

Het NatLab en ASML

Al in de vijftiger jaren werd er in de optische groep onderzoek gedaan aan precisiemeetsystemen. Het betrof laser- en raster-meetsystemen. Toepassingen hiervoor werden gezocht in draaibanken, maar ook in fotolithografische apparatuur. Deze apparatuur werd in de jaren zestig onder supervisie van Frits Klostermann en in nauwe samenwerking met de bedrijfsdienst op het NatLab gebouwd. Zij was bedoeld voor eigen gebruik in het maskerlab. Een eerste vehikel was de "Opticograph" die met behulp van een lichtspleetje fijne patroontjes op een met resist (fotogevoelige laag) bedekte glasplaat (reticle) kon schrijven. Dit patroon werd daarna herhaald afgebeeld op een masker met behulp van de "Photorepeater" . Het masker werd daarna op een silicium plak gelegd die met resist was bedekt, de zaak werd belicht en zo werd een contactafdruk gemaakt.

Een logisch vervolg hierop kwam in de jaren zeventig. Herman van Heek (opt.groep), Gijs Bouwhuis (opt.groep) en Ad Bouwer (constructie bureau) bedachten in 1971 een machine om het reticle rechtstreeks en gerepeteerd op een silicium plak af te beelden met behulp van een lens. Dit kon dan contactloos gebeuren en met een verkleinende lens. Het verkleinen van het reticle patroon (-5X) maakte het mogelijk fijnere patronen op de Si plak af te beelden. Deze machine, een waferstepper, werd op het NatLab de Silicon-repeater genoemd (SiRe).



Projectgroep SiRe 1, Herman van Heek achter de machine en Ad Bouwer op de stoel

Techniek: Voor de belichting werd licht met een golflengte van 436 nm. gebruikt. De numerieke apertuur van de (Cerco) lens was 0,26 en de resulterende minimale detailgrootte was 1,5 μm . De wafers konden 4 inch groot zijn en werden in de X-richting gestapt. De Y-verplaatsing werd gedaan door de combinatie van lens, reticle en verlichtingssysteem te verplaatsen. De aandrijving was in beide richtingen hydraulisch en de resulterende plaatsingsnauwkeurigheid was ongeveer 0,15 μm



Gijs Bouwhuis

De eerste Silicon repeater (SiRe 1) kwam klaar in 1974 en de kosten werden geschat op ongeveer Fl. 250.000. Bij de bedrijfsmechanisatie van de IC-fabriek in Nijmegen werden daarna nog zes van dit soort machines nagemaakt. Deze SiRe 1 machines leden (uiteeraard) aan diverse kinderziektes, zowel mechanisch als optisch. De principes van de machine waren echter goed en daarom werd in 1977 besloten een nieuwe Silicon repeater, de SiRe 2 te bouwen. Omdat de oude projectgroep van SiRe 1 inmiddels was doorgestroomd, zoals gebruikelijk was op het NatLab in die tijd, werd een nieuwe projectgroep onder leiding van Steef Wittekoek samengesteld. Hierin zaten Ad Bouwer voor de mechanische constructie, Henk Bartelings voor de software en elektronica, Rob Munnig Schmidt

voor de plakkentafel-motor en andere actuatoren, Guido van de Looij voor de verlichting en belichting, Theo Fahner voor de focussing en ikzelf (Jan van der Werf) voor het uitrichten. Verder was er de onmisbare ondersteuning van een groot aantal mensen uit de bedrijfsdiensten. Het resultaat van dit alles was een stepper waarin de meeste kinderziekten van de SiRe 1 waren opgelost. Deze SiRe 2 kwam klaar in 1980 en werd na uitgebreid testen geïnstalleerd in de stofarme ruimte van WAG, waar hij de SiRe 1 verving.



