

Bubbles

U. Enz 31-01-1989

Bubbles zijn cilindervormige magnetische domeinen, die onder bepaalde voorwaarden (loodrechte anisotropie, magnetisch bias veld) in dunne magnetische plaatjes of films voorkomen.

Deze domeinen zijn door C. Kooy en U. Enz gedurende een systematische studie van domeinen in dunne plaatjes van $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, het materiaal van Ferroxdure, ontdekt en in 1960 in Philips Res. Reports beschreven. De aanleiding voor het onderzoek was nogal incidenteel. Door A. L. Stuijts werden in de voorafgaande jaren eenkristallen bereid, o.a. ook van $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$, waaraan kristallografische en magnetische eigenschappen gemeten werden. Na een groeipoging, die maar zeer kleine kristalletjes opleverde, ontdekte C. Kooy in de kroes kleine, whisker-achtige plaatjes met een dikte van maar ca. 10 μm , die rood doorschijnend waren. Het was toen al bekend (Dillon), dat op grond van het Faraday-effekt met behulp van gepolariseerd licht in doorschijnende materialen magnetische domeinen zichtbaar gemaakt konden worden. Dit bleek inderdaad mogelijk. Na overleg met J. Smit, toen groepsleider magnetisme, werd tot een systematische studie van domeinen in aanwezigheid van magnetische velden besloten. De benodigde velden lagen in de buurt van 5000 Oe (0,5 Tesla). Hiervoor werd door ons een elektromagneet met een in de poolschoen ingebouwde microscoop zodanig geconstrueerd, dat lichtweg en veld parallel waren. Het waargenomen patroon van streepdomeinen bleek in een veld sterk te veranderen, wat in detail bestudeerd werd.

Opmerkelijk was de 'approach to saturation': verzadiging trad in een kleiner veld op dan verwacht, en er bleven ver van elkaar liggende streepdomeinen met anti-parallele magnetisatie over, die zich uiteindelijk tot cilinders samentrokken. Deze 'bubbles' bleken in een bepaald veldgebied stabiel te zijn. Berekeningen van de stabiliteit van het streepjespatroon werden op PETER (= Philips Eerste Tel- En Rekenmachine) uitgevoerd. Ook de bubble-configuratie werd theoretisch geanalyseerd. Hieraan werkten naast mij en C. Kooy ook J. Smit en de wiskundige A. J. W. Duijvestijn. De overeenstemming van experiment en theorie was uitstekend. Het geheel werd algemeen als een schoolvoorbeeld van domeinonderzoek beschouwd en is als zodanig tamelijk uniek gebleven.

Bubble geheugens

Een belangrijke plaats in de verdere ontwikkelingen komt toe aan A. H. Bobeck van Bell Laboratories. Hij had aan dunne film computergeheugens gewerkt en benaderde het bubble-gebied van deze kant. Van hem is de gedachte, een binair getal door een sequentie van al dan niet bezette bubble-plaatsen voor te stellen. De stabiliteit van bubbles, door ons beschreven, speelde daarbij een rol. Daarmee was een nieuw onderzoeksgebied geboren en korte tijd daarna werkten vele laboratoria in de wereld aan deze nieuwe technologie.

Het onderzoek richtte zich naast de realisatie van bubble propagatie en detectie vooral op de ontwikkeling van nieuwe materialen. $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ leek niet geschikt (te hoge magnetisatie). Uiteindelijk werd epitaxiaal granaat (dikte enkele μs op niet magnetisch granaat) het algemeen gebruikte materiaal. De kristalgroei bereikte, gestimuleerd door deze toepassing een hoge graad van perfectie, met name ook bij Philips (W. Tolksdorf). Op het Nat.Lab. en gedurende enige tijd ook bij Elcoma werd eveneens een technische realisatie van het 'conventionele' type bubble-geheugen nagestreeft, maar niet doorgezet. Daarnaast kwamen van onze kant bijdragen over snel bewegelijke bubbles in orthorhombische epitaxiale films, en ook over snelle, stroomgestuurde bubbles.

Stand van de techniek in 1989

Op dit moment zijn 4 Megabit geheugenchips op basis van 2 μm bubbles in LPE granaat films standaard. De techniek is 'field access propagation' (frequentie 100 kHz). De bit dichtheid is ca. 4 Mbit cm^2 . 16 Megabit chips zijn in ontwikkeling. Bubble geheugens hebben naast halfgeleider geheugens een eigen toepassingsgebied gevonden, in Japan vooral in de numerieke besturing van automaten, in de USA vooral in toepassingen waar de 'nonvolatility' belangrijk is.