

氏 名	オ 呉	ジュン 準	ソク 席
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	工 博 第 2725 号		
学位授与の日付	平 成 18 年 11 月 24 日		
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当		
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 電 子 工 学 専 攻		
学 位 論 文 題 目	A Study on the Luminous Efficiency Improvement of Plasma Display Panels Based on Spectroscopic Diagnostics of Microdischarge Plasmas (マイクロ放電プラズマの分光計測に基づくプラズマディスプレイパネルの発光効率改善に関する研究)		
論文調査委員	(主 査) 教 授 橘	邦 英	教 授 北 野 正 雄 講 師 酒 井 道

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、プラズマディスプレイパネル（PDP）の発光効率改善を目指して、分光計測に基づき新規 PDP セル構造内のマイクロプラズマの診断を行った実験研究に関するものであって、全 7 章からなっている。

第 1 章は「序論（Introduction）」であり、まず PDP のこれまでの研究開発の歴史・経緯をまとめている。その上で、PDP の電気エネルギー入力に対する光エネルギー出力で定義される発光効率の現状とその改善のための要素技術を概観している。そして、この効率改善を主題として、本論文で調べられる内容を要約している。

第 2 章は「Xe-Ne₂ 種混合ガス（Xe-Ne binary gas mixture）」、すなわち Xe と Ne の 2 種混合ガスを動作ガスとした PDP セルを対象としている。この 2 種のガスは通常の PDP において使用されているものであるが、ここでは Xe ガスの分圧を通常より高め、その効果を顕微レーザー吸収分光法（ μ LAS）により定量的診断を行った。まず、本論文全体にわたって重要な測定手段である μ LAS に関する詳細説明を行い、その後、蛍光体励起源となる紫外線発光につながる共鳴及び準安定準位の Xe 励起原子密度に関するセル内 2 次元分布測定を行い、その実験結果により微小放電の空間構造とその時間変化を明らかにしている。Xe ガスの分圧が増加することで励起原子の減衰時間が短くなる様子が示された。生成される励起原子密度数に関しては、Xe ガス分圧の影響はあまりないものの、発光効率としては通常の蛍光体からの可視発光による効率の評価と同様に、Xe ガス分圧が 15% の時に最大となることがわかった。すなわち、これまで知られていたように、Xe ガス分圧が上がるにつれて発光効率が上昇することがわかり、そのときの Xe 励起原子の振舞いを明らかにした。

第 3 章は「高濃度 Kr-Ne 混合ガス（High contents of Kr-Ne binary mixture）」、すなわち Kr と Ne の 2 種混合ガスを動作ガスとした PDP セルを対象としている。この 2 種混合ガスは、これまで実際の PDP において採用されている報告が無く、Xe ガスを Kr ガスで置き換えたときに発光効率の改善が可能かどうか、との観点で診断を行った。まず、高速 CCD カメラにより対象の励起原子に関連した近赤外発光測定（OES）を高時間・空間分解のもとで行った。そして、 μ LAS に関しては、Kr 励起原子の吸収線のスペクトル形状を測定した後、Kr 励起原子密度に関するセル内 2 次元分布測定を行い放電の空間構造とその時間変化を明らかにしている。Kr 励起原子の減衰時間は、基底状態の Kr 原子や Ne 原子との 3 対衝突では説明できた。また、Xe ガスの場合と比較して効率の最大値の増加は見られなかったが、低駆動電圧条件においては効率改善の見込みがあり、またそのときの Kr 分圧は 40% 程度と Xe の場合に比べて分圧の高い領域で効率上昇が見込まれることがわかった。

第 4 章は「Xe-Kr-Ne 混合ガス（Xe-Kr-Ne ternary gas mixture）」、すなわち Xe・Kr および Ne の 3 種混合ガスを動作ガスとした PDP セルを対象としている。第 3 章と同様の OES による Xe および Kr の励起原子に関連した近赤外発光と μ LAS による Xe および Kr の励起原子密度測定を行った。Xe が混合されることにより、Kr 準安定励起原子のピーク密度が低くなり、かつ急速に減衰することが示された。このとき、同時に Xe 共鳴励起原子密度の増大が観測された。これは

