

Kleine zaken, grote gevolgen

INLEIDING

Dit artikel is een beknopte weergave van de openbare les zoals die door Jan Eite Bullema is uitgesproken op 29 oktober 2004 bij gelegenheid van zijn installatie als lector Micro Systeem Technologie bij de Hogeschool van Utrecht.

• *Jan Eite Bullema, TNO Industrie & Techniek / Hogeschool van Utrecht* •

Tien jaar geleden verscheen een rapport van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek met de titel 'Micro System Technology, exploring opportunities' [1]. De studie beschrijft de hooggespannen verwachtingen die er op dat moment leefden met betrekking tot de microstysteemtechnologie. De toekomst waarover het STT rapport gaat, is nu! In deze openbare les wordt uiteengezet wat er terecht is gekomen van deze verwachtingen en wat er nog te realiseren valt voor de microstysteemtechnologie, afgekort MST. Er is immers al weer een nieuw tijdperk aangebroken met de intrede van de nanotechnologie [2].

Het betoog bestaat uit drie delen. Eerst wordt ingegaan op het vakgebied van de microstysteemtechnologie en de ontwikkelingen daarin. Vervolgens wordt uiteengezet welke gevolgen MST kan hebben op ons dagelijks leven. Kleine zaken hebben inderdaad grote gevolgen! Tot slot wordt ingegaan op de rol en positie van de leerstoel Microstysteemtechnologie bij het Hoger Beroeps Onderwijs.

Vakgebied microstysteemtechnologie

Wat is Microstysteemtechnologie en wat zijn MST-producten

Omdat voor velen van u microstysteemtechnologie een nieuw begrip is, wil ik graag uitleggen wat het vakgebied inhoudt. Wat is Microstysteemtechnologie en wat zijn MST-producten? Hoe heeft de techniek zich tot nu toe ontwikkeld?

Microstysteemtechnologie

Microstysteemtechnologie is de techniek om een systeem te bouwen dat zelfstandig signalen waar kan nemen en kan reageren. Microsystemen bestaan meestal uit vier elementen: een sensor die signalen meet, een signaalverwerker, een actuator die interactie met de omgeving mogelijk maakt en een energievoorziening.

De sensoren in microsystemen meten signalen als druk, beweging, chemische potentiaal of zuurgraad. Een dagelijks voorbeeld van signaalverwerking vinden we bij de processor

in een personal computer. Een actuator zorgt bijvoorbeeld voor het wegblazen van een inktdruppel in een inktjet printer. Een energiebron, zoals een batterij of een klein zonnepaneeltje kan het microsysteem zelfstandig laten werken als dat nodig is.

Micrometerdomein

Een belangrijk kenmerk van deze systemen is hun miniaturformaat; we spreken hier over het micrometerdomein. De afmetingen waar het bij MST om gaat; een menselijk haar is gemiddeld 75 tot 100 micrometer dik, een putje in een CD is ongeveer 1 micrometer breed. Een rode bloedcel is een schijfje met een diameter van ongeveer 10 micrometer en een dikte van ongeveer 2 micron. Dergelijke afmetingen kenmerken het gebied van de microsysteemtechnologie.

Functionele stappen

Als we een microsysteem realiseren, komen we meestal de volgende functionele stappen tegen. Eerst moeten we een geschikt materiaal microstructureren, bijvoorbeeld door het etsen van een structuur in silicium of het maken van gaatjes in kunststof met een laser. Dan moeten we deze microstructuur beschermen tegen de omgeving. Een dun, fragiel membraam dat bij weinig kracht al breekt, zetten we in een huisje. Of een klein spiegeltje dat kan oxideren sluiten we af van de lucht. Vervolgens combineren we de functionele microstructuur met micro-elektronica die zorgt voor de besturing en de uitlezing van de microstructuur. Tot slot doen we het geheel in een mooi doosje voor de eindgebruiker.

