

Untersuchungen am stationären Nachglühen einer HF-Ionenquelle

Autor(en): **Ritz, Ch.P. / Hoegger, B.A. / Schneider, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Helvetica Physica Acta**

Band (Jahr): **51 (1978)**

Heft 1

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-114939>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Untersuchungen am stationären Nachglühen einer HF-Ionenquelle¹⁾

von Ch. P. Ritz, B. A. Hoegger und H. Schneider

Physikalisches Institut der Universität Freiburg/Schweiz

(21. X. 1977)

Abstract. A novel type of ion source was designed and constructed for studies of chemical ionization processes, using low energy ions produced from inorganic gases in a high frequency flow discharge. Temperature and electron density profiles were measured in the downstream of the discharge region by cylindrical Langmuir- and orifice-probes. Typical plasma temperatures and densities are: $T_e = 2-3$ eV; $n_e = (0,5-2,0) \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$.

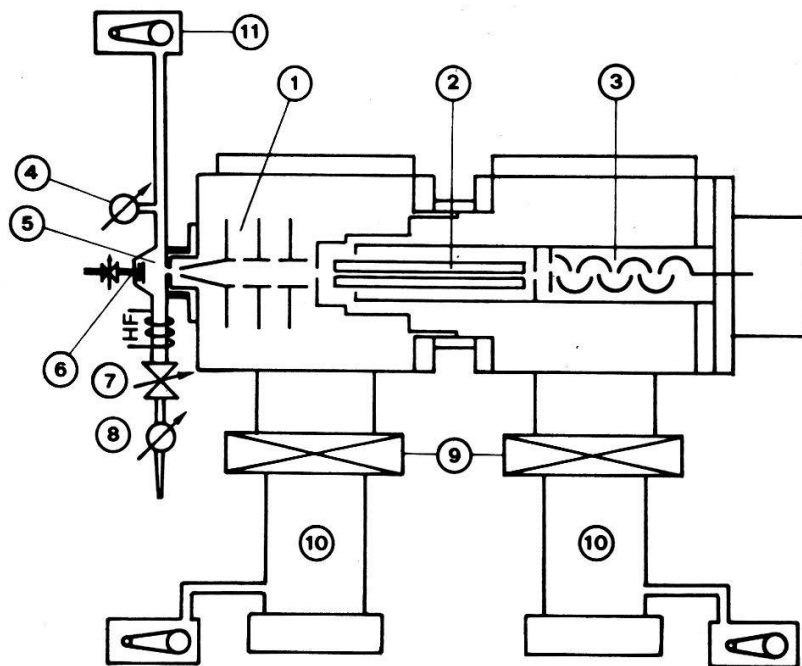
1. Einleitung

Die Ionisation von Molekülen durch Ionen-Molekül-Reaktionen im schwach ionisierten Plasma ($p_0 = 0,1-0,6$ Torr; $n_e = 10^{11} \text{ cm}^{-3}$) bietet sich als neue Methode in der Massenspektrometrie an [1]. Ein geeignetes Trägergas, z.B. Ar, He, H₂, wird durch ein Hochfrequenzfeld kontinuierlich ionisiert und durch den Gasstrom in einen Reaktionsraum transportiert (stationäres Nachglühen). In diesen Raum lässt man das Reagenzgas und die zu untersuchende Substanz einströmen, in dem die Moleküle durch 'chemische Ionisation' [2] ionisiert werden. Nach der Ionisation werden die Ionen aus dem Plasma ins Hochvakuum extrahiert, wo sie massenspektroskopisch untersucht werden können.

