

STUDIEBLAD

TECHNISCH BLAD VOOR
PTT PERSONEEL

Nr. 9, 33e jaargang september 1978

In dit nummer o.a.:

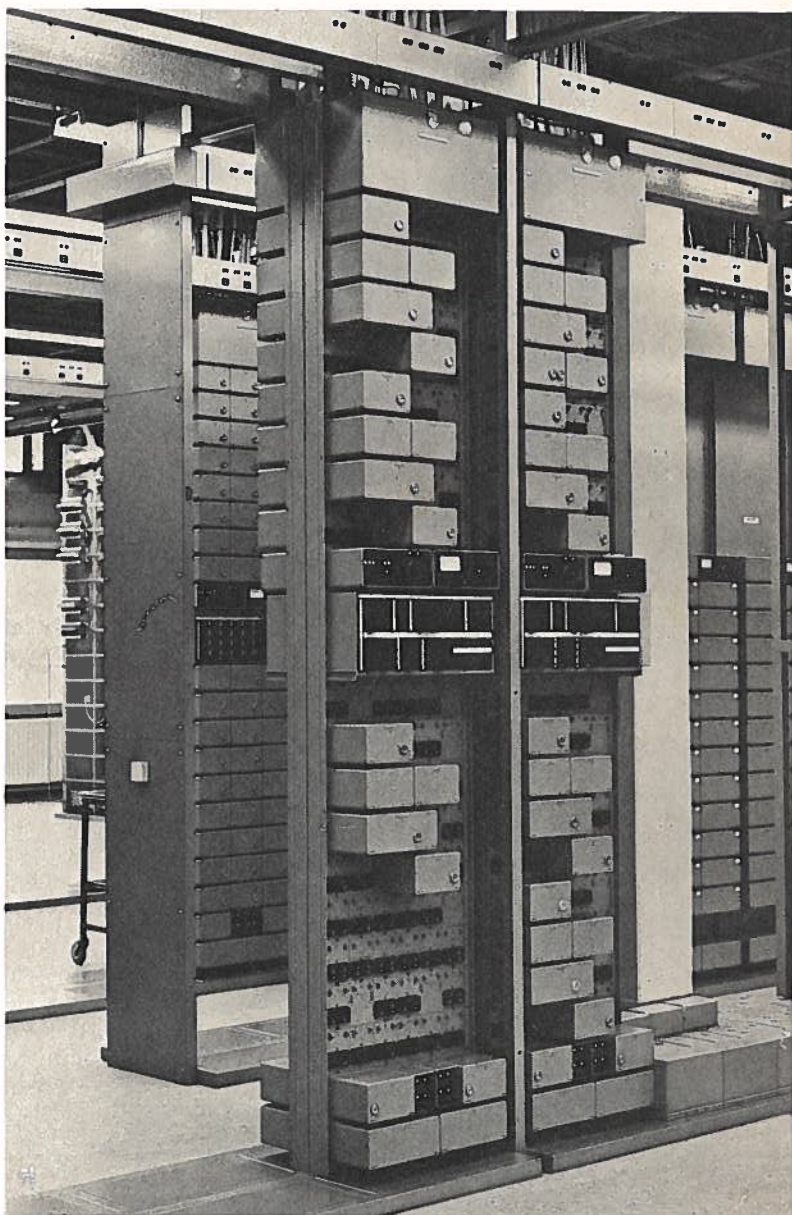
Rasterelektronen
microscopie

Meeteenheden en hun
toepassing

Examenvraagstukken

Technisch Engels

Oplossingen examen-
vraagstukken



Draaggolffapparaat in het versterkerstation Utrecht.

Rasterelektronenmicroscopie

Ing. A. van der Kleijn

Inleiding

Voor het micro-onderzoek beschikt het Dr. Neher Laboratorium over een Rasterelektronenmicroscop, kortweg REM genoemd. Met deze REM kunnen willekeurige objecten, zonder voorbereiding of in sommige gevallen met een kleine voorbereiding, met afmetingen niet groter dan 3 inch rond en 1 inch dik vergroot worden tot maximaal 300.000 x met een scheidendvermogen * beter dan 100 \AA (10^{-8} meter). Deze REM is tevens voorzien van een röntgenanalysesysteem. Met dit analysesysteem kunnen elementanalyses worden gemaakt met een scheidendvermogen * van gegarandeerd 140eV (1 eV) = elektronvolt = $0,160219 \times 10^{-18}$ joule). Dit alles maakt het mogelijk om tijdens het onderzoek van een object in de REM te kunnen vaststellen uit wat voor materiaal of samenstel van materialen het bestaat. Ook is het mogelijk met behulp van de ingebouwde computer de verhouding der samenstellende elementen vast te stellen.

Het principe van de REM

De laatste jaren ziet men, vooral in tijdschriften op technologisch en biologisch gebied, steeds meer microfoto's die opvallen door een zeer realistische weergave van het preparaatoppervlak. Deze realistische weergave is te danken aan een grote scherptediepte en bijzonder natuurgetrouw aandoende schaduw-effecten. Dergelijke opnamen, waarvan fig. 1a en b voorbeelden geven, zijn gemaakt met een rasterelektronenmicroscop (Engels: scanning electron microscope, doorgaans afgekort tot SEM).

In een rasterelektronenmicroscop wordt het te bekijken object met een zeer fijne elektronenbundel volgens een lijnenraster afgetast (gelijk aan de beeldopbouw bij een t.v. ontvanger). Een van de responsies van het preparaat op dit lokale elektronenbombardement wordt gedetecteerd en de grootte van dit detectorsignaal wordt als een helderheid weergegeven op een monitorscherm, waarop een raster geschreven wordt synchroon met het raster op het preparaat oppervlak. De verhouding tussen de afmetingen van beide rasters levert de vergroting van de microscoop (fig. 2).

* scheidendvermogen is het vermogen om dicht bijeenstaande objecten (punten, energielijnen) nog als afzonderlijke zaken te doen onderkennen.

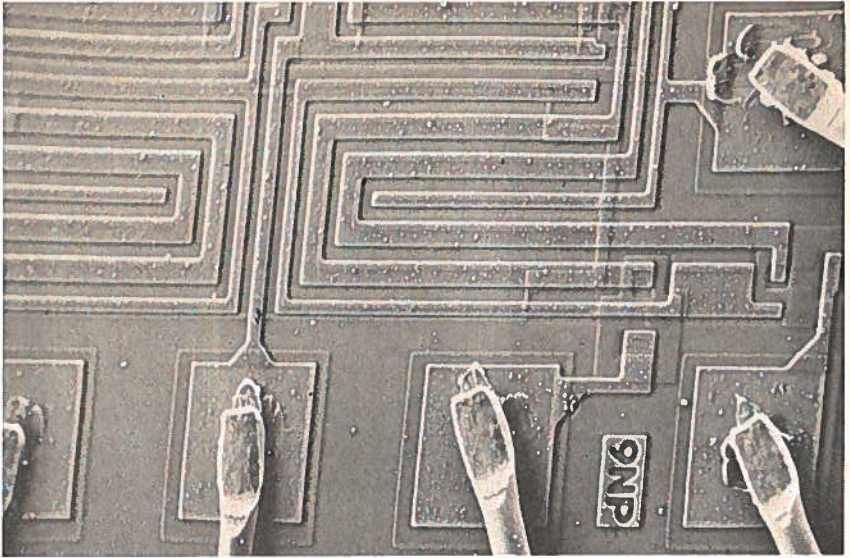


fig. 1a. IC (geïntegreerde schakeling), 150 maal vergroot.

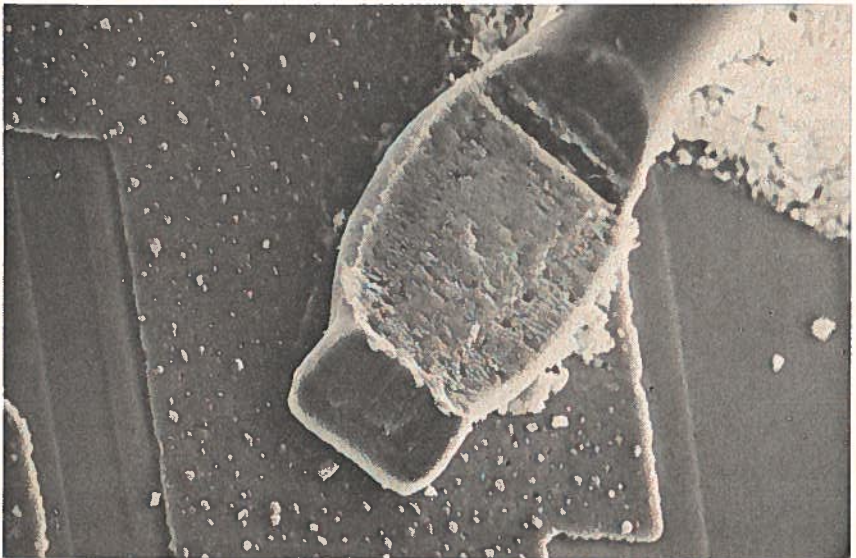


fig. 1b. Bonddraad in een IC, 1000 maal vergroot.