MEMS

Waar we het in Europa hebben over microsysteemtechnologie, wordt in de Verenigde Staten vaak gesproken over MEMS, ofwel Micro Electro Mechanical Systems. In mijn opvatting is dat niet helemaal hetzelfde. Met MEMS worden meestal systemen aangeduid waarvan het hart bestaat uit een bewegend silicium onderdeel. Bijvoorbeeld een druksensor met een dun silicium membraam. In microsysteemtechnologie worden inmiddels ook andere materialen gebruikt dan silicium. Met name voor medische toepassingen worden vaak kunststoffen gebruikt uit kostenoverwegingen. De Amerikanen lossen dit op door over BioMEMS te spreken of over OPTOMEMS, waarmee ze het toepassingsgebied aanduiden. Bij BioMEMS gaat het om biologische toepassingen en bij OPTOMEMS over optische toepassingen. Voor buitenstaanders kan dit tot verwarring leiden. De Europese benaming microsysteemtechnologie is eenduidiger.

MST-producten

De druksensor was de eerste commercieel succesvolle toepassing van microsysteemtechnologie. Bijvoorbeeld de oliedruksensor voor de automotieve industrie.

Zo'n sensor bestaat uit een dun silicium membraam, dat een dikte kan hebben van enkele microns. In dit membraam worden sporen aangebracht die van eigenschap veranderen als er een mechanische spanning op het membraam komt. Meestal verandert dan de elektrische weerstand van de aangebrachte laag. De sensor meet de druk door feitelijk deze elektrische weerstandsverandering te meten. Er zijn een drietal producten die altijd genoemd worden als typisch voorbeeld van microsysteemtechnologie en daar is de druksensor er één van. De andere twee zijn de airbagsensor (feitelijk een accelerometer ofwel versnellingsmeter) en de al genoemde inktjet kop.



Afbeelding 1. Een pacemaker (met dank aan Vitatron)

Er is een grote diversiteit aan MST-producten, ik geef hier nog een aantal voorbeelden uit de medische sfeer:

- Pacemakers
- Hoortoestel
- Chemische neus
- Geelzuchtmetr
- Lab-on-a-chip

Techniek

Microsysteemtechnologie is ontstaan toen men silicium ging bewerken met etstechnieken om kleine mechanische structuren te verkrijgen. Silicium werd in de elektronica-industrie al gebruikt vanwege de halfgeleidende eigenschappen die het mogelijk maken om diodes, transistoren en geïntegreerde circuits te fabriceren. In de jaren zeventig werd bedacht dat silicium naast de speciale elektrische eigenschappen ook speciale mechanische eigenschappen bezat. Silicium kent namelijk geen ‘kruip’: het vervormt niet na een belasting en het is enorm stijf.

Door kleine mechanische structuren te etsen in silicium was het mogelijk om de miniaturisatietechnieken die voor de halfgeleiderindustrie waren ontwikkeld, te gebruiken voor het realiseren van hele kleine mechanische structuren. Met dergelijke microstructuren is het mogelijk om productfunctionaliteit te creëren. Een dun membraam kan fungeren als element in een druksensor. Een kamstructuur kan gebruikt worden als sensorelement in een versnellingsensor. Of als actuatorelement in een zogenaamde kamaandrijving, bijvoorbeeld om een klein spiegeltje te bewegen.

Multidisciplinair vakgebied

Microsysteemtechnologie is een vakgebied waarbij vele disciplines betrokken zijn.

Ik zal dat illustreren aan de hand van zeven aandachtspunten die een rol spelen bij het ontwerpen en realiseren van microsysteemtechnologie.

1. Materialen
2. Elektronica ontwerp
3. Besturing
4. Schaaffecten
5. Componenten
6. Powermanagement
7. Micro Assemblage

Micro Assemblage

Een microsysteem is per definitie klein en bestaat meestal uit een combinatie van fragiele, kwetsbare onderdelen. Dat vraagt om een hoge nauwkeurigheid bij de assemblage, die het eigenlijk onmogelijk maken om handmatig te assembleren. De absolute nauwkeurigheid ligt in de orde van grootte van enkele tientallen microns tot minder dan een micron.

