



**Universiteit  
Leiden**  
The Netherlands

## **Electrical and magnetic properties of ferritin: electron transport phenomena and electron paramagnetic resonance**

Labra Muñoz, J.A.

### **Citation**

Labra Muñoz, J. A. (2023, September 26). *Electrical and magnetic properties of ferritin: electron transport phenomena and electron paramagnetic resonance*. *Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3641953>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3641953>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

# SAMENVATTING

Ferritine is een bolvormig eiwit met een buitendiameter van ongeveer 12 nm. Het regelt de beschikbaarheid van ijzer in onze lichamen. Het eiwit bestaat uit een organische schil van ongeveer 2 nm dikte. Het ijzer wordt daarbinnen ingekapseld als mineraal in de zogenaamde ferritine-kern, die het ijzer beschermt tegen eventuele interacties met de omgeving. Neurodegeneratieve ziektes, zoals die van Alzheimer en Parkinson worden geassocieerd met een abnormaal hoog ijzergehalte in het lichaam. Deze observatie heeft de interesse gewekt in het bestuderen van ferritine en dan met name de fysische eigenschappen ervan, omdat het mogelijk is dat ferritine zijn werk niet meer goed verricht in zieke patiënten.

Het doel van deze scriptie is om de elektrische en magnetische eigenschappen van ferritine te onderzoeken. De elektrische karakterisatie is gefocust op het onderzoeken van de stroom tegen voltage eigenschappen van individuele ferritine deeltjes, wat waardevolle inzichten geeft in de manier waarop ladingstransport in deze deeltjes plaatsvindt (hoofdstukken 2, 3, 4). Aan de andere kant omvat de magnetische karakterisatie van ferritine zowel de analyse als het modelleren van de elektronische, paramagnetische resonantie (EPR) spectra verkregen van meerdere ferritines. Dit geeft inzicht in de elektronspin structuur van de ferritine kern (hoofdstukken 5, 6).

**Hoofdstuk 2** beschrijft de fabricage van apparaten die functioneren als enkel elektron transistoren door middel van het vangen van een enkel nanodeeltje. De apparaten zijn gebaseerd op brede, zelf-uitgelijnde nanogaps met een lokale ‘gate’ elektrode die zich bevindt onder de nanogap. Gouden nanodeeltjes van 10 en 40 nm in diameter worden gebruikt om deze gaps te testen, waaruit een gate koppeling van 0.07 wordt gehaald. Dit maakt het mogelijk om de Coulomb diamant structuur te visualiseren tussen  $\pm 2$  V. Deze fabricatiemethode kan gebruikt worden om enkele elektron transistoren te maken die gebaseerd zijn op verschillende types nanodeeltjes, zoals deeltjes afgeleid van metalen / oxides of biologische deeltjes.

**Hoofdstuk 3** focust zich op de elektrische karakterisatie van individuele ferritine deeltjes die gevangen zijn in zelf-uitgelijnde nanoapparaten met electrodes die 13 nm van elkaar liggen. Een opzienbarende eigenschap van individuele ferritine deeltjes is dat bij lage temperaturen de data goed overeenkomt met de verwachtingen van het Coulomb blokkade model. Dit laat zien dat het transportmechanisme in ferritine het opeenvolgend tunnelen van enkele elektronen is.

**Hoofdstuk 4** gebruikt de apparaten die zijn beschreven in hoofdstuk 2 om transistormetingen te doen op individuele ferritine deeltjes. Dit leidt tot de succesvolle fabricage van de eerste op ferritine gebaseerde enkel-elektron transistor.

**Hoofdstuk 5** presenteert een 9 GHz continue-golf EPR analyse die is gebruikt om inzicht te krijgen in de magnetische eigenschappen van de ferritine-kern afkomstig uit een menselijke lever. Het beschrijft een model voor de elektron-spin structuur van de ferritine-kern die gebaseerd is op de gecombineerde analyse van EPR en magnetometrie, in samenwerking met experts op dat gebied.

Als laatste, onderzoekt **hoofdstuk 6** de potentiële schade aan ferritine die veroorzaakt zou kunnen worden door lyofilisatie. Deze studie is gedaan uit een magnetisch perspectief door EPR analyse. Vervolgens breid dit hoofdstuk het in hoofdstuk 5 voorgestelde model uit om gelyofiliseerde ferritine monsters uit de menselijke lever en post mortem hersenweefsel te beschrijven. Het model is consistent bevonden met het geïsoleerde ferritine signaal van hersenmonsters.