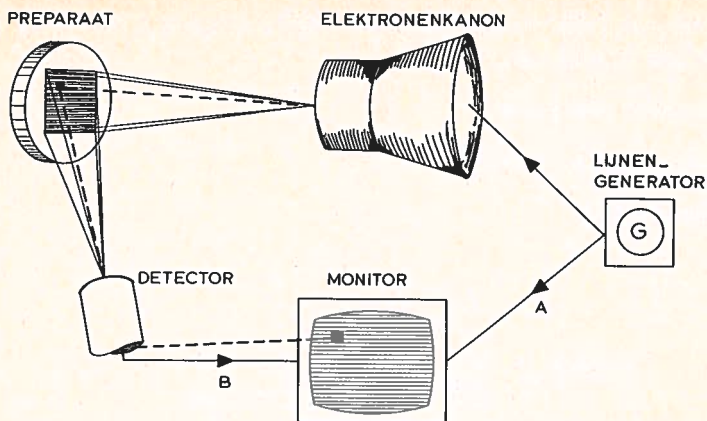


fig. 2. A sturing x- en y-as van de monitor; B sturing intensiteit van de monitor.

De vergroting is dus eenvoudig te variëren door variatie van de amplitude van de aftastbewegingen van de bundel over het preparaat: de afmetingen van het raster op het monitorscherm zijn doorgaans constant.

Bestraling met elektronen

Wanneer materie met elektronen wordt bestraald, dan treden er een groot aantal natuurkundige verschijnselen op, waardoor verschillende signalen worden geproduceerd zoals b.v. secundaire en teruggekaatste elektronen, röntgenstraling en fotonen (lichtdeeltjes) van verschillende energie. Deze signalen zijn afkomstig van verschillende plaatsen binnen het preparaat en worden enerzijds bepaald door de energie van de primaire elektronen waarmee het preparaat wordt bestraald, anderzijds door de elementen waaruit het preparaat is opgebouwd.

De secundaire elektronen, die worden gebruikt voor de afbeelding, ontstaan door botsingen van de primaire elektronen met de elektronen in de buitenste schillen van de atomen van het preparaat. De signalen die het gevolg zijn van het uitzenden van zowel röntgenstralen als fotonen, worden gebruikt voor analysedoeleinden. In combinatie met voornoemde technieken zal de REM als analyse-instrument een steeds belangrijker plaats in het onderzoek gaan innemen.

In fig. 3 wordt samenvattend weergegeven welke soorten stralen kunnen worden geproduceerd en uit welke gebieden ze afkomstig zijn.

Voor het maken van een afbeelding kan men dus naar keuze gebruik maken van elektronen, zowel secundaire, teruggestrooide als doorgelaten of geabsorbeerde, als ook van röntgenstraling en fotonen.

Bij de bij het DNL in gebruik zijnde REM kunnen 3 van deze mogelijkheden benut worden nl.:

- secundaire elektronen
- teruggestroomde elektronen
- röntgenstraling

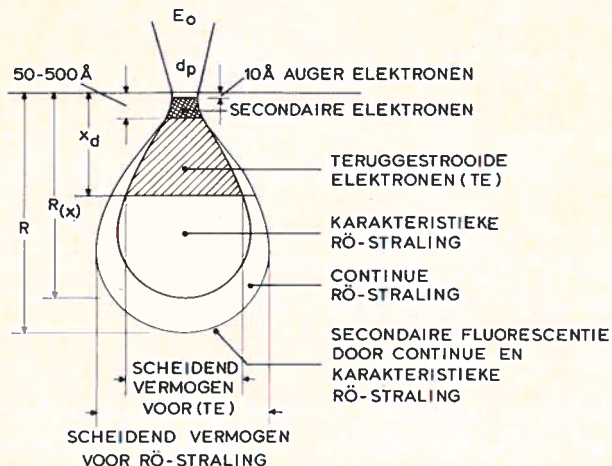


fig. 3. Bij bestraling met elektronen worden er verschillende soorten signalen opgewekt, die uit verschillende gedeelten van het preparaat komen. Het scheidend vermogen van de hierbij behorende beelden is ook verschillend, zoals in de tekening is aangegeven.

Schema van de REM

Fig. 4 geeft een schema van een rasterelektronenmicroscop. Links onder in de figuur ziet men de plaats van het preparaat gemerkt X. Het preparaat is doorgaans op een beweegbare objecttafel geplaatst om het in alle richtingen te kunnen draaien en verplaatsen.

Deze objecttafel zullen wij verder kortweg „goniometer” noemen, hoewel het instrument niet uitsluitend voor het meten van hoeken wordt gebruikt. Rondom het preparaat bevinden zich de detectoren voor de reeds genoemde signalen. Liggend achter het preparaat bevindt zich de elektronen-optische kolom. Deze bestaat uit een elektronenkanon en een aantal elektromagnetische lenzen, waarmee een verkleinde afbeelding van de elektronenbron op

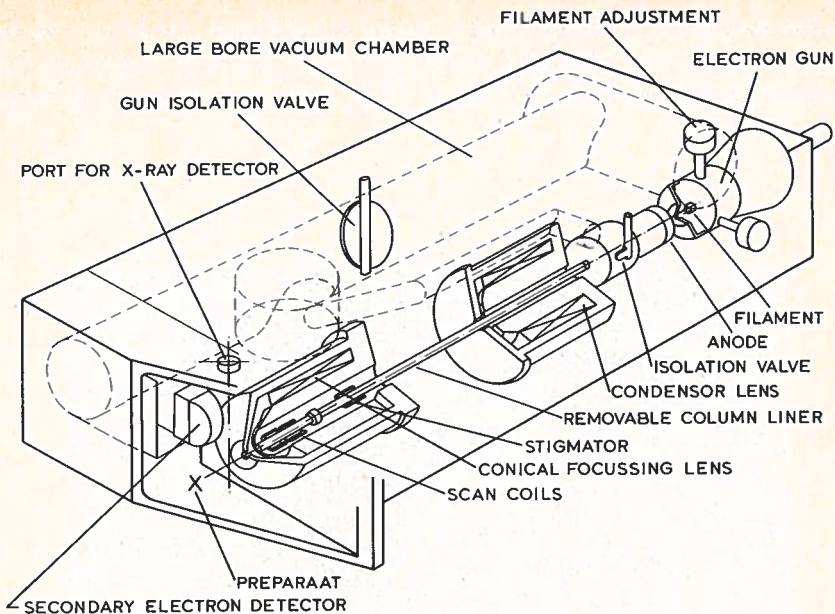


fig. 4. Schema van de Camscan rasterelektronenmicroscop.

het preparaat wordt gemaakt. Twee stel afbuigspoelen zorgen ervoor dat de bundel het gewenste raster op het preparaatoppervlak beschrijft. De zaagtandstromen door deze afbuigspoelen verlopen synchroon met de afbuiging voor het schrijven van het raster op het monitorscherm. Vanzelfsprekend verlopen de elektronenbanen in vacuüm en bevinden ook het preparaat en de elektronendetectors zich in dit vacuüm.

Contrast

Het contrast in de afbeeldingen die met een rasterelektronenmicroscop worden verkregen kan op verschillende manieren ontstaan. De opbrengst aan secundaire zowel als aan teruggestrooide elektronen hangt af van de hoek waaronder de detector dit oppervlak ziet (fig. 5).

Verder hangt deze opbrengst ook af van het atoomnummer van het materiaal dat getroffen wordt en van de kristalstructuur * aan het preparaatoppervlak (fig. 6).

* Kristalstructuur: kristalstructuur is de bouw der kristallen zoals bepaald door de ruimtelijke rangschikking der atomen.

De karakteristieke röntgenstraling van de verschillende elementen in het preparaat levert een afbeelding van de verdeling van deze elementen (zie hoofdstuk Röntgendetectie en analyse). Ook levert energiselectie de moge-



fig. 5. Rasterelectronenmicroscopie van een anatomisch preparaat dat met een dunne goudlaag is bedekt. Het contrast wordt geheel bepaald door de vorm en de structuur van het oppervlak. Vergroting 95 maal.

lijkheid een afbeelding van de potentiaalverschillen aan het preparaatoppervlak te verkrijgen, wat bij onderzoek aan geïntegreerde schakelingen van zeer groot nut kan zijn (fig. 7).

Er zijn dus, zoals men ziet, een groot aantal mogelijkheden om contrast in het beeld te verkrijgen, zodat speciale prepareertechnieken voor dit doel doorgaans niet nodig zijn. Wel is het gewenst om elektrisch niet-geleidende

preparaten te bedekken met een dunne geleidende laag, om oplading van het oppervlak te voorkomen.