Steef Wittekoek



Ad Bouwer



Henk Bartelings



Rob Munnig Schmidt



Guido vd Looij



Theo Fahner



Jan vd Werf

Omdat Philips het nut van deze wafersteppers voor eigen gebruik goed beseftte en ook wel commerciële mogelijkheden zag, werd besloten de productie van deze steppers onder te brengen bij S&I. De bedoeling was dat er vijf "chinese copies" zouden worden gemaakt. In het begin van 1982 bleek echter dat S&I zich toch een beetje vertild had aan deze opgave. De eerste levering aan IBM dreigde ver uit te lopen en forse boetes zouden het gevolg zijn. Door de directie van S&I, de Kruiff en Hajo Meijer van het NatLab werd toen besloten een soort reddingsactie te ondernemen. Hiertoe werd het SiRe 2 projectteam weer opgetuigd en bij S&I gedetacheerd. In juni 1982 was de eerste S&I waferstepper, die nu PAS 2000 werd genoemd (Philips Automatic Stepper) werkend en werd in de maand daarop met succes bij IBM geïnstalleerd.

In de jaren hierna bleek dat het voor Philips toch lastig was om de steppermarkt te penetreren. Er waren al enkele grote spelers op de markt, zoals GCA, en Philips had geen bekendheid bij de potentiële afnemers. Daarom werd besloten een partner te zoeken die wel bekend was in de wereld van IC productie machines. Na diverse vergeefse vrijerijen met mogelijke kandidaten werd uiteindelijk ASMI uit Billthoven !! de nieuwe partner. Op 1 april 1984 werd een joint venture opgericht met de naam ASML (Advanced Semiconductor Materials Lithography) onder leiding van Gjalt Smit. Het bijbehorende personeel, ongeveer 50 man, werd verplicht overgeplaatst van Philips naar de nieuwe joint venture, vaak met tegenzin.

Hiermee was de bemoeienis van het NatLab met ASML nog lang niet afgelopen. Op het NatLab werd inmiddels de SiRe 2a ontwikkeld, die lineaire elektrische motoren had voor het bewegen van de plakkentafel (door Rob Munnig Smidt) en een automatische plakhandling (door Jan vd Werf en Ad Bouwer). Beide verbeteringen werden enthousiast overgenomen door ASML.

In 1984 besloot Philips het Megabit project te starten. Het was de bedoeling om een 1Mbit statisch RAM te maken en zo de achterstand op de rest van de wereld in het maken van IC's teniet te doen. Hiervoor waren ook geavanceerde wafersteppers nodig. De geschiedenis herhaalde zich en er werd

een projectgroep SiRe 3 opgericht onder leiding van Jan Biesterbos (op foto rechts onder). Om het 1Mbit RAM te kunnen maken moest de stepper een resolutie hebben van 0,7 μ m en een veld van 10x10mm. Hiertoe werd contact gezocht met Zeiss die daarvoor een I-line lens ontwikkelde (365nm licht) die voldeed aan deze specificaties. Het formaat van de wafer was inmiddels opgelopen tot 6 inch. In 1987 waren er twee machines klaar (SiRe 3a en SiRe 3b). Dezen werden geplaatst in gebouw WAX en hebben inderdaad 1Mbit geheugens geproduceerd. Inmiddels was ASML begonnen aan de ontwikkeling van een nieuw type stepper, de PAS2500. Kennis die bij het bouwen van de SiRe3 werd verkregen werd uiteraard toegepast in deze PAS 2500. Het betrof problemen als vergrotingsvariaties tengevolge van luchtdrukveranderingen (Guido vd Looij), vervormingen van de machine als gevolg van temperatuur veranderingen en interne krachten en problemen met het uitrichten. Omdat het focusseer systeem niet meer voldeed aan de toegenomen eisen werd op het NatLab vanaf 1988 een nieuw focusseersysteem bedacht (Jan vd Werf) dat nauwkeuriger en stabiel was en tevens de kanteling van de plak kon meten. Tevens was het systeem ongevoeliger voor de samenstelling van het lagenpakket op de plak.



projectgroep SiRe 3

Omdat de grootte van het veld van de projectielens inmiddels de beperking was geworden voor de grootte van het te maken circuit (de zg. "Die") kwam de gedachte op om de stepper om te bouwen tot een "Step & Scan" machine. Hierbij wordt het reticle gescand door het veld van de lens. De plak moet dan synchroon meebewegen. Hierbij moet uiteraard rekening gehouden worden met de vergroting (in dit geval reductie) van de lens. Omdat dit bewegen vervelende consequenties heeft voor de stabiliteit van de machine tijdens het belichten, vroeg ASML in 1991 aan het NatLab om een prototype voor een "Step& Scan"machine te bouwen. Dit project werd geheel in overeenstemming met de NatLab traditie het SiRe 4 project genoemd. En hoe kan het anders: een nieuw projectteam onder leiding van Frank Sperling (links van de machine) werd opgericht. Allerlei mechanische en