2. Beschreibung der Apparatur

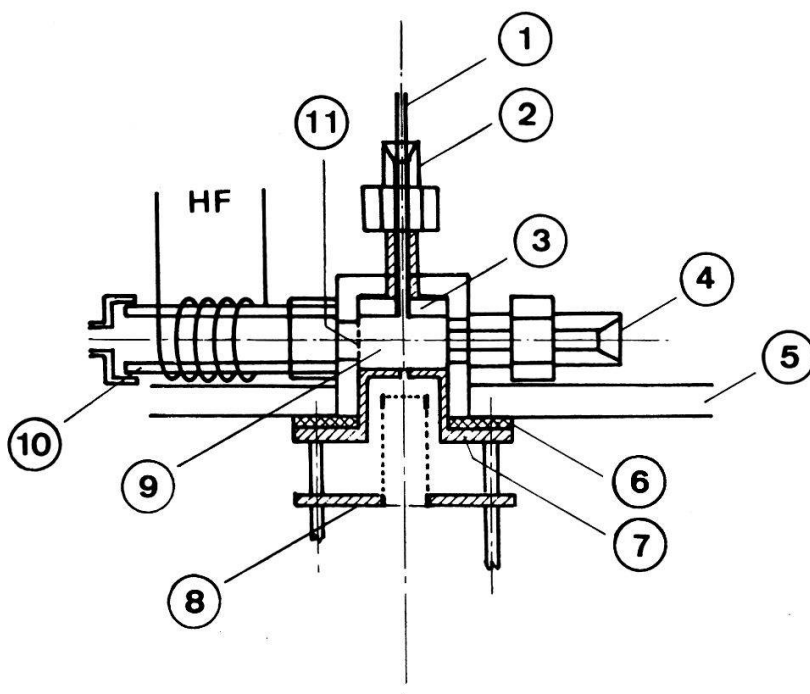
Den experimentellen Aufbau der Versuchsanordnung [3] zeigt Figur 1. Sie gliedert sich in Reaktionsraum, Extraktionsraum und Quadrupolmassenspektrometer. Im Extraktionsraum soll die freie Weglänge der Ionen so gross sein, dass sie das Quadrupol ohne Kollision erreichen. Das Quadrupolmassenspektrometer und der Elektronenvervielfacher sind andererseits unterhalb 5×10^{-5} Torr zu betreiben. Diese Bedingungen können mit einem differentiell gepumpten Vakuumsystem erfüllt werden. Figur 2 zeigt die Ionenquelle. Sie wird gebildet durch den Entladungs- und den Reaktionsraum. Als Entladungsart wurde eine Hochfrequenzentladung von 50 MHz und 15 Watt maximaler HF-Leistung gewählt.

¹⁾ Diese Arbeit wurde durch die finanzielle Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds ermöglicht.



Figur 1

1. Ionenextraktions- und Linsensystem; 2. Quadrupolmassenfilter (Finnigan 1015); 3. Elektronenvervielfacher (Cu-Be mit 17 Dynoden); 4. Vakuummesszelle (Barocell-Kapazitätsmanometer); 5. Reaktionsraum; 6. Repeller und Reagenzgaseinlass; 7. Regelventil für Trägergaszufuhr; 8. Durchflussmesser für Trägergas; 9. Wassergekühlte Baffles; 10. Öl-Diffusionspumpen (300 l/sec Diffstak); 11. Zweistufige Drehschieberpumpe (150 l/min).



Figur 2

1. Reagenzgaseinlass; 2. Swagelok $\frac{1}{8}$ " mit Teflondichtung; 3. Repeller; 4. zu Drehschieberpumpe; 5. Flansch; 6. Teflonisolation; 7. Extraktor mit Lochsonde $\phi = 0,6$ mm; 8. erste Gitterlinse; 9. Reaktionsraum; 10. Entladungsrohr mit angekoppelter HF; 11. Gitter mit Durchlässigkeit 85% zur Abschirmung des Reaktionsraumes vor HF-Einstreuung.