Kr 準安定励起原子から Xe 共鳴励起原子へのエネルギー遷移が起こっていることを示唆しており、実験的にそれを証明した初めての結果となった。それにより、Xe 共鳴励起原子からの真空紫外線発光は大幅に増加し、発光効率全体としては従来の Xe-Ne ガスの場合をやや上回るという結果を得た。

第 5 章は「誘電体上溝付構造 (Grooved dielectric structure)」, すなわち維持電極上を被覆する誘電体層の電極間部分に溝状の凹部を形成した構造の PDP セルを対象としている。ここでも、前章までと同様の方法で Xe の発光性励起原子および準安定と共鳴準位の励起原子密度を測定した。溝形成により、明らかにその端部における近赤外発光及び Xe 励起原子密度の上昇が観測され、励起原子密度分布の空間的制御が可能であることがわかった。発光効率の改善に対しては、効率の最大値の改善は見られないものの、低駆動電圧時における効率の改善は顕著であった。

第 6 章は「維持パルス周波数の最適化 (Optimized sustain frequency)」, すなわち通常的气体組成・通常の構造の PDP セルに対して放電維持パルスとしての駆動電圧波形の周波数を最適化することを検討している。駆動周波数の上昇に伴い、近赤外発光と励起原子密度分布に顕著な変化が現れ、分布がセル中央部に集中した。この現象は、Xe の励起原子の減衰時間よりも駆動パルス間の時間が短くなることで、前パルスにおける残存励起原子が次パルスの放電に対するプライミング効果を持つためであるとし、そのモデルを提案した。発光効率としては、約 100 kHz で最大値が得られた。

第 7 章は「結論 (Conclusion)」であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、プラズマディスプレイパネル (PDP) の発光効率改善を目指して新規の放電セル構造やガス組成におけるマイクロプラズマの特性を、各種の分光計測法を用いて評価し、効率向上の方向を模索した実験研究に関するものであり、得られた成果は次の通りである。

1. セル内動作ガスとして標準的に用いられている Xe-Ne 混合ガスを対象とし、マイクロプラズマから照射される紫外線発光の診断に際し、レーザ吸収分光と赤外線発光の顕微 2 次元観測 (以下、顕微分光法) により、特定の励起準位にある原子密度の絶対値測定を行った。すなわち、従来の評価法と比較して、励起状態を定量的に把握しながら紫外線の発光メカニズムに踏み込んだ発光効率の評価に成功し、結果として Xe の最適分圧を導出した。
2. 従来の Xe-Ne 混合ガスに代わり Kr を含む混合ガスの採用を提案し、その評価を顕微分光法により行った。まず、Kr-Ne の 2 種混合ガスを用いた場合の発光効率を評価し、Xe-Ne の場合と比較して Kr の分圧が大きな領域で効率が最大となることを確認した。さらに、Xe-Kr-Ne という 3 種混合ガスを用いた場合は、Kr と Xe を混合することで、Kr-Xe 間の共鳴的なエネルギー授受に関してこれまで知られていない遷移機構の関与を明らかにした。
3. 新規セル構造として、電極上誘電体層について、電極間の部分に溝を形成する構造を検討し、その効果を顕微分光法により診断した。この場合、構造変化による効率そのものの大きな改善は見られなかったが、放電維持用駆動電圧の低電圧化が実現された。
4. 放電維持用駆動電圧の周波数について、発光効率に対する最適化検討を顕微分光法により行った。周波数の上昇に伴い準安定励起原子の残存割合が増し、放電形態の大きな変化が観測され、その機構解明を行った。

以上の内容を総括すると、本論文はマイクロプラズマに対する新規測定法により、新しい構造やガス組成の PDP セルの総合的診断を行ったものであり、PDP の発光効率改善において、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。