

## Een nieuwe ultra-hoog vacuüm opstelling voor oppervlakte onderzoek

**Citation for published version (APA):**

Wouters, P. A. A. F., Hupkens, T. M., & Post, W. C. N. (1985). Een nieuwe ultra-hoog vacuüm opstelling voor oppervlakte onderzoek. *Novac Blad*, 23(1), 3-8.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1985

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# EEN U.H.V. OPSTELLING

## EEN NIEUWE ULTRA-HOOG VACUÛM OPSTELLING VOOR OPPERVLAKTE ONDERZOEK

door P.A.A.F. Wouters.

*De auteur van dit artikel is werkzaam bij het Fysisch Laboratorium van de Rijksuniversiteit Utrecht. Bij de ontwikkeling en de realisatie van deze opstelling werd hij terzijde gestaan door Th.M. Hupkens en W.C.N. Post.*

### INLEIDING

De reactiviteit van een vaste stof wordt in sterke mate bepaald door zijn oppervlak. Daarom is het belangrijk om de fundamentele processen, die aan het oppervlak plaatsvinden, te begrijpen. Deze interesse is niet alleen van wetenschappelijke, maar ook van technische aard: zo zijn katalytische eigenschappen van metalen evenals corrosiebestendigheid sterk afhankelijk van de toestand van het oppervlak.

De laatste jaren is door de vakgroep Atoom- en Molekulfysica van de Rijksuniversiteit Utrecht veel aandacht besteed aan de ontwikkeling van een nieuwe ultra-hoogvacuümopstelling, waarmee het mogelijk is zeer gedetailleerde informatie te verkrijgen over processen, die plaatsvinden bij botsingen van snelle ionen met het oppervlak van een metaal-één-kristal. Tevens kunnen de geometrische alsmede de elektronische structuren van kristaloppervlakken onderzocht worden. Ten behoeve van dit onderzoek zijn een aantal verschillende meettechnieken naast elkaar in één opstelling ondergebracht.

### Technische bijzonderheden van de opstelling

Uit technisch oogpunt is de opstelling interessant, omdat er in de ultra-hoogvacuümruimte (UHV druk  $< 10^{-8}$  Pa) diverse onderdelen met hoge precisie beweegbaar zijn (fig. 1). Het vacuüm wordt gecreëerd m.b.v. een 500 l/s turbomoleculaire pomp, welke via een vloeibaar-stikstof-val (voorzien van een Ti sublimator) aan de vacuümruimte pompt. De ionenbron, waarmee een bundel edelgasionen (meestal  $\text{He}^+$ ,  $\text{Ne}^+$  of  $\text{Ar}^+$ ) wordt gevormd, wordt differentieel tot een druk van  $2 \times 10^{-7}$  Pa gepompt met een 200 l/s turbomoleculaire pomp.

Het kristal is bevestigd op een manipulator<sup>1</sup> (fig. 2). Hiermee is het mogelijk het kristal volledig om een as loodrecht op het oppervlak te roteren (azimuthaal). Bovendien kan de (polaire) inschiethoek t.o.v. de ionenbundel gevarieerd worden.

De opstelling is voorzien van twee draaibaar opgestelde detectoren. Een vlakke-plaat-analysator, welke alleen in het botsingsvlak kan roteren, wordt gebruikt voor detec-

