

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	過酸化水素生成におけるダイヤフラム放電プラズマの特性解明
Title(English)	
著者(和文)	渡辺 泰一
Author(English)	Taichi Watanabe
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12702号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:竹内 希,赤塚 洋,沖野 晃俊,萩原 誠,河邊 賢一,佐藤 岳彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12702号, Conferred date:2024/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	渡辺泰一	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	竹内希	准教授	河辺賢一	テニユアト ラック助教
	審査員	赤塚洋	准教授	佐藤岳彦	東北大学 教授
		沖野晃俊	准教授		
萩原誠		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「過酸化水素生成におけるダイヤモンド放電プラズマの特性解明」と題して7章で構成され、ダイヤモンド放電プラズマによる過酸化水素の生成過程、および、その生成特性を決定づける要件について述べている。

第1章「緒論」では、プラズマによって生成することのできる過酸化水素とオゾンを用いることで、難分解性有機物を分解することができるが、特に過酸化水素の生成において速度と効率の向上が課題であると述べている。このため本論文では、効率向上を念頭に置きつつ、効率を比較的高く保ちながら生成速度を得られるダイヤモンド放電プラズマを対象として、プラズマおよび過酸化水素の生成機構を明らかにすると述べている。

第2章「大気圧プラズマによる過酸化水素生成と発光分光に関する研究動向」では、全体的な傾向として、多くのプラズマ生成機構では過酸化水素の生成速度と生成効率との間にトレードオフが生じている一方で、本研究で扱ったダイヤモンド放電プラズマや一部の液膜放電プラズマにおいて、生成効率を低下させずに生成速度の増加を実現できている例があると述べている。とりわけ高い生成速度を実現できているダイヤモンド放電について、プラズマ自体の特性と過酸化水素生成機構を明らかにすることで、速度と効率の両面で過酸化水素の生成特性を高める要件が明らかになると述べている。

第3章「実験装置および実験手法」では、本研究で使用したダイヤモンド放電プラズマリアクタの詳細を示している。また、プラズマ生成に用いた各種電源回路や、測定および観測に用いた装置について述べている。

第4章「ダイヤモンド放電プラズマによる過酸化水素生成」では、10並列ダイヤモンド放電プラズマによる過酸化水素生成において、電源構成および駆動パラメータと処理液の液温を変えた条件下での基礎的な特性変化を調査し、電圧または周波数を高くして投入電力を大きくしたとき、過酸化水素の生成速度は投入電力と正の相関を示した一方で、生成効率はある程度の値で飽和する傾向が得られたと述べている。また、液温を室温程度から沸点程度まで変化させた結果、過酸化水素の生成効率が60-70℃付近で最高になったと述べている。これらを総合して、印加する電圧に対して微細孔で形成された気泡の形状と気泡の安定形成が、過酸化水素生成の最適条件とその条件における生成効率を決定づけると述べている。

第5章「ダイヤモンド放電プラズマによる過酸化水素生成に対するプラズマパラメータ」では、発光分光によって励起温度(電子温度)・ガス温度・電子密度といったプラズマパラメータを算出・比較した結果、最高で 10^{22} m³ オーダかつ2500~3000 Kの温度を有するプラズマが生成されていることが分かったと述べている。また、プラズマパラメータの値およびその経時変化と過酸化水素生成特性を対比した結果、放電が継続している時間に対して、電子密度が局所熱平衡(LTE)を満たすほどの高い値を長く維持できていることが、高い過酸化水素の生成効率を実現する一因だと推察されたと述べている。また、プラズマパラメータ、特に電子密度とガス温度が得られたことによって、過酸化水素生成の第1段階であると考えられる、水分子の解離に伴うOHラジカル生成の素反応の反応速度を検討することができ、電子衝突による解離反応よりも熱分解による解離反応が、より支配的な反応過程であることが示されたと述べている。

第6章「パルス高電圧印加実験」では、5章までとは異なる電源を用意し 10^{23} ~ 10^{24} m³ オーダの非常に高い電子密度をもつプラズマを生成したところ、過剰な電子密度を伴うプラズマ状態が、水分子からのOHの生成過程よりも、HおよびO原子の生成過程を支配的にし、過酸化水素の生成が大幅に低減させることが分かったと述べている。また、本章における片極性の高電圧など、条件によっては過酸化水素の生成効率を数%悪化させる程度に、電解による余分な電力消費が生じることが分かったと述べている。

第7章「結論」では、本論文で得られた結果を総括するとともに、それを踏まえた展望を述べている。

以上を要するに、本論文はダイヤモンド放電プラズマを用いて極めて高速な過酸化水素生成速度を達成するとともに、実用化に向けた過酸化水素生成効率の向上のための必要条件を明らかにしたものであり、工学上貢献するところが大きい。よって我々は、本論文が博士(工学)の学位論文として、十分に価値のあるものと認める。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。