

# Magnetron

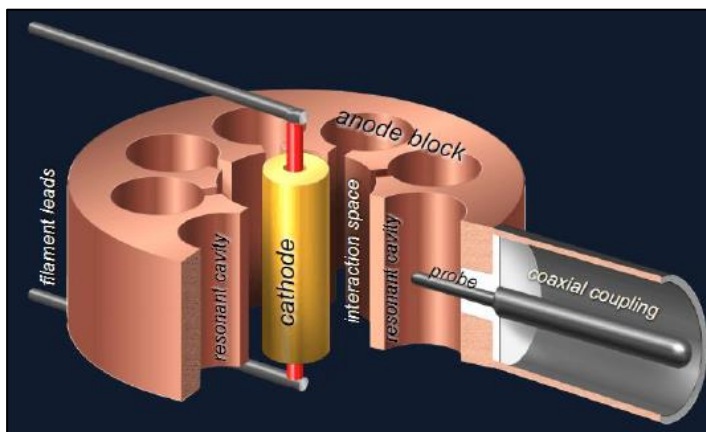
Jorien Berendsen, Willemijn Luiten, Vincent Repko en Teun Schurink  
Begeleider: Jeroen Grijsen  
Universiteit Twente, Enschede

De meeste mensen hebben in huis wel een magnetron staan om snel de restjes van gisteren op te warmen. Maar hoe werkt dit apparaat nu eigenlijk en waarom maakt het zo snel ons eten warm?

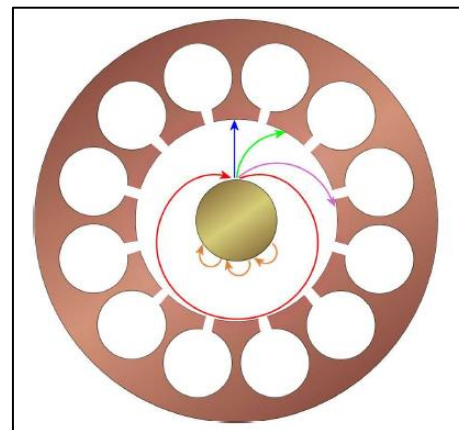
## De bouw van een magnetron

De belangrijkste onderdelen van een magnetron zijn de magnetronbuis, een golfgeleider en de oven. In de magnetronbuis worden microgolven opgewekt: elektromagnetische straling met een frequentie van 2,45 GHz. Deze golven worden vervolgens door de golfgeleider naar de oven geleid. Deze oven is een kamer waarin de elektromagnetische straling een patroon van staande golven maakt.

**Magnetronbuis** – De magnetronbuis bestaat uit een kathode en een anode, zoals weergegeven in figuur 1. De kathode is negatief ten opzichte van de anode, wat ervoor zorgt dat er een elektrisch veld radiaal van de kathode naar de anode toe loopt, zoals de blauwe lijn in figuur 2. De ruimte tussen de kathode en de anode is vacuüm. Elektronen worden vrijgemaakt bij de kathode en vertrekken naar de anode.



Figuur 1 – Schematische weergave van een magnetronbuis (Radartutorial, 2017).



Figuur 2 – Elektrisch veld bij verschillende sterkte van het magnetisch veld (Radartutorial, 2017).

Over de kathode staat een magnetisch veld, dat de pagina in wijst als we figuur 2 als referentie nemen. Het magnetisch veld zorgt ervoor dat de vrije elektronen worden afgebogen, zoals te zien is aan de groene, paarse en rode pijlen in figuur 2. De groene pijl geeft de baan van een elektron met het zwakste magnetisch veld weer.

De elektronen resoneren vervolgens in de holtes, waardoor in deze holtes elektromagnetische microgolven worden opgewekt. Een soort antenne brengt vervolgens deze golven over naar de golfgeleider, die de golven in de oven leidt. De oven is een kamer waar de straling niet uit kan, het is dus een kooi van Faraday. Licht kan hier wel gewoon doorheen. Dit komt doordat

de golflengte van licht (400-700 nm) veel korter is dan de golflengte van deze microgolven (12 cm).

Het EM-veld in de oven is te zien in het volgende filmpje: [EM-veld Magnetron](#).

### **Eten opwarmen**

Maar hoe wordt dan het eten warm? De oven zelf wordt namelijk nauwelijks warm. Veel mensen denken dat dit komt doordat de frequentie van de microgolven de resonantiefrequentie is van water. Dit is niet het geval: de resonantiefrequentie van water is veel groter dan de frequentie van de microgolven. Water heeft een dipoolmoment: het watermolecuul is aan de ene kant positiever geladen dan aan de andere kant. Door het steeds omslaande elektrisch veld roteren de moleculen, deze moleculen stoten weer andere moleculen aan en zetten die hiermee in beweging. Hoe harder moleculen bewegen in het eten, hoe hoger de temperatuur van het eten.

In ijs hebben de moleculen minder mogelijkheden om te bewegen. Daardoor warmt ijs minder goed op dan water. Hoe groter het dipoolmoment, hoe meer energie er gepaard gaat met de rotatie van de moleculen. De warmtecapaciteit van de verschillende moleculen bepaalt uiteindelijk welke temperatuur je eten heeft.

**Magnetron vs 'gewone' oven** – Waarom warmt je restje van gisteren sneller op in de magnetron dan in een gewone oven? De microgolven dringen door tot in je eten, waardoor het in de eerste paar centimeters de polaire moleculen aan het bewegen zet. In een 'gewone' oven wordt lucht van hoge temperatuur rond geblazen. De warmte wordt vervolgens doorgegeven aan het voedsel, maar dit gebeurt alleen op de oppervlakte. Deze overdracht heet convectie. Vervolgens vindt er geleiding plaats, waarbij de warmte tot dieper in het eten doordringt. Bij het opwarmen van eten in de magnetron is er ook geleiding, maar een veel groter gedeelte wordt in een keer al verwarmd door de magnetron.

**Metaal in de magnetron** – Als microgolven een metaal raken, reflecteert dit metaal de microgolf. Dit gebeurt ook bij licht. Kijk maar eens naar een stuk aluminiumfolie: je kunt dit als spiegel gebruiken! Metaal reageert echter wel op microgolven: omdat de microgolven ook een bewegend elektrisch veld zijn, gaan de vrije elektronen in een materiaal bewegen door het metaal en er kan een staande golf ontstaan in het object, zoals bij een antenne. Door deze beweging warmt het metaal op. Dit gaat goed zolang het metaal dik en plat is. Een groot stuk erg dun aluminiumfolie wordt echter zo warm, dat de magnetron in brand kan vliegen. Niet doen dus.

Ook als er vouwen of veel hoeken in het metaal zitten, gaat het fout. Als de elektronen heen en weer bewogen worden, komen ze andere elektronen tegen. Dit kan plaatsnemen met een hoge concentratie elektronen (en dus negatieve lading) veroorzaken. Als deze plaatsnemen zich dicht bij de lucht bevinden, kunnen de elektronen overspringen naar de lucht. Dit veroorzaakt een vonk en ioniseert de lucht, waardoor er een plasma ontstaat. De vonken zelf zijn geen probleem, maar als ze een ontvlambaar materiaal raken kun je de brandblusser nodig hebben (Wired, 2014).

Het is ook mogelijk om een plasmoid, ofwel bolbliksem in de magnetron te maken. Meer informatie hierover is hier te vinden op de website van JNL Labs: [Plasmoid and Ball Lightning](#).

### **Bronnen**

Radartutorial, 2017: [Magnetron](#).

Wired, 2014: [What's Up With That: Metal in the Microwave Explodes – Or Does It?](#)