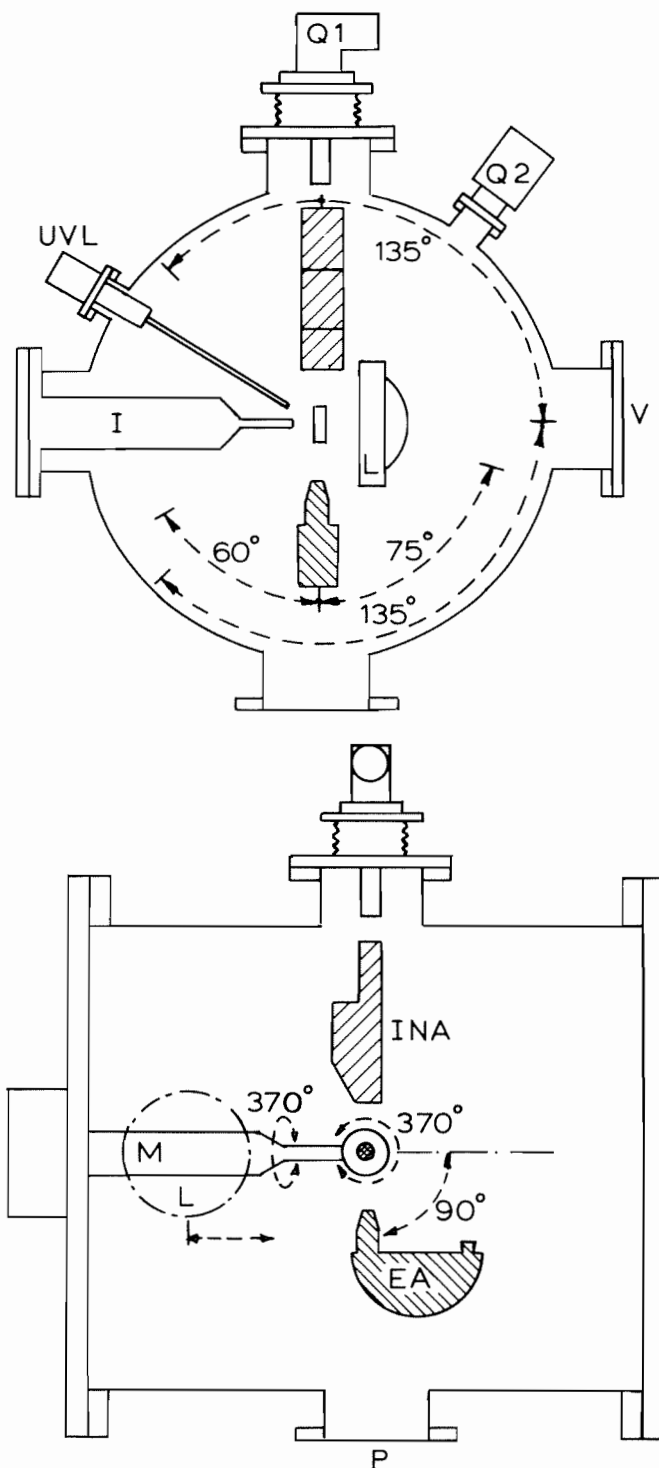


Fig. 1. Schematische tekening van de opstelling. M: manipulator, L: LEED-scherm, EA: elektronen analyser (halve-bollen-analyser), INA: ionen/neutralen analyser (vlakke-plaat-analyser), I: ionenbron, UVL: ultraviolet lamp, Q1, Q2: quadrupool-massa-analysatoren, V: venster, P: pompsysteem.