De afbeeldingen die met een rasterelektronenmicroscop worden verkregen, geven het preparaat weer alsof dit gezien wordt langs de invallende bundel, terwijl het verlicht wordt vanuit de detector. Het is dus hetzelfde aanzicht dat men krijgt door een lichtmicroscop met eenzijdig opvallende verlichting. Het ontstaan van dit aanzicht wordt nader toegelicht in fig. 8.



fig. 6. Rasterelektronenmicroscopopname van een gepolijst en geëtsd wolframoppervlak. De korrelgrenzen worden geaccentueerd door schaduwen ten gevolge van hoogteverschillen die bij het etsen zijn ontstaan. De verschillen in grijs tint zijn veroorzaakt door verschillen in kristaloriëntatie tussen de korrels. Vergroting 575 maal.

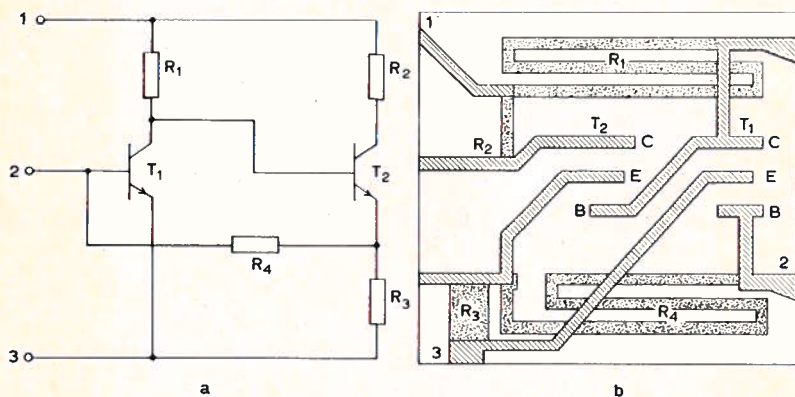
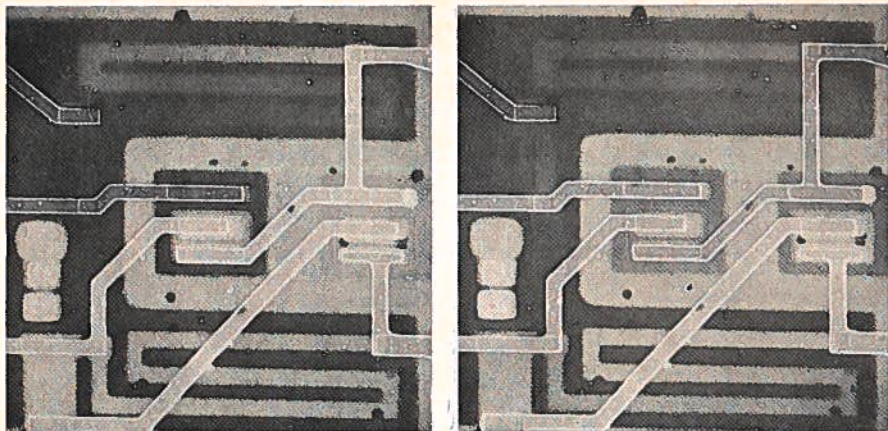
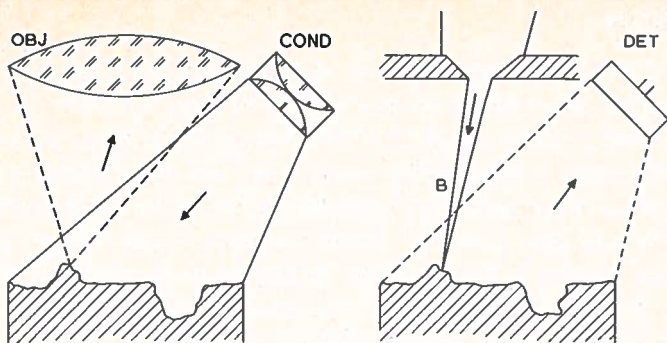


fig. 7. Rastermicroscopopnamen van een geïntegreerde schakeling. a) Schema van de schakeling. b) Rangschikking van de elementen van de schakeling. c) Opname van de schakeling met potentiaalcontrast. De aansluitingen 1 en 2 zijn uitwendig via een hoge weerstand met elkaar verbonden. T_1 geleidt, er zijn in de transistor geen potentiaalverschillen en hij bevindt zich geheel op negatieve potentiaal. De gehele voedingspanning staat over R_1 , zoals te zien is aan de verlopende grijstint. De basis van T_2 ligt hiermee ook aan de negatieve kant van de spanningsbron. T_2 geleidt niet: daardoor zijn er in deze transistor potentiaalverschillen zichtbaar. R_2 is stroomloos, zoals aan de homogene tint te zien is. d) Hier is een uitwendige geleidende verbinding gemaakt tussen de aansluitingen 2 en 3, waardoor T_1 niet geleidt en dus potentiaalverschillen vertoont. T_2 geleidt nu wel, maar bevindt zich door de spanningsdeling over R_2 en R_3 op een potentiaal tussen die van de beide voedingsklemmen. De weerstand R_2 voert nu wel stroom: R_1 voert slechts een zeer zwakke stroom via T_2 en R_3 . Over R_3 en R_4 staat een geringe spanning. Vergroting 150 x.



Het objectief Obj beeldt het preparaatoppervlak af; elk punt van het oppervlak correspondeert eenduidig met een punt van de afbeelding. De condensor Cond concentreert licht van een lichtbron op het preparaatoppervlak en belicht zo het gehele oppervlak.

Door de vorm van het oppervlak ontstaan schaduwen.

De helderheid waarmee een punt wordt afgebeeld, hangt af van:

- de mate waarin dit punt verlicht wordt
- de reflectie-eigenschappen van het oppervlak in dit punt

De bundel B tast het preparaatoppervlak af, er is een eenduidige relatie tussen de afgetaste punten op het oppervlak en de punten in de afbeelding. De detector D vangt elektronen die het oppervlak verlaten.

Door de vorm kunnen niet van alle delen van het oppervlak evenveel elektronen de detector bereiken. De helderheid waarmee een punt wordt afgebeeld, hangt af van:

- de mate waarin de elektronen vanuit dit punt de detector bereiken
- de elektronenemissie-eigenschappen van het oppervlak in dit punt

fig. 8. Het ontstaan van een afbeelding bij een lichtmicroscop met schuin opvallende belichting (*links*) en bij een rasterelektronenmicroscop (*rechts*). Hoewel in het ene geval de lens (*Obj*) en in het andere geval de detector (*Det*) de informatie voor het ontstaan van een afbeelding verzamelt, is er toch een grote overeenkomst in functie tussen de lens en de condensor (*Cond*) aan de ene kant en de bundel (*B*) en de detector aan de andere kant. Lens en bundel zijn beide verantwoordelijk voor het eenduidig corresponderen van voorwerp en afbeelding, terwijl condensor en detector beide het gehele preparaatoppervlak bestrijken. Deze overeenkomst is er de oorzaak van dat de afbeelding in beide gevallen analoog is, nl. een aanzicht van het preparaat, gezien vanuit de richting van de optische as van de lens (de as van de bundel), verlicht vanuit de richting van de condensor (detector).

Scherptediepte

Door de kleine openingshoek van de elektronenbundel krijgt men een grote scherptediepte. Deze scherptediepte is hier een groot voordeel. Zij maakt het mogelijk relatief ruwe oppervlakken in hun geheel scherp waar te nemen. Onder het begrip scherptediepte, soms ook wel dieptescherpte genoemd, wordt verstaan de afstand van bepaalde punten buiten het voorwerpsvlak gelegen, die nog juist „scherp” worden waargenomen. Indien we uitgaan van een vast voorwerp V (zie fig. 9) en een beeldscherm V' met daartussen een lens, dan zal bij een bepaalde geometrische opstelling een punt A gelegen in V juist scherp worden afgebeeld als A' in V' .

Nemen we echter een punt B op de optische as, maar op een afstand p buiten V , dan zal de afbeelding plaatsvinden niet in V' , maar op een afstand p' daarvan. In het beeldvlak V' zullen we nu een verstrooiingsschijfje waarnemen, dat noch het gevolg is van buiging, noch door afwijkingen wordt veroorzaakt, maar door „een onjuiste scherpstelling”. De diameter van dit schijfje wordt bepaald door de brandpuntafstand van de lens, maar ook door het diafragma dat in de bundel wordt geplaatst (denk aan fotografie). Indien de diameter van dit schijfje minder dan 0,1 à 0,2 mm bedraagt

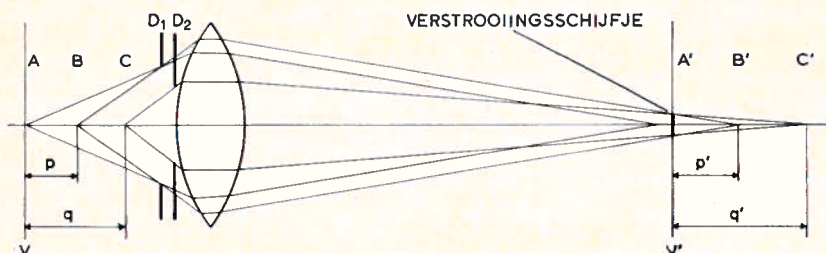


fig. 9. Model scherptediepte

(scheidend vermogen van ons oog, wanneer we een voorwerp op een afstand van 30 cm bekijken), dan zal het door ons oog nog als scherp worden waargenomen. Door de diafragmaopening te verkleinen, zal de scherptediepte toenemen, zoals in de tekening is te zien. Bij gebruik van deze kleinere diafragmaopening zal een punt C op een afstand q buiten V in V' een verstrooiingsschijfje geven van gelijke diameter, waaruit blijkt, dat de scherptediepte is toegenomen. Hiervan wordt in de fotografie, maar ook in de rasterelektronenmicroscopie een nuttig gebruik gemaakt wanneer we voorwerpen moeten bestuderen, die veel reliëf bezitten.