projectgroep SiRe 4

optische complicaties die het gevolg waren van het scannen en ook hun mogelijke oplossingen werden in dat prototype getest. De machine werd opgebouwd uit een "meetframe" en een "krachtenframe" om de verstoringen door het scannen zoveel mogelijk te beperken. Een scannend alignment systeem werd bedacht (Peter Dirksen) en ook een "differentiële interferometer" die de relatieve posities van reticle, lens en plak mat (Jan vd Werf). In 1995 is dit project zo'n beetje afgesloten.

In 1993 komt ASML met een nieuw probleem op de proppen en dus bij het NatLab aankloppen. Om de gehele "Die" bij het belichten goed in focus te hebben, moet de plak ontzettend vlak zijn. Om dat te bereiken wordt de plak na sommige processtappen gepolijst. Dit polijsten vervormt echter de uitrichtkenmerken en bederft daarmee de uitricht nauwkeurigheid. Uitgebreide metingen zijn op het NatLab gedaan wat voor soort vervormingen er optraden en wat voor oplossingen er in het uitrichtsysteem eventueel te bedenken waren. De globale conclusie was dat de vervuiler moet betalen en dat de oplossing dus vooral in de processing moest worden gevonden.

In 1997 wordt op verzoek van ASML een "EUV architectuur" groep opgericht. Hierin zaten ook enkele mensen van TNO. Deze groep moest in kaart brengen wat voor problemen EUV lithografie met zich zou meebrengen. Omdat EUV lithografie gebruik maakt van licht met een golflengte van 13,4 nm. zijn die problemen legio. Geen enkel medium is namelijk

transparant voor die golflengte, alles moet dus in vacuüm gebeuren en alle optiek, ook het reticle, moet reflectief zijn. Parallel aan de activiteiten van de architectuurgroep is er toen op het NatLab door diverse mensen aan deelproblemen gewerkt. Hierbij hoorde ook de EUV lichtbron waar door twee teams aan gewerkt is. Het eerste team, onder leiding van Matthieu Visser, onderzocht de mogelijkheden van een lichtbron gemaakt met behulp van een hoog vermogen laser (laser induced plasma). Het tweede team, onder leiding van Frank Schuurmans, bestudeerde enige tijd later de gepulste plasma bron. De lichtbron vormt overigens een probleem dat nog steeds niet echt is opgelost (2014). Tot aan mijn pensionering in 2003 is er op het NatLab nog aan allerlei andere aspecten van EUV lithografie gewerkt. Daarnaast is er ook nog een bijdrage aan immersie lithografie geleverd. Hierbij bevindt zich water tussen lens en plak waardoor de resolutie toeneemt. Het was in die tijd dat ASML zijn research activiteiten steeds meer begon te verplaatsen naar andere onderzoeksinstituten zoals bv. CFT en TNO.



team: "laser induced" EUV-bron, Matthieu Visser rechts voor.

Vanaf 1970 tot aan mijn pensionering is er op het NatLab met wisselende intensiteit onderzoek gedaan ten behoeve van ASML. Ik schat dat in totaal minstens 100 en misschien wel 200 mensen op het NatLab in mindere of meerdere mate aan het succes van ASML hebben bijgedragen. Op dit moment (2014) is ASML uitgegroeid tot een bedrijf met meer dan 13000 medewerkers. Het is het paradepaardje van de High Tech industrie in Nederland. Hun omzet bedraagt meer dan € 5 mld. en zij zijn de grootste stepper fabrikant ter wereld. Hun "Step&Scan" machines hebben een resolutie van 30nm, belichten 12 inch plakken met een golflengte van 193nm en kosten ongeveer 20 mln. euro. Kijk ter vergelijking maar eens naar SiRe 1. Als EUV lithografie slaagt gaat de resolutie nog verder omlaag en de prijs omhoog; tot in de buurt van 100 mln. euro. Laten we hopen dat EUV lithografie een succes wordt.

Jan van der Werf, nov. 2014