Gevolgen van microsysteemtechnologie

Nieuwe markten

Ik onderscheid drie grote gevolgen van deze kleine zaken.

Economische gevolgen

De eerste is de economische bedrijvigheid die ontstaat door microsysteemtechnologie.

De MST-wereldmarkt werd in het jaar 2000 geschat op een omvang van tien miljard Euro en volgens verschillende markt onderzoeken zou deze markt groeien naar een omvang van circa 200 miljard Euro in 2010. Dat is vergelijkbaar met het volume van de huidige halfgeleider industrie [6], [7].

Veranderingen in levensstijl

Naast de nieuwe markten die ontstaan, is een ander gevolg van de microsysteemtechnologie de wijze waarop onze levens en onze levensstijl zal gaan veranderen. Per persoon zullen we binnen afzienbare tijd omringd worden door een groot aantal ‘intelligente’ systeemjes die ervoor zorgen dat we ons gezond voelen, dat we ons veilig voelen en dat we met anderen kunnen communiceren. De verdere opkomst van microsysteemtechnologie zal grote consequenties hebben voor de manier waarop we leven. Enerzijds in de vorm van ‘ambient intelligence’ ofwel sensoren en actuatoren die beveiligings- en bewakingsfuncties in huizen en gebouwen uitvoeren. Anderzijds in de vorm van ‘smart products’. Dat zijn bestaande producten, waaraan met behulp van microsysteemtechnologie functies toegevoegd worden.

Medische toepassingen

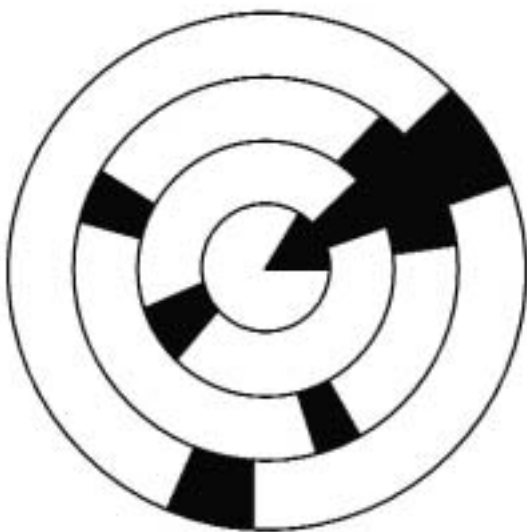
Een derde belangrijk gevolg van de opkomst van microsysteemtechnologie zijn de medische toepassingen van MST. Pacemakers behoren tot de oudste groep van MST-producten. Implantaten bieden volgens een recente studie van het Rathenau instituut de opstap naar een toekomst waar mensen hun eigen functies kunnen uitbreiden [8].

Positie van de leerstoel microstroom-technologie

Model van Ebefors

Het uitgangspunt van de werkzaamheden rondom MST binnen de kenniskring vormt het model van Ebefors. In zijn proefschrift werkt Thornbjorn Ebefors [9] de problematiek uit van de aansluiting van verschillende MST-deeltechnologieën op elkaar.

Het model van Ebefors ziet er uit als een aantal concentrische cirkels met gearceerde schijfjes. De gearceerde gebieden beschrijven deeltechnologieën die onderzocht zijn en waar zinvolle kennis over aanwezig is. In het centrum ligt kennis omtrent materialen, de cirkel daaromheen beschrijft de microstructureringstechnieken, en de volgende cirkel geeft aan welke methoden er zijn om een microstructuur te beschermen. De daarop volgende cirkel geeft de kennis aan die nodig is om een sensor uit te lezen of slim te besturen en de laatste cirkel geeft de eindvorm aan. Ebefors zegt dat er nog slechts stukjes kennis beschikbaar zijn en dat het maken van commercieel zinvolle producten alleen maar mogelijk is als er een aansluitend kennispad van binnen naar buiten gelegd kan worden. Volgens dit model kunnen alleen die producten geproduceerd worden, waarbij de kennis van binnenuit steeds aansluit op een relevant kennissegment van binnen naar buiten.