Scheidendvermogen

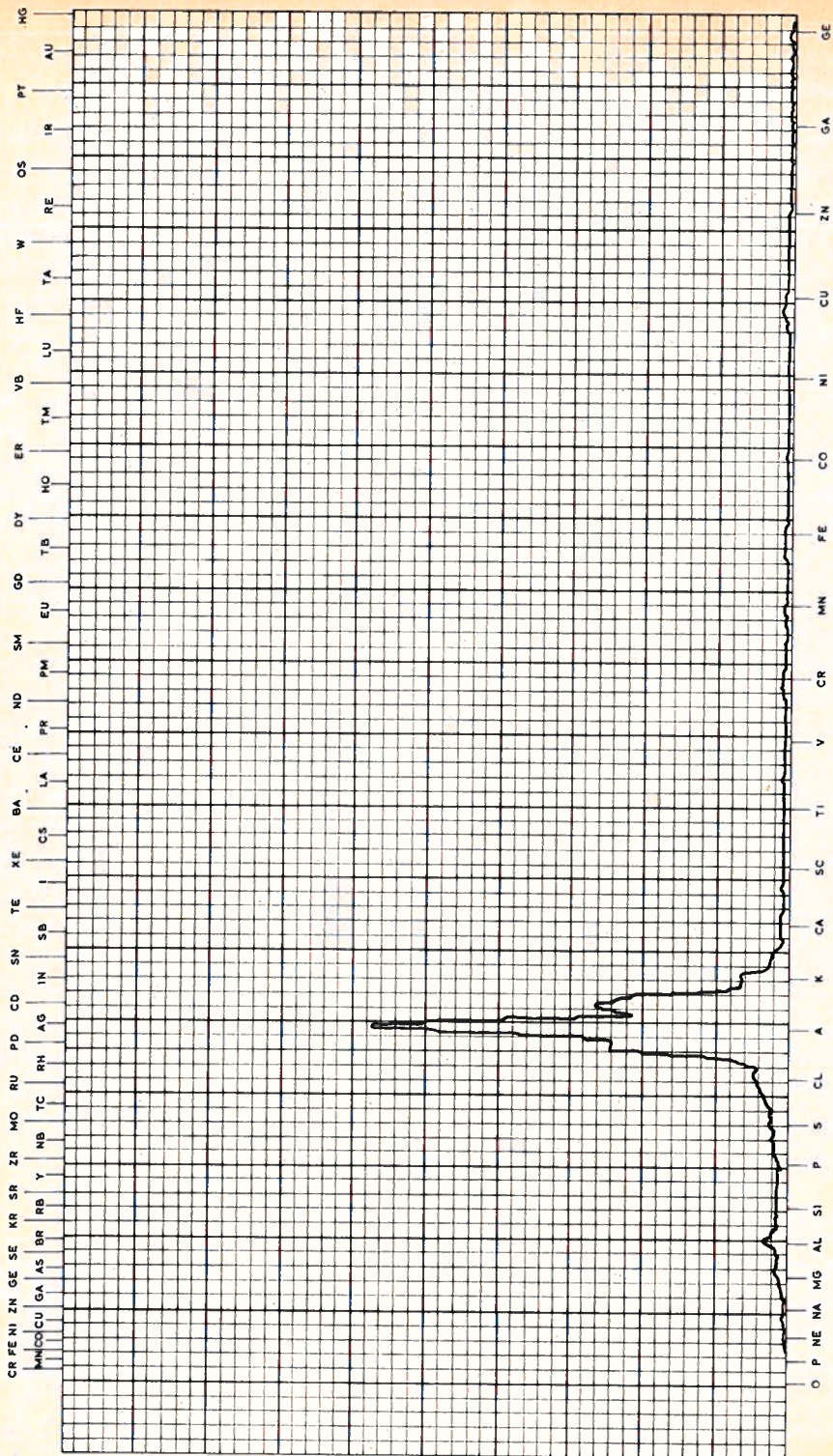
Het scheidendvermogen van een rasterelektronenmicroscop hangt niet uitsluitend af van de optiek (lensfouten, lensopening en kleinste „spot-diameter”). Ook de indringdiepte van de elektronen in het preparaat is daarop van invloed: deze lengte is kleiner naarmate de energie van de invallende elektronen lager is. Er is daarom geen eenvoudige formule voor het scheidendvermogen te geven. Wel kan als grens genoemd worden, dat bij een elektronenenergie van 25 keV en het gebruik van een normale thermische kathode, het scheidendvermogen in het gunstigste geval ca. 7 nm (70 Å) bedraagt. Deze waarde is ook met de REM van het DNL in gunstige omstandigheden haalbaar. Voor de beeldkwaliteit is ook de signaal/ruis verhouding van belang. Bij een sterke vergroting is een kleine vlek nodig om een voldoende hoog scheidendvermogen te krijgen. De stroomdichtheid in de aftastende bundel ligt echter vast door de helderheid van de kathode in het elektronenkanon, de openingshoek van de bundel, de versnelspanning en de transmissie van de optische elementen. Bij constante openingshoek en versnelspanning wordt de stroom in een kleine vlek gering, en ook het detectorsignaal zal dus klein worden, zodat de signaal/ruis verhouding ongunstig wordt. Er zijn drie ruisbronnen aan te wijzen: de stroomruis in de aftastende bundel, de stroomruis in de secundaire-elektronen-stroom en de eigen ruis van de detector. De ruis van deze drie bronnen is kleiner te maken door het detectorsignaal over enige tijd te integreren, wat inhoudt dat men de aftastnelheid laag moet kiezen. Samenvattend kunnen we zeggen dat deze rasterelektronenmicroscop vergrotingen mogelijk maakt die kunnen variëren van enkele malen tot 300.000 x toe, dat de scherpte-diepte groot is en dat doorgaans geen of slechts zeer eenvoudige preparateertechnieken nodig zijn.

Tenslotte is er dan nog een voordeel dat in het voorgaande niet ter sprake gekomen is: de beeldinformatie wordt verkregen als een in de tijd variërend elektrisch signaal. Dit geeft de mogelijkheid de kwaliteit van het beeld te verbeteren door bewerking van dit signaal. Ook kan het beeldsignaal worden opgeslagen, b.v. op magneetband, en het signaal is ook beschikbaar voor automatische informatieverwerking.

Röntgenanalyse

Binnenkomende röntgenstralen worden in de röntgendetector omgezet in elektrische pulsen met een hoogte die een maat is voor de energie van de röntgendeeltjes. Deze elektrische pulsen gaan naar een pulshoogte-analysator, waar ze worden ingedeeld volgens hun hoogte en opgeslagen in een geheugen-

L alpha lines



K alpha lines

fig. 10.

eenheid. Na enige tijd kan het gehele spectrum op het scherm van een monitor worden afgebeeld, waaruit afgeleid kan worden welke elementen vanaf atoomnummer 11 (natrium) en hoger aanwezig zijn. Fig. 10 geeft een x-y tekening van het verkregen beeld op het monitorscherm. Deze tekening is gemaakt op speciaal papier waarop gelijk afgelezen kan worden welke elementen voorkomen in het spectrum. De analyses kunnen op verschillende wijzen worden uitgevoerd, waarbij we respectievelijk een punt-, lijn-, en oppervlakte-analyse kunnen maken. Bij een puntenanalyse wordt de bundel op een bepaald punt op het preparaat gefixeerd. Op de monitor kan nu worden afgelezen welke elementen in dit punt aanwezig zijn. Bij een lijnanalyse tast de bundel met zeer lage snelheid een denkbeeldige lijn in het preparaat af, waarbij kan worden gemeten welke elementen langs deze lijn aanwezig zijn. Bij een oppervlakte-analyse geldt hetzelfde voor dat gedeelte van het preparaat dat op het scherm wordt afgebeeld. Men kan daarbij ook een energievenster inschakelen, waarbij alleen de pulsen uit de röntgendetector afkomstig van één element, worden doorgelaten. Als men met dit signaal de schrijvende bundel gaat moduleren, ontstaat een element-beeld waaruit men duidelijk kan aflezen op welke plaatsen het desbetreffende element aanwezig is. Dit kan men doen voor zowel het gehele preparaat als voor een lijn horizontaal over het preparaat (fig. 11).