## EEN U.H.V. OPSTELLING

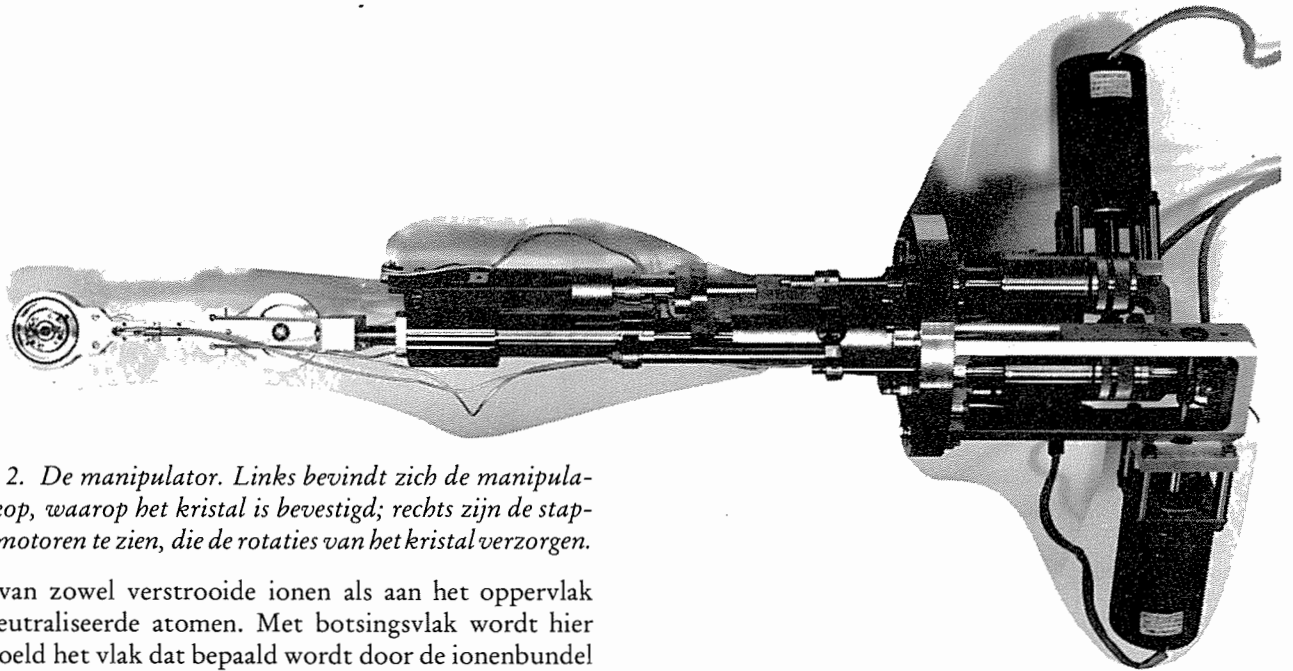


Fig. 2. De manipulator. Links bevindt zich de manipulatorekop, waarop het kristal is bevestigd; rechts zijn de stappenmotoren te zien, die de rotaties van het kristal verzorgen.

tie van zowel verstrooide ionen als aan het oppervlak geneutraliseerde atomen. Met botsingsvlak wordt hier bedoeld het vlak dat bepaald wordt door de ionenbundel en de normaal op het kristaloppervlak. Elektronen, die als gevolg van het ionenbombardement uit het kristaloppervlak ontsnappen, worden met een halve-bollen-analysator gemeten. Deze laatste detector kan niet alleen in, maar tevens uit het botsingsvlak gedraaid worden. Al deze rotaties geschieden met een hoeknauwkeurigheid van beter dan  $0,1^\circ$  tot circa  $0,5^\circ$ , afhankelijk van de rotatie. Daarnaast is het vereist, dat de drie rotatieassen van de detectoren binnen  $0,2$  mm door één punt gaan, namelijk de plaats waar de ionenbundel het kristal treft.

De rotaties van manipulator en detectoren evenals de elektrische spanningen, waarmee ionen en elektronen op energie geselecteerd worden, zijn computer gestuurd (PDP 11/73). Een speciaal voor dit experiment ontwikkeld programma maakt het mogelijk om de computer een voorgeprogrammeerde meetserie volkomen zelfstandig uit te laten voeren.

Als laatste dient nog vermeld te worden, dat een fluorescentiescherm met elektronenkanon m.b.v. een lineaire doorvoer tot voor het kristal gebracht kan worden. Hiermee wordt diffractie van laag energetische elektronen aan het oppervlak bestudeerd.