Afbeelding 2. Het model van Ebefors

Met andere woorden: de technologische kennis die beschikbaar is op het gebied van microstroomtechnologie groeit en maakt het mogelijk om nieuwe MST-producten te definiëren

die grotendeels gebruik maken van al aanwezige kennis. Het is volgens mij momenteel mogelijk om een veelheid van nieuwe MST-producten te realiseren op basis van kleine technologische vernieuwingen met hergebruik van beschikbare kennis. Het ontwikkelen van geheel nieuwe producten op basis van innovatieve nieuwe technologieën is voor het lectoraat te complex en risicovol. Dat geldt ook voor de meerderheid van de Nederlandse bedrijven; alleen met stapsgewijze ontwikkeling is MST commercieel succesvol te maken. En dat is ook de missie van het lectoraat: met kleine stapjes microstroomtechnologie invoeren in bestaande producten. Dat is waar we ons op richten.

De rol van het HBO

Nederland is een toonaangevend land als het gaat om het wetenschappelijke onderzoek op het gebied van microstroomtechnologie [7]. De universitaire onderzoekers zijn bezig met het verdiepen van hun vakgebied. Dat betekent in termen van het model van Ebefors dat we in Nederland veel stukken van de kennis in handen hebben die het mogelijk maken om paden te vinden naar zinvolle producten.

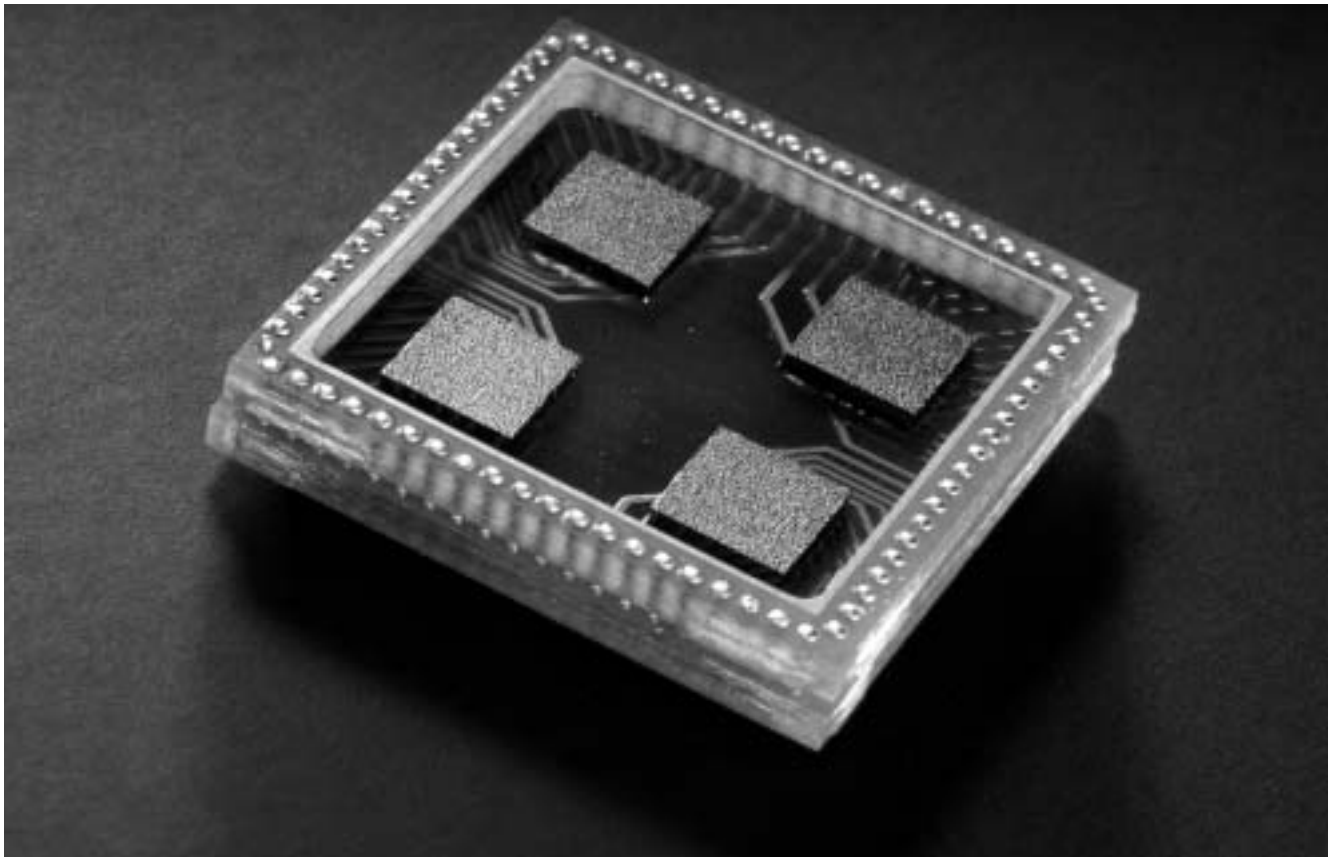
Voor het ontwikkelen van nieuwe MST-producten is het nodig dat we alle noodzakelijke kennis aan elkaar verbinden. Daar ligt volgens mij ook de rol van de HBO-onderzoeker die op basis van bestaande en getoetste kennis samen met MKB-bedrijven nieuwe MST-producten realiseert. In het zoeken naar realisatiemogelijkheden van nieuwe smart products. Ofwel: functies toevoegen aan bestaande producten op basis van microstroomtechnologie. Bijvoorbeeld:

- De sleutel die nooit meer zoekraakt;
- De rollator die de weg naar huis kent;
- De trap waar je niet van af kan vallen;
- De pinpas waarvan je de code niet kan vergeten;
- De fiets die niet gestolen kan worden.

Ik heb daarom voor het lectoraat om MST toepassingen binnen het MKB te bevorderen een tweetal projecten gedefinieerd.

Applicatiecentrum MST

Het eerste project is het Applicatiecentrum MST. Dit is een project waarin we op basis van bestaande microstroombouwblokjes simpele en nuttige toepassingen van MST willen realiseren voor bedrijven. Vanuit TNO hebben we kennis en ervaring met deze bouwblokjes opgedaan. TNO heeft bijvoorbeeld een vest ontwikkeld met sensoren voor sporters dat het mogelijk maakt voor een coach om het effect van training te verbeteren. De ontwikkelingen die bij TNO op dit gebied in gang gezet zijn, wil ik overbrengen naar de hogeschool.



Afbeelding 3. Een TNO bouwblokje voor een MST-product

Medische applicaties van MST

Bij veel specialisten bestaat de behoefte om geholpen te worden met technologische oplossingen. Vaak gaat het om de behandeling van aandoeningen die niet veel voorkomen en waar geen grote onderzoeksbudgetten voor zijn omdat er geen geld mee verdiend kan worden. Ik was onlangs op een symposium 'Precisietechnologen ontmoeten medici' en sprak daar een orthopedisch specialist, dr. Guido Brouwers van het AMC. Hij heeft een sensortechnologie ontwikkeld om snel en pijnloos een botbreuk bij een patiënt te kunnen bepalen. Hij gebruikt daarvoor een speciaal hamertje met een speciale sensor. Dergelijke medische technologie zou bijvoorbeeld geschikt zijn voor toepassing in de derde wereld, waar dure en complexe technologie niet inzetbaar is. Inmiddels is een student vanuit de Hogeschool begonnen met het opstellen van een pakket van eisen voor een te realiseren prototype osteofoon. Een dergelijk project vraagt een multidisciplinaire aanpak, waarbij niet alleen functionaliteit, maar ook vormgeving en elektronisch ontwerp een belangrijke rol spelen.