In het spectrum (fig. 10) bevindt zich ook informatie voor wat betreft de procentuele verhouding van de elementen. De informatie zit in het oppervlak van de pieken in het spectrum. Deze informatie kan met een computer geanalyseerd worden. De computer is nodig omdat verschillende correcties moeten worden toegepast, zoals voor ruis, achtergrond en de z.g. ZAF-correctie. Deze ZAF-correctie houdt in correcties voor atoomnummer (Z), Absorptie (A) en Fluorescentie (F). De analyse vindt plaats door vergelijking met element standaarden. Dit kan zijn door rechtstreekse vergelijking of indirecte vergelijking door middel van standaarden welke in het geheugen van de computer in de vorm van specifieke element gegevens zijn opgenomen.

Kleurenbeeld met de REM

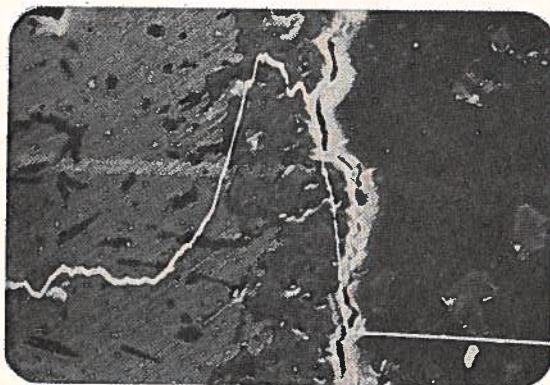
Tenslotte moet nog de veel gestelde vraag beantwoord worden of het verkrijgen van gekleurde beelden met de REM mogelijk is. Gezegd kan worden dat het principieel onmogelijk is, omdat we met elektronen werken, waarvan de golflengte enkele ordes (100.000 x) lager ligt dan van het zichtbare gebied. Er zijn wel kleurenbeelden van REM-opnamen gepubliceerd, maar hierbij gaat het om het kunstmatig aanbrenge van kleuren



Secundaire elektronenbeeld van de oxydelaag van Cr_2O_3 .



Röntgenbeeld van Cr over de oxydelaag van Cr_2O_3 .



Lijnanalyse van Cr over de oxydelaag van Cr_2O_3 (witte lijn over REM-beeld)

fig. 11. Secundaire elektronen, röntgenbeeld en lijnanalysebeeld van een Nimonic legering, welke plaatselijk geoxydeerd is. Samenstelling is 80 % nikkel en 20 % chroom.

langs fotografische weg, of met een kleuromzetter, waarbij contrastverschillen worden omgezet in kleurenverschillen. Tussen deze kleuren en de kleuren van het preparaat bestaat echter geen enkele relatie. Bij het ontstaan van fotonen worden in het zichtbare gebied kleuren geproduceerd. Wanneer drie detectoren worden toegepast met kleurfilters, dan kan via een voorversterker en een kleurenmonitor een kleurenbeeld zichtbaar worden gemaakt (denk aan kleurentelevisie).

Opstelling en toepassing bij het DNL

De complete opstelling van de apparatuur is te zien in fig. 12.

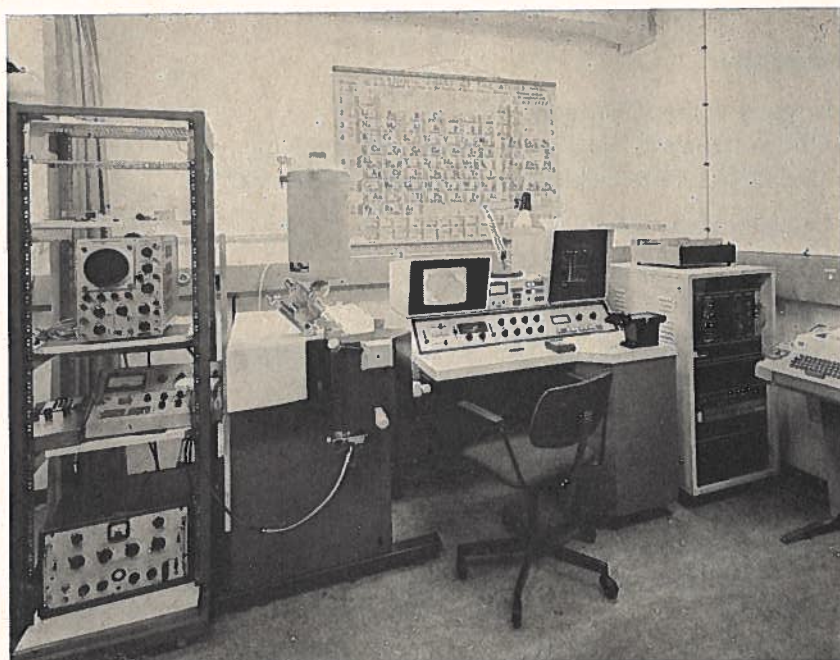


fig. 12. Opstelling micro-analyse apparatuur DNL.


In het midden staat de REM, op de console de videomonitor van de microscoop en de videomonitor van het röntgenanalyse-apparaat met daartussen het door het DNL ontwikkelde bedieningspaneel. Rechts is het röntgenanalyse-apparaat geplaatst met daarin de computer. Op dit apparaat staat de x-y schrijver welke het spectrum tekent. Geheel links is een rek geplaatst voor apparatuur waarmee in de preparaatkamer kan worden gemeten (b.v. IC's). Deze opstelling wordt gebruikt voor de volgende onderzoeken:

- 1e onderzoek halfgeleiders (IC's, transistoren enz.)
- 2e „ passieve elektronische componenten (weerstanden condensatoren enz.)
- 3e „ contacten (relais, schakelaars enz.)
- 4e „ chemische preparaten (corrossie enz.)
- 5e „ oppervlakten glasvezels (voor toekomstige transmissiekabels)
- 6e „ dikke en dunne lagen (toepassing in transmissieapparatuur en b.v. semafoon)
- 7e „ kristallen.

Literatuurlijst

1. Kuypers, W. en Tiemeijer, J. C.
Philips technisch tijdschrift, jaarleng 35, 1975, no. 6.
„De Philips rasterelektronenmicroscop PSEM 500”.
2. Camscan documentatie.
3. Link systems documentatie.
4. Henstra, S.
Natuur en Techniek 7 - '76. Elektronenmicroscopie.
5. Isings, J. en Hoofdman, R.N.
Natuur en Techniek. Rasterelektronenmicroscopie.
6. Selzer, A., Dieball, J. W. and D. Lichtman
Auger Electron Spectroscopy, SEM and Non-Dispersive X-Ray Analysis
Techniques for Examination of Ag-CDO Contact materials.
IEEE Transactions of parts, hybrids, and packaging, vol. PHP-11, no. 2,
June 1975.
7. Holm, R.
Neuere Entwicklungen in der Rasterelektronenmikroskopie.
Siemens Mitteilungen.
8. Morin, P., Pitaval, M. and E. Vicario
Direct observations of insulator with a scanning elektronenmicroscope.
Journal of Physics E: Scientific Instruments 1976 volume 9.
9. Hardy, W. R., Behera, S. K. and D. Cavan
A voltage contrast detector for the SEM.
Journal of Physics E: Scientific Instruments 1975 volume 8.

m
kg
s
A
K
mol
cd



**MEETEENHEDEN
EN HUN
TOEPASSING**

BEWERKT DOOR P.J. BOOMGAARD

Het uitgangspunt voor regelingen op het gebied van eenheden is in vrijwel alle landen thans het internationale Stelsel van Eenheden, volgens internationale afspraak aangeduid als SI. Het SI is in 1960 als uitbreiding en vervolmaking van het Metrieke Stelsel vastgesteld door de 11e Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM, de algemene vergadering van bij de Meterconventie aangesloten landen). Het stelsel omvat grondeenheden, aanvullende eenheden en afgeleide eenheden, die samen een **coherent** stelsel vormen, alsmede voorvoegsels voor de vorming van **decimale** veelvoud en delen.

Dit gegeven vormt het uitgangspunt van een artikelserie over het SI. Voor de samenstelling is gebruik gemaakt van een artikel van de hand van C. J. van Aarle en A. T. Hens in „Normalisatie”, 53e jaargang, nr. 11/12, 1977, uitgave Nederlands Normalisatie Instituut (NNI) te Rijswijk.

Tevens werd geput uit gegevens voorkomend in de brochure „Meeteenheden in beweging”, samenstelling en uitgave Dienst van het IJkwezen te 's-Gravenhage.

Wij danken de beide uitgevers voor hun toestemming tot overname van de belangrijke gegevens uit hun uitgaven.

DEEL 1

Inleiding

Bij het meten van grootheden (meetbare begrippen), wordt voor het weergeven van de resultaten van deze activiteit gebruik gemaakt van vergelijkingshoeveelheden, meestal eenheden genoemd. Aangepast aan het doel waar-

voor de meetgegevens verzameld worden, bedient men zich hierbij bij voorkeur veelal van ‚handzame‘, meestal arbitrair gekozen eenheden. Historisch zijn op deze wijze de vele gekozen eenheden verklaarbaar. Het is soms boeiend na te gaan hoe de eenheden zich, uitgaande van een oorspronkelijk gebruiksdoel, hebben ontwikkeld. Vele oude eenheden hebben hun betekenis verloren en zijn daardoor terecht in onbruik geraakt. In een beperkt systeem van communicatie of gebruik van eenheden zijn „gebruikelijke“ eenheden nauwelijks storend. Het is onnatuurlijk daarbij het gebruik van nieuwe eenheden te forceren.

