegens de symmetrie op elkaar liggen. In deze situatie is de stof dus nog steeds apolair.

Wanneer we echter een mechanische spanning uitoefenen op dit materiaal, dan zal dit materiaal vervormen (zie figuur 0:4). Als een materiaal vervormt, dan verplaatsen de atomen in dat materiaal zich ook ten opzichte van elkaar. Dit heeft als gevolg dat de ladingswolken ook veranderen. Door het verschuiven van de atomen krijgen we aan de ene kant van de ringstructuur relatief gezien meer positieve lading en aan de andere kant van de ringstructuur relatief gezien meer negatieve lading. De ladingswolken gaan dus wegens de asymmetrie elkaar niet meer opheffen. Daardoor verandert de stof naar een polaire stof.

Dat de zwaartepunten van de ladingswolken niet meer op elkaar liggen, wil zeggen dat er zich meer elektronen aan de ene kant van het materiaal bevinden dan aan de andere kant, waardoor er een

ladingsverschil is tussen beide kanten van het materiaal. Dit ladingsverschil brengt een elektrische spanning met zich mee die over het materiaal staat. Dit is dus het piëzo-elektrisch effect.



FIGUUR 0:4 EFFECT VAN MECHANISCHE SPANNING

Op bovenstaande afbeelding kunnen we ook waarnemen dat de positie van de positieve en negatieve pool van de elektrische spanning afhankelijk zijn van de soort spanning die wordt uitgeoefend op het materiaal. Als we van drukspanning naar trekspanning gaan, dan zal de polariteit van de elektrische spanning dus ook veranderen.

Wanneer we de mechanische spanning vergroten, dan zien we dat het materiaal meer zal vervormen en de zwaartepunten van de ladingswolken verder uit elkaar zullen liggen. Hierdoor zal de elektrische spanning dus ook vergroten. Als we de mechanische spanning echter verlagen, dan liggen de zwaartepunten dichter bij elkaar. Dit zorgt ervoor dat de elektrische spanning kleiner wordt. We kunnen hieruit dus besluiten dat de elektrische spanning recht evenredig is met de mechanische spanning.

Microfoon

Nu we weten wat het piëzo-elektrisch effect is, kunnen we dit gaan toepassen. We weten dat geluid een drukgolf is die zich longitudinaal voortplant. Wanneer een geluidsgolf invalt op een stukje piëzo-materiaal, zal dit een kracht uitoefenen op het materiaal. Hierdoor zal het vervormen, waardoor er dus een elektrische spanning gegenereerd zal worden. Deze spanning kunnen we vervolgens uitlezen met een microcontroller.

Aangezien de drukgolf de kracht veroorzaakt, die vervolgens wordt omgezet in spanning, zal de amplitude van deze spanning recht evenredig zijn met deze van de geluidsgolf. Dit is de principiële werking van een microfoon.

Wanneer we dit echter zouden uittesten, dan horen we dat er veel ruis op het signaal zal zitten. Deze ruis komt door invallende straling van de omgeving. Deze straling is afkomstig van andere apparaten, zoals bijvoorbeeld een gsm, een microgolfoven, het elektriciteitsnet ...

Deze moeten we dus wegwerken, en dit kan aan de hand van een elektrische schakeling. Dit wordt in een later hoofdstuk behandeld.

Bibliografie

Anita Bongaerts, I. D. (2022). *Waco chemie 4 Leerboek doorstroomfinaliteit 1u + 2u*. Plantyn.

Mould, S. (2019, Mei 16). *Piezoelectricity - why hitting crystals makes electricity*. Opgehaald van Youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=wcJXA8lqYI8>