## MEETTECHNIEKEN

De opstelling biedt de mogelijkheid de volgende meettechnieken toe te passen:

## 1. Laag Energetische Ionen Verstrooiing (LEIS).

Een bundel projectielen met een energie tussen 1 en 10 keV wordt op een goed gestructureerd metaaloppervlak (een goed éénkristal) geschoten (fig. 3). Achter een oppervlak-atoom, dat door de ionenbundel getroffen wordt, ontstaat een schaduwgebied, waar geen primaire ionen kunnen voorkomen. Atomen in deze schaduwzone kunnen derhalve niet bijdragen aan de enkelvoudige verstrooiings-

intensiteit. Met name in de hoofdrichtingen van het kristal, waar veel atomen in elkaars schaduw liggen, betekent dit een drastische reductie van de opbrengst aan verstrooide projectielen. Dit kan fraai weergegeven worden in een zgn. fotogram (fig. 4). De gemeten intensiteit van de verstrooide ionen is als grijstint weergegeven voor de verschillende azimuthale ( $\phi$ ) en polaire ( $\psi$ ) inschiethoeken. Men ziet in feite schaduwpatronen, die corresponderen met de posities van de atomen van de bovenste twee of drie atoamlagen van het oppervlak.

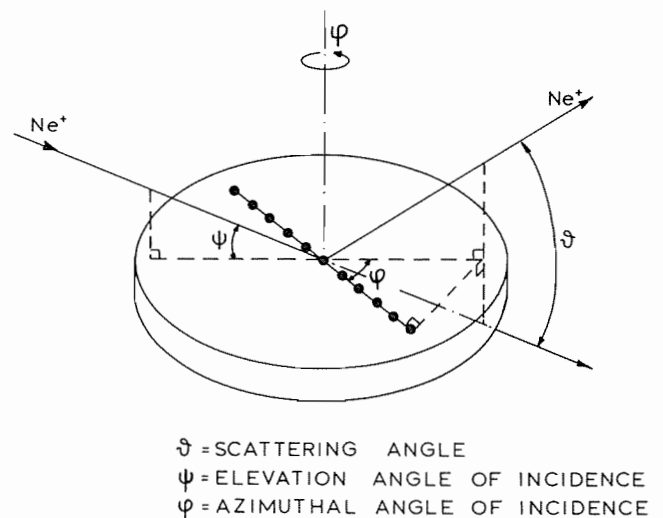


Fig. 3. Definitie van de strooihoek en de inschiethoeken van de ionenbundel t.o.v. het kristal.