Een bekend voorbeeld hierbij is het registreren van meetgegevens van een bepaalde grootheid, ten einde na te gaan hoe de getalwaarde bijvoorbeeld over een bepaalde tijd verloopt (toeneemt, afneemt of constant blijft). De gegevens worden verder niet verwerkt in eenhedenvergelijkingen of in een groter systeem van bijvoorbeeld berekeningen. Bij het zuiver registreren is de keuze van de eenheid secundair. Als voorbeeld kan hierbij genoemd worden de registratie van de dag- of weekopbrengst van een oliebron in barrels (159 liter). Verschillende studies hebben geleid tot een grotere ‚eenheid in eenheden‘, maar hadden bij de eerste ontwikkeling betrekking op een beperkt vakgebied.

Langzamerhand hebben twee ontwikkelingen geleid tot de wens en zelfs de noodzaak van een universele eenheid in eenheden.

In de eerste plaats kan hierbij genoemd worden het groeiende (en tegenwoordig als normaal aangenomen) internationale contact bij de uitwisseling van meet- en registratiegegevens. Hierbij is het niet langer verantwoord — gelet op de vele fouten en vertragingen, die hierbij onvermijdelijk zijn — de vele bovengeschetste historisch gegroeide en vaak lokaal gebonden eenheden te blijven gebruiken. Het herleiden van de verschillende eenheden met behulp van omrekeningsfactoren moet in dit verband als een lapmiddel worden beschouwd, nog afgezien van de vele fouten die hierbij meestal ontstaan.

Een tweede, en in wezen nog belangrijker, reden van de noodzaak tot grotere eenheid in eenheden wordt veroorzaakt door de toenemende noodzaak van samenwerking respectievelijk de veelvuldige contacten tussen de voorheen vrijwel geheel gescheiden optredende specialisaties. Deze laatste ontwikkeling kan onder meer worden vastgesteld bij het ontwerpen van installaties, machines en apparaten waarbij bijvoorbeeld bouwkundige, werktuigbouwkundige, elektrische, chemische en allerlei vormen van meet-

en regeltechnisch specialisaties (en ,persoonlijke specialismen') samenwerken om op deze wijze een optimaal resultaat te bereiken. De tot nu toe gebruikelijke deeloptimalisatie met per vakgebied onderling veelal verschillende eenheden voor gelijke of gelijkwaardige grootheden staan deze duidelijke ontwikkeling van samenwerking van deel-specialisaties in de weg. Bij berekeningen in natuurkundige processen wordt veelal uitgegaan van groothedenvergelijkingen (bijvoorbeeld kracht = massa \times versnelling), die het verband tussen de ,samenwerkende' grootheden aangeven. Door het invullen van de bij de verschillende grootheden behorende eenheden, gaat een groothedenvergelijking over in een eenhedenvergelijking. Bij het willekeurig kiezen van de eenheden, wordt de vergelijking meestal ,sluitend' gemaakt door het opnemen van een aantal factoren, coëfficiënten en dergelijke. Bij het gebruik van SI-eenheden, die in het SI (internationale systeem van eenheden) een coherent geheel vormen, volgt de eenhedenvergelijking logisch uit de groothedenvergelijking. Door het invullen van de betreffende getalwaarden ontstaat dan bovendien voor de verschillende SI-eenheden de zogenaamde getalwaardenvergelijking, die dan meestal eenvoudig rekenskundig is op te lossen. Hoewel speciaal van toepassing op berekeningen, blijkt dat men door gebruik van SI-eenheden in dit verband veel vergissingen kan voorkomen. In enigszins ingewikkelde berekeningen kan vooral grote tijdswinst worden bereikt.

Richtlijn

Uit het bovenstaande zal men gemakkelijk constateren dat verdere invoering van het SI verstandig is. Hoewel men daar reeds ver mee gevorderd is worden er nog steeds oude eenheden gebruikt, eenheden die zozeer zijn ingeburgerd dat men node van het gebruik afziet.

Veel bezwaren lijkt het dan ook niet te geven wanneer in deze overgangstijd oude eenheden informatief aan de voorkeurs — nieuwe SI — eenheden worden toegevoegd. De wettelijke ,dekking' of verplichting die vaak voor de noodzaak tot invoering van SI-eenheden als „stok-achter-de-deur" wordt gebruikt, dient meer als ondersteunend te worden beschouwd: niet overtuigende dwangmiddelen hebben meestal (terecht) een averechts effect!

Voor regelingen en afspraken is evenwel in ruime mate gezorgd.

In de EEG is in 1971 een Richtlijn inzake de meeteenheden aangenomen (71/354/EEG). In 1976 werd deze Richtlijn op een aantal punten gewijzigd (76/770/EEG). De Richtlijn is op het SI gebaseerd. Om praktische redenen zijn echter ook een aantal niet tot het SI behorende eenheden blijvend of tijdelijk erkend.

Volgens de Richtlijn mogen in het economische verkeer, op de gebieden van volksgezondheid en veiligheid en bij handelingen van bestuursrechtelijke aard uitsluitend erkende eenheden worden gebruikt ter aanduiding van overeenkomstige grootheden.

De bepalingen van de richtlijn houden verder in:

- a. vaststelling van de erkende eenheden;
- b. vaststelling van de symbolen van de erkende eenheden;
- c. regels voor de vorming van decimale veelvoud en delen van de erkende eenheden.

De bepalingen van de Richtlijn dienen in de nationale wetgevingen van de aangesloten landen te worden opgenomen.

In Nederland is voor het economische verkeer hieraan gevolg gegeven door aanpassing van de bepalingen in de IJkwet en het daarbij behorende Eenhedenbesluit.

De wijziging van het Eenhedenbesluit per 1 januari 1978 houdt in dat met ingang van die datum de volgende eenheden zijn vervallen:

micron, kilogramkracht, meter water kolom, meter kwikkolom (alleen de millimeter kwik als eenheid van bloeddruk blijft nog tijdelijk gehandhaafd), calorie en paardekracht.

Verboden eenheden?

Het lijkt wat vreemd maar er rust wel degelijk een verbod op het gebruik van niet erkende eenheden.

Uiteraard is de verbodsbepaling niet bedoeld om elke particulier tot het gebruik van het Internationale Stelsel van Eenheden te dwingen. Het gaat hier om het zakelijk gebruik.

Een verbod op het gebruik van niet-erkende eenheden is opgenomen in artikel 5 van de IJkwet 1937. Dit artikel, voor zover hier van belang, luidt sinds 1 januari 1978:

”Artikel 5

1. Het is verboden in de uitoefening van een beroep of bedrijf bij het vragen, het aanbieden of het leveren van goederen of diensten:
 - a. een grootheid uit te drukken in een andere dan een erkende meeteenheid, indien voor die grootheid een erkende meeteenheid geldt. . . ;
2. Onze Minister van Economische Zaken kan vrijstelling verlenen van het bepaalde in het eerste lid”.

Het eerste lid van artikel 5 houdt in dat in beginsel in het gehele economische

verkeer wettige eenheden dienen te worden gebruikt. Het gaat hier niet alleen om goederen en diensten zelf, maar ook om bijbehorende documenten, zoals offertes, facturen, handleidingen, folders, polissen e.d.

Vrijstellingen

Op grond van het tweede lid van artikel 5 zijn bij Ministeriële Beschikking een aantal vrijstellingen gegeven. Deze houden in dat onder andere in de volgende gevallen onwettige eenheden mogen worden gebruikt:

- in folders, polissen enz., vervaardigd voor 1 januari 1978;
- op goederen, in het verkeer gebracht voor 1 januari 1978 en op reserveonderdelen van die goederen;
- op goederen (en in bijbehorende papieren) die worden vervaardigd in een serieproductie die vanaf een tijdstip voor 1 januari 1978 na die datum ongewijzigd doorgaat;
- in het internationale goederen- of dienstenverkeer (dit houdt in dat in het verkeer tussen fabrikant en importeur de nodige ruimte in het eenhedengebruik is gegeven; zodra de importeur zich evenwel op de Nederlandse markt gaat begeven, moeten wettige eenheden worden gebruikt);
- in de zeevaart, de luchtvaart of het spoorwegverkeer, een en ander volgens internationale overeenkomsten;
- voorzover het betreft onder andere de volgende eenheden, indien die naast de wettige eenheden worden gebruikt:
millimeter kwik, calorie, paardekracht, buitenlandse meeteenheden.

Pond, ons en cc zijn eenheden, die reeds lange tijd verboden zijn en die derhalve in geen enkel geval, ook niet als tweede eenheid, mogen worden gebruikt.

Historische achtergrond

Al in 1820 werd in Nederland het Metrieke Stelsel voor de handel verplicht. Dit Metrieke Stelsel was tussen 1790 en 1799 in Frankrijk ontwikkeld. De eenheid van lengte, de meter, was voor dit stelsel gedefinieerd als 1 veertigmiljoenste van de aardomtrek, gemeten over de polen. Een materiële maat van deze lengte werd in 1799 opgenomen in de Franse Staatsarchieven in het Louvre, de „mètredes archives”. Een materiële standaard met een massa gelijk aan die van een kubieke decimeter water bij 4 °C werd eveneens in de archieven opgenomen, het „kilogramme des archives”.

