

Kurzbericht: zur Dissertation von
Dipl.-Phys. Jochen Schulze
Arbeitsgruppe für Grundlagen der Elektrotechnik

Thema: Spektroskopische Untersuchung von HF-angeregten Hochdruck-Glimmentladungen
sowie deren Anwendung als Gaslaser

Hochfrequenzentladungen mit einer kapazitiven Einkopplung der Leistung durch flächenhafte Elektroden finden seit einigen Jahren eine breite technische Anwendung. So wird dieser Entladungstyp im unteren Druckbereich (< 1 kPa) zur Behandlung von Festkörperoberflächen, z. B. zum Ätzen oder Beschichten, aber auch zum Entkeimen in der Lebensmittelindustrie eingesetzt. Bisher wurden diese Entladungen in höheren Druckbereichen (> 1 kPa) industriell vorwiegend zum Betrieb von CO_2 -Hochleistungslasern verwendet. Wie aber in vorangegangenen Arbeiten gezeigt wurde, lassen sich diese Entladungen auf Grund ihrer Ähnlichkeit mit Gleichstromglimmentladungen zur Realisierung von Lasern im infraroten, sichtbaren und, technisch besonders interessant, im ultravioletten Spektralbereich nutzen. Trotz der vermuteten Ähnlichkeit der beiden Entladungsformen weist das Verständnis dieser Hochfrequenzentladungen bei hohen Drücken noch große Lücken auf.

Deshalb wurde dieser Entladungstyp mit verschiedenen spektroskopischen Verfahren eingehend untersucht. Großer Wert wurde hierbei auf orts aufgelöste Messungen an der Entladung zwischen den Elektroden gelegt, um die einzelnen charakteristischen Bereiche mit der klassischen Gleichstromglimmentladung vergleichen zu können.

Mit Hilfe einer telezentrischen Abbildungsoptik und eines optischen Vielkanalanalysators wird die räumliche Verteilung der Emission über den Entladungsquerschnitt für einen großen Parameterbereich untersucht. Durch die Erweiterung der Optik mit einer speziellen Rückkoppeloptik kann mit Hilfe des Eigenlichtverfahrens außerdem die Absorption gemessen werden. Die Auswertung der Messungen liefert die Besetzungsdichten der Atomniveaus. Hieraus lassen sich wichtige Plasmaparameter wie die Elektronentemperatur, die Ladungsträgerdichte und die Leitfähigkeit des Plasmas ermitteln. Unter Verwendung eines hochauflösenden Monochromators wird zudem anhand von Stickstoffmolekülbanden die Gastemperatur bestimmt.

Die Ergebnisse der spektroskopischen Messungen werden zusammen mit elektrischen Messungen, die im Rahmen einer anderen Arbeit an der selben Röhre durchgeführt wurden, mit den Eigenschaften von Gleichstromglimmentladungen verglichen. Hierbei zeigen sich große Übereinstimmungen für beide Entladungstypen. In kapazitiven HF-Entladungen lassen sich somit ähnliche Plasmen wie in den klassischen Glimmentladungen erzeugen. Allerdings ist der Betrieb der HF-Entladungen wegen der stabilisierend wirkenden Randschichten auch bei wesentlich höheren Drücken und Stromdichten möglich.

Neben den plasmadiagnostischen Messungen werden Möglichkeiten zur Realisierung eines HF-angeregten Gaslasers im ultravioletten Spektralbereich untersucht. Dazu wurde bei einer Röhrenkonstruktionen mit externen Elektroden Kupferbromid mit Hilfe eines Ofens in die Entladung eingedampft. Um eine homogene Metaldampfverteilung entlang der HF-Entladungsstrecke zu gewährleisten, wurde der Hochfrequenz-Entladung eine DC-Glimmentladung überlagert. Damit konnte die Laserleistung des He-Cu⁺-Laser im infraroten Spektralbereich gesteigert werden. Durch den Bau eines neuen He-Cu⁺-Lasers mit doppelter optisch aktiver Länge gelang es im Rahmen dieser Arbeit, die Infrarotlaserleistung abermals zu steigern und die Verstärkung auf potentiellen UV-Laserlinien bei 248 nm und 260 nm zu erhöhen. Spektroskopische Untersuchungen an einer mit einem XeCl-Excimergemisch bei 50 kPa betriebenen Entladung ergaben eine intensive, annähernd absorptionsfreie Emission von Excimerstrahlung bei 308 nm. Schließlich wurde eine neuartige Entladungsanordnung für eine Hochfrequenzglimmentladung bei hohem Druck entwickelt, die ein Anwendungspotential als Plasmareaktor oder Excimerlaser besitzt.