

Om deze beschrijving meer begrijpelijk te maken voor de geïnteresseerde leek zullen begrippen die slechts voor de "insider" begrijpelijk zijn erin worden vermeden.

De titel van het proefschrift luidt: "Zeldzame aard onzuiverheden in ferromagnetische metalen bestudeerd met Mössbauer spectroscopie".

De "zeldzame aarden" is de groep elementen met atoomnummer 58 t/m 81 uit het Periodiek Systeem. Ze hebben sterk overeenkomende chemische eigenschappen, veroorzaakt door het feit dat ze allemaal hetzelfde aantal electronen in de twee buitenste schillen hebben. Alleen het aantal electronen in de derde schil (van buiten af gerekend), de z.g. 4f-schil, verschilt bij deze elementen. In feite zijn door ons slechts twee zeldzame aarden gebruikt: Dysprosium (Dy) met 9 electronen in de 4f-schil en Thulium (Tm) met 12 electronen in deze schil.

Radioactieve ionen van zo'n element zijn met behulp van de isotopenseparator van ons laboratorium in dunne plaatjes ijzer (Fe) of nikkel (Ni) geschoten ("geïmplanteerd"). Ijzer en nikkel zijn ferromagnetische metalen. Bij de implantatie hadden de ionen een energie van 130 keV, wat overeenkomt met een snelheid van ongeveer 400 km/sec. Ondanks deze hoge snelheid dringen de ionen slechts over zeer kleine afstanden in het metaal door. De gemiddelde indringdiepte is $200 \text{ \AA} = 0,00002 \text{ mm}$.

Het was nodig om de zeldzame aardionen in de plaatjes te schieten, omdat dit de enige manier is om ze in sterke verdunning in ijzer of nikkel op te lossen.

Hoewel onderzoek is gedaan aan de zeldzame aarden Dy en Tm zijn radioactieve ionen van de zeldzame aarden Terbium (Tb) en Erbium (Er) geïmplanteerd. Omdat de kernen van deze ionen radioactief zijn vervallen ze door uitzenden van een beta-deeltje naar Dy respectievelijk Tm terwijl ze al in ijzer of nikkel zitten. De kernen van Dy of Tm zenden dan op hun beurt gammastraling uit.

Met behulp van het "Mössbauer-effekt" (in 1958 ontdekt door de Duitser Rudolf Mössbauer; hij kreeg hiervoor de Nobelprijs) kunnen zeer kleine veranderingen van de energie van deze gamma-

straling worden gemeten. (Een verandering die kleiner is dan een miljardste deel van de energie kan nog worden gedetecteerd). Zulke veranderingen worden veroorzaakt door een wisselwerking (de z.g. "hyperfijninteractie") tussen de kern van het radioactieve ion en zijn omgeving (de electronen van het ion + de ijzer of nikkel atomen rondom het ion). Er blijkt zo bijvoorbeeld dat ter plaatse van zo'n kern een zeer sterk magneetveld (hyperfijnveld) aanwezig is. Dit veld is soms meer dan 50 keer zo sterk als dat in de sterkste electromagneten ter wereld. De sterkte van het hyperfijnveld hangt af van de plaats van het zeldzame aardion in het ijzer of nikkel.

Door ons onderzoek hebben we kunnen vaststellen dat slechts een gedeelte (ca. 50 %) van de geïmplanteerde ionen zo in het ijzer of nikkel terecht komt, dat ze regelmatig zijn omringd door ijzer of nikkel atomen. De rest van de geïmplanteerde ionen zit op "slordige" plaatsen.

Een manier om hier achter te komen was bijvoorbeeld het ijzer of nikkel een tijdlang te verhitten ("annealen"). Door de Mössbauerspectra gemeten voor en na verhitting met elkaar te vergelijken kon worden geconcludeerd dat verhitten de omringing van alle Dy of Tm ionen onregelmatig maakt.

Soortgelijk onderzoek, ook met andere meetmethoden, wordt op dit moment op meerdere plaatsen in de wereld gedaan (Bell Laboratoria in de Verenigde Staten, Orsay in Frankrijk, Aarhus in Denemarken, Leuven in België, München in Duitsland). Het is ook voor sommige technische toepassingen van belang. Een van deze toepassingen behelst het vervaardigen van "geïntegreerde schakelingen" (I.C.'s) voor de elektronische industrie. Deze I.C.'s worden bijvoorbeeld in grote hoeveelheden in moderne computers gebruikt.