Onderwijs

Naast deze projecten speelt het onderwijs een belangrijke rol in het lectoraat.

Ik citeer nogmaals het Stichting Toekomstbeeld der Techniek: *'Bewustwording en onderwijs zijn van groot belang voor het succes van MST. In het onderwijs moet daarom speciale aandacht worden gegeven aan de systeembenadering die MST vraagt. Daarnaast moeten het ontwerp en de productietechnologie van MST worden onderwezen.'* Omdat MST vraagt om een multidisciplinaire aanpak is het belangrijk om in de opleiding aandacht te besteden aan de verschillende disciplines die erbij betrokken zijn. Het is van groot belang om studenten te leren samenwerken in teams.

Afsluiting

Tot slot een korte samenvatting van mijn openbare les. Ik ben de les begonnen met een verwijzing naar het rapport 'Micro Systems Technology, exploring opportunities' van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek. Ik heb laten zien dat

er inmiddels grote markten zijn ontstaan waarin microsystemetechnologie een essentiële rol speelt. Ik heb verteld over de wereld van de microsystemen en hoe die in onze dagelijkse omgeving een steeds belangrijker rol gaan spelen. Over microsystemen die steeds kleiner worden, zelfs de grootte van zandkorrels zullen hebben. Ik heb geprobeerd aan te geven dat er mogelijk dramatische veranderingen in onze leefomgeving en in onze levensstijl kunnen gaan optreden. Kleine zaken, grote gevolgen.

Tot slot heb ik u mijn plannen ontvouwd voor een tweetal concrete projecten. Hiermee wil ik proberen te helpen met het toepassen van MST-technologie bij bedrijven en in de medische wereld.

De volledige tekst van deze openbare les is opvraagbaar bij J.E. Bullema, Hogeschool van Utrecht, Oudenoord 700, 3513 EX Utrecht

Literatuur

- [1] Klein Lebbink, Gerard, MicroSystem Technology, Exploring opportunities STT-56, ISBN 90 14 05088 7, 1994
- [2] ten Wolde, Arthur, Nanotechnologie, op weg naar een moleculaire bouwdoos, STT-60, ISBN 90 73035 87 2, 1998
- [3] van Duren et al, Branche agenda Micro Systemen voor de fijnmechanische en kunststofverwerkende industrie in Noord Brabant, ISBN 90-5986-068,2004
- [4] An Introduction to Micro Electro Mechanical Systems Engineering, Nadim Maluf, ISBN 0- 89006 – 581-0, Artech House 2000
- [5] Jan Eite Bullema, Kosteneffectieve assemblage van Microsystemen, Mikroniek, April 2004
- [6] Market Analysis for Micro Systems II 2000- 2005, A nexus task force report, february 2003, ISBN 2-9518607-0-6
- [7] Small Technologies means big business, Verkenning Micro Systeem Technologie, Oktober 2003, publicatie nummer 03141, Ministerie van Economische Zaken
- [8] dr.ir. Rinie van Est et.all, Om het kleine te waarderen, Rathenau Instituut, ISBN 90 - 77364 056, 2004-09-27
- [9] Thornbjorn Ebefors, PhD thesis, V groove joints for 3D silicon transducers Ebefors Stockholm, 2000
- [10] Rao Tummala, Fundamentals of Micro Systems Packaging, ISBN 0-07-137169-9, 2001



Jan Eite Bullema,
TNO Industrie
& Techniek /
Hogeschool van
Utrecht