3. Messmethoden und Resultate

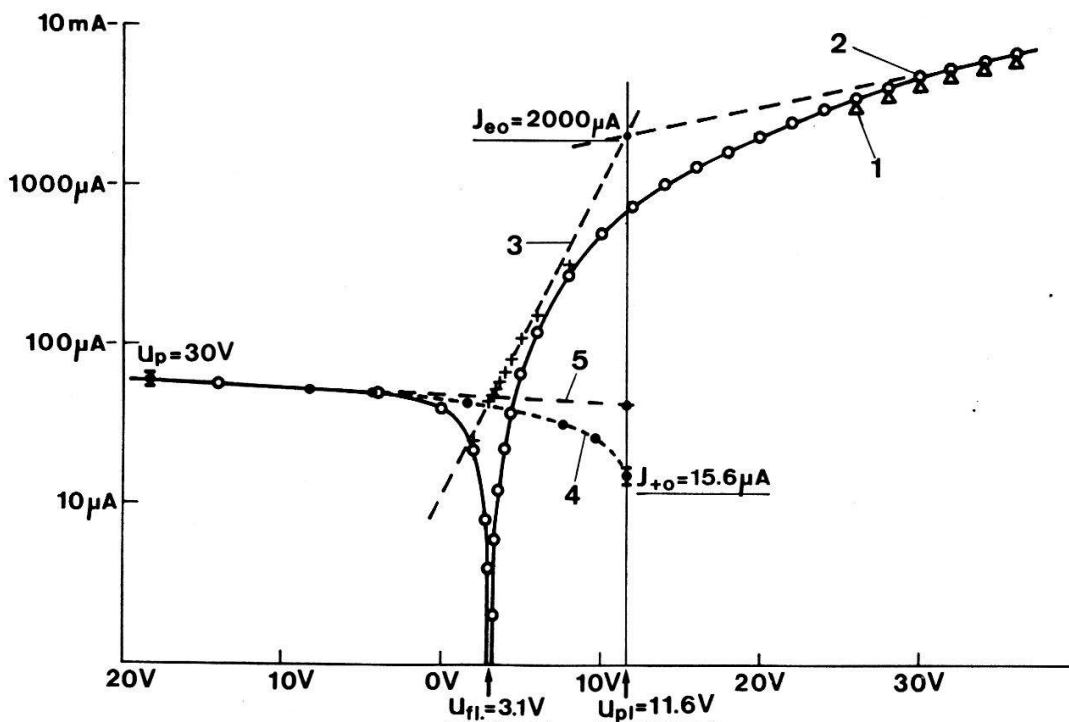
Im Reaktionsraum wurden Messungen mit Einfach-, Doppel- und Dreifachsonden [4, 5] durchgeführt, aus denen Elektronendichte und Temperatur bestimmt werden können. Um die Beeinflussung des Plasmas bei grossen Sondenströmen zu kontrollieren, wurde die Dreifachsondenmethode angewandt, deren elektrischer Schaltkreis in Ref. [3] und [4] ausführlich beschrieben wurde. Als Sonden wurden Zylindersonden verwendet ($\phi = 0,1 \text{ mm}$, $l = 2,8 \text{ mm}$, $A = 0,8 \text{ mm}^2$). Die Sonden wurden aus Wolframdraht gefertigt und in ein Al_2O_3 -Keramikröhrchen zur Isolation gegen die Sondenhalterung und die Wände des Reaktionsraumes eingezogen.

Die Theorie von Swift und Schwar [6], sowie von Schulz und Brown [7], liefern den Ionenstrom in Funktion des an die Sonde angelegten Potentials für grosse Schichtdicke unter Einbezug eines Driftstromes durch die Schichtgrenze in Richtung Sonde. Da für unsere Plasmaparameter die Schichtdicke nicht vernachlässigbar ist, aber auch nicht als sehr gross angenommen werden darf, haben wir obengenannte Theorie angepasst und erhalten für den Ionenstrom:

$$I_+(U_p < 0) \sim A_p \cdot I_s \cdot U_p^{0,30} \cdot n_\infty^{0,80} \quad (1)$$

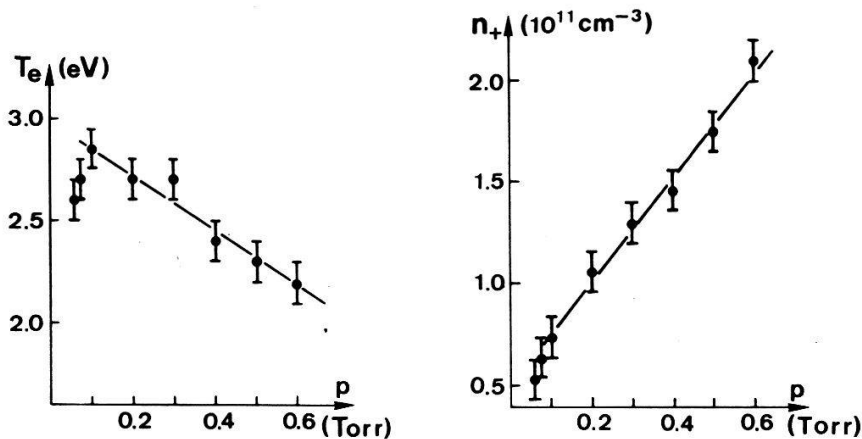
$U_p = U_{\text{Sonde}} - U_{\text{Plasma}}$; A_p = Sondenoberfläche; I_s = Strom durch die Schichtoberfläche (gem. Ref. [7]); n_∞ = Elektronendichte im ungestörten Plasma.