vervolg

## EEN U.H.V. OPSTELLING

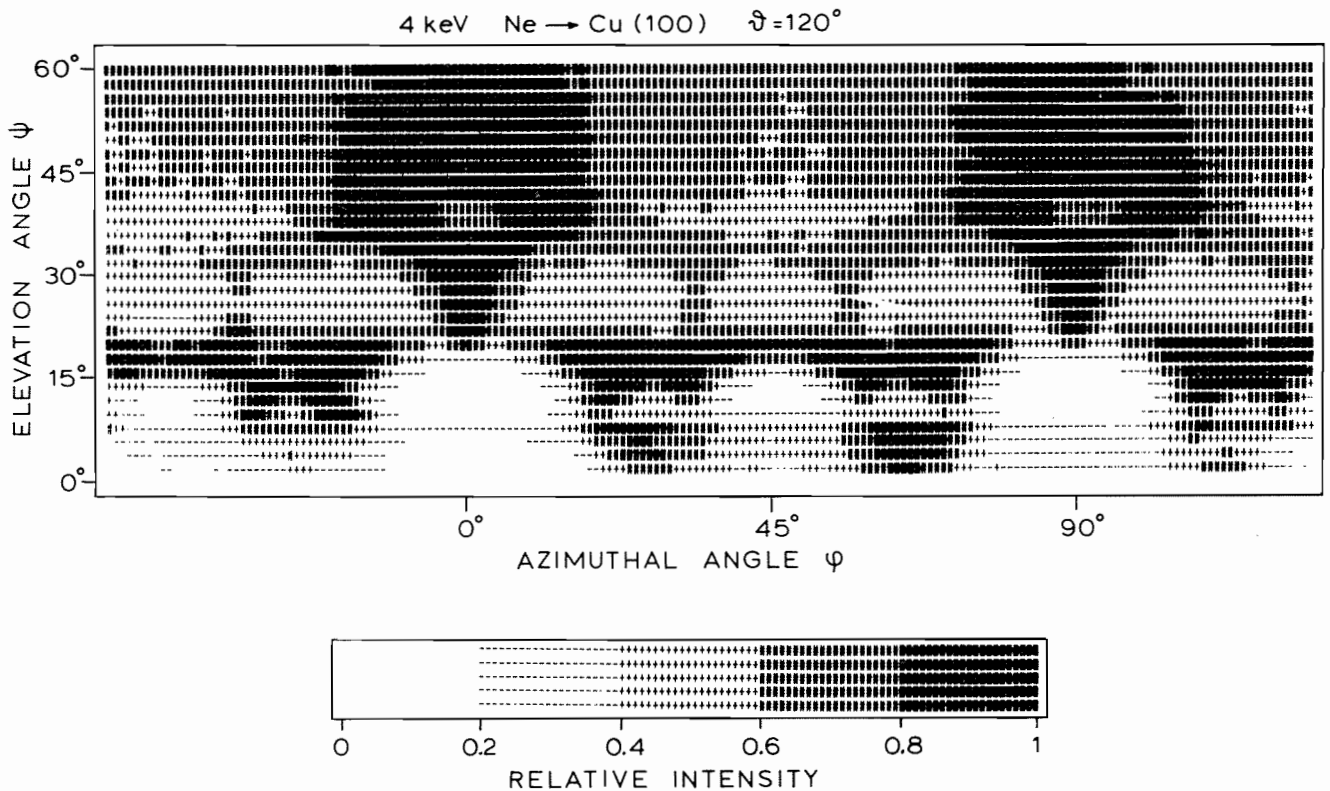
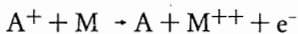


Fig. 4. Fotogram van Cu (100) voor 4 keV Ne<sup>+</sup>-ionen, die over 120° verstrooid zijn. Bij rotatie van het kristal om zijn as ( $\phi$ ), "ziet" men in bepaalde richtingen atomen liggen. Bij hoeken  $\psi$  tot 17° zijn dit atomen uit de eerste laag; bij grotere hoeken betreffen het atomen uit diepere lagen van het kristal. De grootte van de vlekken is een maat voor de afstand van de desbetreffende atoomrij in het kristal.

## 2. Ionen Neutralisatie Spectroscopie (INS).

Tijdens de verstrooiing van een ion A<sup>+</sup> aan het metaaloppervlak M kan dit ion geneutraliseerd worden door wisselwerking met twee geleidingselektronen uit het metaal (Auger-neutralisatie):



Met de energie, die bij de neutralisatie van het ion beschikbaar komt, wordt een tweede elektron uit het oppervlak van het metaal geëmitteerd. Elektronenspectroscopie geeft hier informatie betreffende het neutralisatie proces.

Meer gedetailleerde informatie betreffende Auger-neutralisatie verkrijgt men, wanneer beide technieken (LEIS & INS) tegelijk worden toegepast. Hiertoe worden de verstrooide atomen *in coincidentie* met de geëmitteerde elektronen gemeten, d.w.z. alleen detectie van elektronen verstrooid atoom afkomstig van hetzelfde proces vindt

plaats. Zo zijn zowel energie als hoeken van de bij de interactie betrokken deeltjes vastgelegd.