Met de invoering van het Metrieke Stelsel werd in ons land een einde gemaakt aan de chaos in meeteenheden voor lengte, massa en volume. Eenheden als o.a. het Brabants pond (469,10 g), het Amsterdamse pond (15,440 g) en de Rijnlandse roede (3.767 m) raakten in onbruik.

In de loop van de jaren werd het Metrieke Stelsel door een groot aantal landen ingevoerd. Echter niet in Amerika en in Groot-Brittannië en de toenmalige Engelse koloniën. Daar bleef het imperiale stelsel in gebruik met de yards als eenheid van lengte en het pound (lb) als eenheid van massa.

Door de ontwikkeling van de wetenschap en techniek hebben allerlei andere natuurkundige grootheden geleidelijk ook hun plaats in het dagelijks leven veroverd. Daarvoor werden gebruikseenheden ingevoerd, vaak op grond van een meetmethode, die voor het grootste deel geen eenvoudige samenhang vertoonden met de eenheden van het Metrieke Stelsel.

Het „stelsel” van eenheden werd daardoor wederom nogal chaotisch en de rekenarij voor het „herleiden” van eenheden erg ingewikkeld.

Om een voorbeeld te geven: $1 \text{ pk} = 735.498 \text{ 75 kg m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$.

Het was dan ook niet verwonderlijk dat er een streven naar vereenvoudiging ontstond. In 1901 wees de Italiaanse natuurkundige Giovannie Giorgi op de mogelijkheid om een volledig samenhangend stelsel van eenheden te maken door koppeling van sinds 1870 bestaande elektrische eenheden met de meter, het kilogram en de seconde. Daarmee legde hij de basis voor het huidige Internationale Stelsel van Eenheden SI.

Het duurde echter tot 1960 voordat dit stelsel officieel werd aanvaard door de Conférence Générale des Poids et Mesures (de algemene vergadering van de bij de in 1875 gesloten Meterconventie aangesloten landen).

Sindsdien hebben vrijwel alle landen besloten om het SI te gaan invoeren, ook Engeland en Amerika en vrijwel alle vroegere Britse koloniën.

Op basis van het SI is er nu dus uitzicht op een wereldwijd communicatiemiddel voor het uitdrukken van fysische grootheden.

Daarvoor moeten de vanouds metrieke landen echter ook het SI in zijn geheel invoeren.

**Wist U dat ook niet-P.T.T.'ers
het studieblad lezen ?**



ANDRÉ MARIE AMPÈRE

(22 januari 1775 - 10 juni 1836)

Frans natuurkundige, professor aan het Collège de France in Parijs, maakte vooral studie van het magnetisme en de elektriciteit en werd beroemd door zijn electro-dynamische theorie. 1 ampère = 1 A = de eenheid van stroomsterkte in het praktische stelsel = 10^{-1} abs. c.g.s.-eenheid.

Standaard: 1 internationale ampère is de constante stroom, die bij doorgang door een verdunde zilvernitraatoplossing per sec. 1,11800 mg zilver neerslaat.
1 int. ampère = 0,9999 abs. ampère.

De erkende meeteenheden

Groep 1: SI-eenheden

1.1. De grondeenheden van het SI [1]

Grootheid	SI-eenheid	
	naam	symbool
lengte	meter	m
massa [2]	kilogram	kg
tijd	seconde	s
elektrische stroom	ampère	A
thermodynamische temperatuur [3]	kelvin *	K
hoeveelheid stof	mol	mol
lichtsterkte	candela **	cd

1.2. De aanvullende SI-eenheden [4]

Grootheid	SI-eenheid	
	naam	symbool
vlakke hoek	radiaal	rad
ruimtehoek	sterdiaal	sr

* Naast thermodynamische temperatuur (ook wel kelvintemperatuur genoemd) kent men de grootheid celsiustemperatuur. De SI-eenheid daarvoor is de graad Celsius, symbool °C, die gelijk is aan de kelvin. De celsiustemperatuur is gedefinieerd als het verschil $t = T - T_0$ tussen twee thermodynamische temperaturen T en T_0 , waarbij $T_0 = 273,15$ K.

** Uitspraak: candela = kandéla, newton = njoeton, joule = dzjoel.

1.3. De afgeleide SI-eenheden

1. De afgeleide SI-eenheden zijn eenheden die op coherente wijze zijn afgeleid van de SI-grondeenheden en de aanvullende SI-eenheden. Deze eenheden worden gegeven in de vorm van machtsprodukten van de SI-grondeenheden en de aanvullende SI-eenheden met een getalfactor gelijk aan 1 (de getalfactor 1 is het kenmerk van een *coherent* stelsel).

Voorbeelden:

Grootheid	SI-eenheid	
	naam	symbool
oppervlakte	vierkante meter	m^2
inhoud	kubieke meter	m^3
snelheid	meter per seconde	m/s of $m\ s^{-1}$
versnelling	meter per secondekwadraat	m/s^2 of $m\ s^{-2}$
hoeksnelheid	radiaal per seconde	rad/s of $rad\ s^{-1}$
golfgetal	(één) per meter	m^{-1}
volumieke massa, dichtheid	kilogram per kubieke meter	kg/m^3 of $kg\ m^{-3}$
massaconcentratie	kilogram per kubieke meter	kg/m^3 of $kg\ m^{-3}$
molaire concentratie	mol per kubieke meter	mol/m^3 of $mol\ m^{-3}$
stroomdichtheid	ampère per vierkante meter	A/m^2 of $A\ m^{-2}$
luminantie	candela per vierkante meter	cd/m^2 of $cd\ m^{-2}$

2. Een aantal afgeleide SI-eenheden heeft een eigen naam en symbool.

Grootheid	SI-eenheid		
	naam	symbool	afleiding
frequentie	hertz	Hz	$= s^{-1}$
kracht	newton ^{⊙ ⊚}	N	$= kg\ m\ s^{-2}$
druk	pascal	Pa	$N\ m^{-2} = kg\ m^{-1}\ s^{-2}$
energie, arbeid, hoeveelheid warmte	joule ^{⊙ ⊚}	J	$N\ m = kg\ m^2\ s^{-2}$
vermogen	watt	W	$J\ s^{-1} = kg\ m^2\ s^{-3}$
elektrische lading	coulomb	C	$= A\ s$
elektrische spanning	volt	V	$W\ A^{-1} = kg\ m^2\ s^{-3}\ A^{-1}$
elektrische capaciteit	farad	F	$C\ V^{-1} = kg^{-1}\ m^{-2}\ s^4\ A^2$
elektrische weerstand	ohm	Ω	$V\ A^{-1} = kg\ m^2\ s^{-3}\ A^{-2}$
elektrische geleiding	siemens	S	$\Omega^{-1} = kg^{-1}\ m^{-2}\ s^3\ A^2$
magnetische flux	weber	Wb	$V\ s = kg\ m^2\ s^{-2}\ A^{-1}$

Grootheid	SI-eenheid		
magnetische inductie	tesla	T	$\text{Wb m}^{-2} = \text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1}$
inductantie	henry	H	$\text{Wb A}^{-1} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{A}^{-2}$
lichtstroom	lumen	lm	$= \text{cd sr}$
verlichtingssterkte	lux	lx	$= \text{cd sr m}^{-2}$
activiteit	becquerel	Bq	$= \text{s}^{-1}$
geabsorbeerde dosis	gray	Gy	$\text{J kg}^{-1} = \text{m}^2 \text{s}^{-2}$

3. Door combinatie van de afgeleide SI-eenheden met een eigen naam met de grondeenheden en aanvullende eenheden worden weer afgeleide SI-eenheden gevormd.

Voorbeelden:

Grootheid	SI-eenheid	
	naam	symbool
moment van een kracht	newton meter	N m
oppervlaktespanning	newton per meter	N m^{-1}
soortelijke warmte	joule per kilogram kelvin	$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
thermische geleiding	watt per meter kelvin	$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$
elektrische veldsterkte	volt per meter	V m^{-1}
molaire energie	joule per mol	J mol^{-1}
dynamische viscositeit	pascal seconde	Pas

1.4. Voorvoegsels voor het vormen van decimale veelvoud en delen van SI-eenheden

Voorvoegsel	Symbool	Factor	Voorvoegsel	Symbool	Factor
exa	E	10^{18}	deci	d	10^{-1}
peta	P	10^{15}	centi	c	10^{-2}
tera	T	10^{12}	milli	m	10^{-3}
giga	G	10^9	micro	μ	10^{-6}
mega	M	10^6	nano	n	10^{-9}
kilo	k	10^3	pico	p	10^{-12}
hecto	h	10^2	femto	f	10^{-15}
deca	da	10	atto	a	10^{-18}

Het SI en zijn eenheden

Voor een goed begrip en ter voorkoming van misverstand verdient het aanbeveling dat men zich realiseert wat het SI is en welke maatstaven zijn aangehouden bij de opbouw van dit voor de gehele natuurkunde ontwikkelde stelsel van eenheden.