Die lineare Kennlinie der verwendeten Zylindersonde weist für grosse Elektronenströme keinen Knick auf, was schon von verschiedenen Autoren beschrieben wurde [8]. Erst bei logarithmischer Auftragung des Sondenstromes wird ein schleifender Uebergang zum Sättigungsbereich sichtbar [9]. Figur 3 zeigt die



Figur 3

Logarithmische Zylindersondencharakteristik; $p_0 = 0,5 \text{ Torr}$; $U_{\text{plasma}} - U_{\text{floating}} = 8,5 \text{ V}$; $T_e = 2,2 \text{ eV}$; $n_e = 6,0 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$. 1. Einfachsondenmethode; 2. Dreifachsondenmethode; 3. reiner Elektronenanlaufstrom; 4. reiner Ionensättigungsstrom nach Gl. (1); 5. reiner Ionensättigungsstrom, nach Ref. [9], logarithmisch extrapoliert.



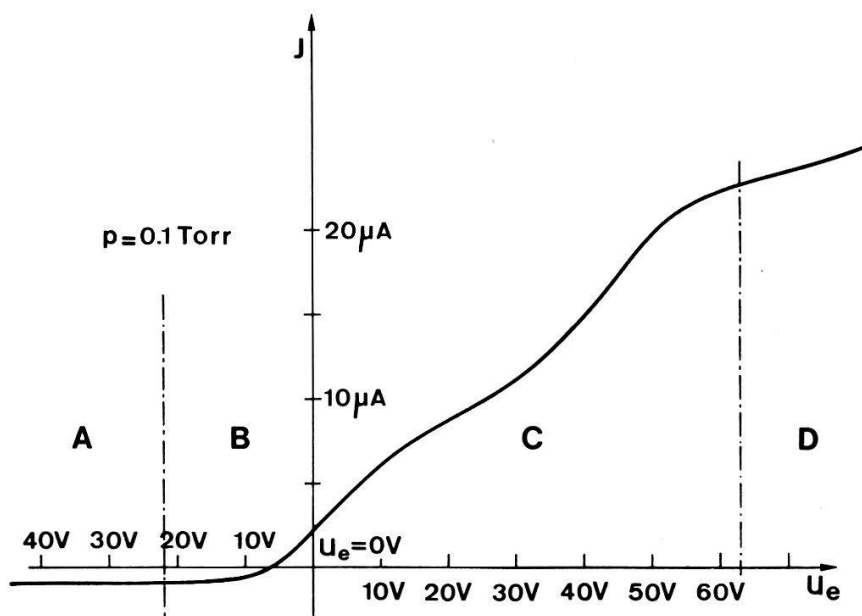
Figur 4

Elektronendichte und Temperatur in Abhängigkeit vom Neutralgasdruck.

logarithmische Sondencharakteristik, aus der gemäss obengenannter Methode (Ref. [3]) die charakteristischen Plasmaparameter bestimmt wurden.

Von grossem Interesse für das spätere Studium von Ionen-Molekül-Reaktionen ist die Kenntnis der Plasmaparameter bei Variation des Trägergasflusses und somit des Gasdruckes im Reaktionsraum. Figur 4 zeigt die Elektronendichte und Temperatur des Plasmas in Funktion des Gasdruckes. Die Messungen wurden im Bereich von 0,1 bis 0,6 Torr durchgeführt, was einem Gasdurchfluss von 1–25 Ncm³/min entspricht. Unterhalb 0,1 Torr wird das Plasma instabil. Wie zu erwarten, steigt die Ionendichte linear in Funktion des Gasdruckes bei gleichbleibender HF-Energie. Wegen der erhöhten Elektron-Neutralteilchen-Kollisionsrate sinkt jedoch die Elektronentemperatur.