## 3. Secundaire Ionen Massa-Spectroscopie (SIMS).

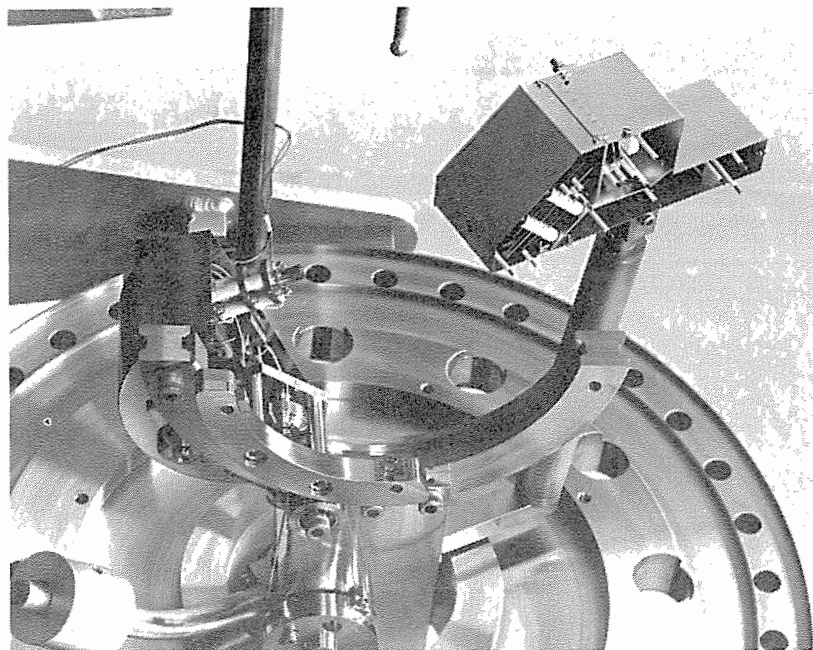
De opstelling is voorzien van een gevoelige massa-analyzator (quadrupool). Secundaire ionen (metaalionen, geadsorbeerde deeltjes), die ten gevolge van het ionenbombardeement van het oppervlak afkomen, worden m.b.v. deze detector naar massa gescheiden en gedetecteerd. Opm.: In fig. 1 is nog een tweede quadrupool getekend. Hiermee kan de samenstelling van het achtergrondgas onderzocht worden.

## 4. Laag Energetische Elektronen Diffractie (LEED).

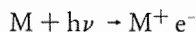
Elektronen met een energie van circa 100 eV worden op het kristal geschoten. De gereflecteerde elektronen worden daarna in de richting van een fluorescentiescherm versneld. Op dit scherm verschijnt een diffractiepatroon, waarvan de posities van de diffractiemaxima (indirect) gecorreleerd zijn met de posities van de oppervlakte-atomen.

## 5. (In planning) Ultraviolet-Foto-Elektronen Spectroscopie.

Bij beschieting van het oppervlak met fotonen uit een ultravioletlamp zullen foto-elektronen door het oppervlak geëmitteerd worden?



*Fig. 5. Flens met de elektrostatische detectoren in open toestand.*



Uit de energiespectra van de elektronen, verkrijgen we informatie over de elektronische structuur van de oppervlakte-atomen. Met de UV-lamp wordt tevens de halve-bollen-analysator geijkt door gebruik te maken van de bekende gegevens van de uitree-arbeid voor de verschillende metalen.

### **SLOTOPMERKING**

In het voorgaande zijn summier de mogelijkheden van deze nieuwe opstelling aangegeven. Vermeldenswaardig is nog het feit, dat met de halve-bollen-analysator behalve elektronen ook ionen gedetecteerd kunnen worden. Dit schept de mogelijkheid om bijvoorbeeld secundaire ionen in coïncidentie te meten met verstrooide projectielen. Tevens ligt het in de bedoeling om de invloed van een adsorbaat (bijv. zuurstof) op de neutralisatie van de bundel edelgasionen te bestuderen.

### **Referenties**

1. R.P.N. Bronckers, Th.M. Hupkens, A.G.J. de Wit and W.C.N. Post, Nuclear Instruments and Methods 179 (1981) 125-130.
2. P. Biloen, Nederlands Tijdschrift voor Vacuümtechniek 12 (1974) 17-29.