In de eerste plaats drie omschrijvingen van belangrijke begrippen:

- **grootheid:** een meetbaar begrip (lengte, inhoud, weerstand, enz.);
- **eenheid:** maat (staf) waarmee de grootheid bij het meten wordt vergeleken (meter, graad Celsius, watt, enz.);
- **getalwaarde:** geeft aan hoeveel maal de (gekozen) eenheid bij de meting in de grootheid is begrepen (20, 10, 31, 0,6).

Het onderscheidt tussen grootheid en eenheid is fundamenteel.

Zoals we eerder zagen is het SI een internationaal erkend stelsel van eenheden voor de gehele natuurkunde (alle vakspecialisaties) en vormt het een systematisch en coherent opgebouwd geheel. Het SI stoelt op zeven basisgrootheden (lengte, massa, tijd, elektrische stroom, thermo-dynamische temperatuur, lichtsterkte en hoeveelheid materie (stof), met zeven bijbehorende grondeenheden (respectievelijk meter, kilogram, seconde, ampère, kelvin, candela en mol). Daarnaast worden twee aanvullende grootheden onderscheiden, namelijk de vlakke hoek (eenheid: radiaal) en de ruimtehoek (eenheid: steradiaal).

Afgeleide SI-eenheden voor andere dan de basisgrootheden worden gevormd door machtprodukten van SI-grondeenheden en aanvullende eenheden met een numerieke factor gelijk aan 1 (deze numerieke factor 1 is het kenmerk van een coherent stelsel). Een beperkt aantal afgeleide SI-eenheden heeft een eigen naam gekregen (voorbeelden: kracht/newton, vermogen/watt, elektrische weerstand/ohm).

Door combinatie van afgeleide SI-eenheden met een eigen naam met de grondeenheden en/of aanvullende eenheden kunnen weer nieuwe afgeleide SI-eenheden worden gevormd (voorbeelden: oppervlaktespanning/newton per meter, dynamische viscositeit/pascal seconde).

Decimale veelvoud en delen van SI-eenheden gebruik van genormaliseerde voorvoegsels (voorbeelden: mega, kilo, milli, micro, enz.).

Examenvraagstukken

bewerkt door ing. P. A. de Boer

In deze regelmatig terugkerende rubriek worden enige vraagstukken behandeld van de VEV examens voor

- VAKMAN Theorie (VT = Theorie deel van het vakexamen)
- MONTEUR Theorie (MT = Theorie deel van het monteurexamen)
- Bedrijfselektronica - MONTEUR (BEM)
- Telecommunicatie - MONTEUR (TCM)

Deze keer zijn dat een aantal examen opgaven uit de serie VT.

De opgaven zijn opgesteld volgens het meerkeuze systeem.

De oplossingen vindt men op blz. 288.

In het decembernummer 1977 van het Studieblad is een uiteenzetting gegeven over de nieuwe opzet en de nieuwe benamingen bij de VEV opleidingen.

Wij handhaven hier echter de benamingen welke van kracht waren toen er geëxamineerd werd met gebruikmaking van onderstaande vraagstukken.

VT 1. Een eigenschap van een serieschakeling is dat de

- A stroom door elke weerstand even groot is
- B stroom zich over de weerstanden verdeelt
- C spanning over elke weerstand even groot is
- D vervangingsweerstand kleiner is dan de kleinste weerstand

VT 2. 110 kV is

- A 0,110 V
- B 11000 V
- C 110000 V
- D 1100000 V

VT 3. De wet van Ohm luidt

- A $R = U \times I$
- B $I = U \times R$
- C $U = I \times R$
- D $P = U \times R$

VT 4. Op een lamp staat vermeld 200 V — 100 W.

De stroom die de lamp opneemt bij aansluiting op 200 V is

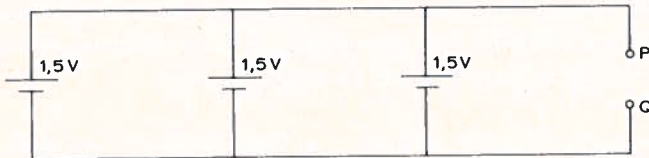
- A 0,5 A
- B 1 A
- C 2 A
- D 5 A

VT 5. Een elektrische gong neemt bij aansluiting op 24 V een stroom op van 6 A.

Het vermogen van de elektrische gong is

- A 4 W
- B 6 W
- C 96 W
- D 144 W

VT 6.



Wanneer elk element een emk heeft van 1,5 V, bedraagt de spanning tussen P en Q

- A 0 V
- B 1,5 V
- C 3 V
- D 4,5 V

VT 7. Bij een viergeleidernet 380/220 V ∞ is de spanning tussen twee fasen

- A 0 V
- B 220 V
- C 380 V
- D 440 V

Technisch Engels

bewerkt door mej. C. V. Poolman en W. S. v. Dam

Multiplex-demultiplex

If we **consider** a busy trunk telephone circuit such as between London and Birmingham, during the day many hundreds of people in the two cities wish **to converse** simultaneously. One way of **dealing with** this would be to have several hundred pairs of wires between the cities — one pair for each conversation. However, this would be very expensive and an alternative system which allows one pair of conductors to carry perhaps a thousand or more simultaneous conversations is usually employed. This **technique** is known as multiplexing.

Each signal **occupies** a certain bandwidth. For example, all the useful characteristics of speech, including sufficient to identify the voice of the caller, are contained in the frequency band from about 300 Hz to 3,400 Hz; the actual limits vary slightly from system to system. We might, therefore, consider **displacing** the frequency of **successive** speakers so that the first occupies a frequency band or channel of, say, 0-4 kHz, the second 4-8 kHz, the third 8-12 kHz, and so on. This is known as frequency division multiplex and would enable all the signals to be sent over one pair of wires. At the receiving end the various signals would be **unscrambled** or demultiplexed and each **caller** connected with the person to whom he wishes to speak.

Another form of multiplex is known as time division multiplex and **relies upon** reconstructing the original signal from very short **samples** taken at periodic intervals. The samples are usually taken at frequencies which are high compared to the upper limit of human perception (about 20 kHz). A filter in the output circuit reconstitutes the waveform to a close **approximation** of the original. If these samples are short compared to the time between successive samples, samples from other messages can be fitted into the intervals in the first. At the receiving end, the **reverse process ensures** that each received sample is sent to the **appropriate recipient**. There are other forms of multiplex systems, but these are **beyond** the scope of this book.

Overgenomen uit: „Telecommunications Pocket Book” samengesteld door T. L. Squires.
Uitg. Newnes-Butterworths, London.

EXPLANATORY NOTES

to consider	: beschouwen, in beschouwing nemen
consideration	: beschouwing, overweging
considerable	: aanzienlijk, belangrijk
to converse	: spreken, converseren
to deal with	: behandelen, aanpakken, afdoen b.v. to deal with a problem
technique	: een techniek, werkwijze
het Ned. woord techniek moet	op verschillende manieren in het Engels ver- taald worden, afhankelijk van de betekenis. Enige voorbeelden:
een nieuwe lastechniek	: new welding techniques
electrotechniek	: electrical engineering
technische wetenschap	: technical science
to occupy	: innemen, in beslag nemen
occupation	: bezetting, bezigheid, beroep
to displace	: verplaatsen, verschuiven, vervangen
een meer algemeen gebruikt woord voor vervangen is:	to replace
successive	: opeenvolgend (e)
to unscramble	: ontmengen, ontwarren
to scramble	: zich reppen, zich verdringen, vervormen (radiosignalen)
scrambled eggs	: roereieren
caller	: oproeper (telefonie)
Called party	: opgeroepene
to rely upon/on	: zich verlaten op, steunen op
sample	: monster, staal
approximation	: benadering
reverse	: omgekeerd, tegengesteld
to ensure	: zeker maken, waarborgen, ervoor zorgen
appropriate	: juist, geschikt, passend
recipient	: ontvanger (persoon, geen toestel)
een (radio)ontvanger	: a receiver
beyond	: buiten, aan de andere kant van, verder dan
scope	: strekking, omvang, gebied
beyond the scope of this book :	buiten het bestek van dit boek

Oplossingen examenvraagstukken

bewerkt door ing. P. A. de Boer

In dit nummer zijn enkele opgaven van de VEV-examens voor VT opgenomen.

De hierna gegeven oplossingen zijn — waar nodig — van een nadere toelichting voorzien.

VT 1. A is goed.

VT 2. C is goed.

VT 3. C is goed.

VT 4. A is goed.

Toelichting.

$$W = U \times I \text{ of } I = \frac{W}{E}, \text{ dus } I = \frac{100}{200} = 0,5 \text{ A.}$$

VT 5. D is goed.

Toelichting.

$$W = U \times I = 24 \times 6 = 144 \text{ W.}$$

VT 6. B is goed.

Toelichting.

Bij parallel schakelen van elementen blijft de spanning gelijk.

VT 7. C is goed.