Da für massenspektrometrische Untersuchungen von Ionen-Molekül-Reaktionen im stationären Nachglühen die Ionen aus dem Extraktionsbereich ins Hochvakuum ausgezogen werden müssen, ist es von besonderem Interesse, Aussagen



Figur 5

Lochsondencharakteristik; $p_0 = 0,1$ Torr; A. Ionensättigungsbereich; B. Elektronenanlaufbereich; C. Ionenanlaufbereich; D. Elektronensättigungsbereich.

über das Plasma in der Extraktionsschicht zu erhalten. Da das Extraktionsloch mit Kollektorelektrode (Lochsonde) analog einer Langmuirsonde funktioniert [10], kann genanntes Gebiet direkt untersucht werden. Für unsere Messungen wurde kein spezieller Kollektor verwendet, sondern der Strom an der ersten Gitterlinse des elektrostatischen Linsensystems in Funktion des angelegten Potentials gemessen. Figur 5 zeigt die Lochsondencharakteristik für einen Gasdruck von $p_0 = 0,1$ Torr. Beachtet man, dass die Gitterdurchlässigkeit 85% beträgt, so erhält man einen Ionensättigungsstrom von $7,4 \mu\text{A}$. Dieser Wert ist in sehr guter Übereinstimmung mit der theoretischen Berechnung nach Ref. [10] unter Verwendung der Plasma-parameter aus Figur 4.

Mit dem in Figur 1 dargestellten Extraktions- und Linsensystem wurde der extrahierte positive Ionenstrom mit Hilfe des Quadrupol-Massenfilters bei verschiedenen Reaktionsraumdrücken massenspezifisch registriert. Das Massenspektrum des stationären Nachglühens einer reinen Argonentladung zeigt im ganzen Druckbereich einen sehr starken Peak bei 30 amu, der eindeutig dem Molekülion NO^+ zugeordnet werden kann. Hayhurst *et al.* [11] haben einen ähnlichen Sachverhalt im Massenspektrum einer Argonentladung festgestellt. Es muss vermutet werden, dass Ionen-Molekül-Reaktionen in der Nähe des Extraktionsloches eine bedeutende Rolle spielen, da spektroskopische Untersuchungen der Entladung [12] nur Ar(I) und Ar(II), aber keine nennenswerten Verunreinigungslinien zeigten.

Herrn Prof. Dr. O. Huber danken wir für sein Interesse und seine Unterstützung, die die Ausführung dieser Arbeit ermöglichte.

Literatur

- [1] B. A. HOEGGER *et al.*, *J. Mass Spectrometry Ion Phys.* 13, 35 (1974).
- [2] B. MUNSON and F. H. FIELD, *J. Amer. Chem. Soc.*, 88, 2621 (1966)
- [3] CH. RITZ und B. A. HOEGGER, Interner Bericht, Plasma FR 118, (1977) Universität Freiburg/Schweiz.
- [4] K. EIDMANN, Diss. Philips Universität, Marburg/Lahn (1969).
- [5] R. J. GAGNÉ *et al.*, *J. Appl. Phys.* 43, 2639, (1972).
- [6] J. D. SWIFT and M. J. SCHWAR, *Electrical Probes for Plasma Diagnostics* (Iliffe Books Ltd, London 1970).
- [7] G. J. SCHULZ and S. C. BROWN, *Phys. Rev.* 98, 1642 (1955).
- [8] S. AISENBERG, *J. Appl. Phys.* 35, 130 (1964).
- [9] B. NUHN and G. PETER, *XIII – Int. Conf. Phenomena in Ionized Gases* (Berlin 1977).
- [10] S. M. L. PROKOPENKO *et al.*, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 5, 2152 (1972); *ibid.* 7, 355, 563 (1974); *ibid.* 8, 135 (1975).
- [11] A. N. HAYHURST, *Disc. Faraday Soc.* 63, 1620, (1967).
- [12] B. A. HOEGGER *et al.*, Publikation in Vorbereitung.