

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	DCアーク法によるナノ材料合成における電極現象の研究
Title(English)	Investigation of Electrode Phenomena for Nanomaterial Production by DC Arc Discharge Method
著者(和文)	梁風
Author(English)	FENG LIANG
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9531号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:渡邊 隆行,馬場 俊秀,山口 猛央,石谷 暖郎,沖野 晃俊
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9531号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	化学環境学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学) Academic Degree Requested Doctor of
学生氏名： Student's Name	梁 風		指導教員 (主)： 馬場 俊秀 Academic Advisor(main)
			指導教員 (副)： 渡辺 隆行 Academic Advisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本論文は「Investigation of Electrode Phenomena for Nanomaterial Production by DC Arc Discharge Method」(DC アーク法によるナノ材料合成における電極現象の研究)と題し、英文で書かれ、全 6 章で構成されている。

第 1 章「Introduction」(諸言)では、各種の熱プラズマ源とアーク現象に関する研究の現状をまとめ、熱プラズマによるナノ粒子合成、および直流アークを用いた材料プロセスに関する既往の研究を概説している。さらに、熱プラズマによる炭素材料の合成に関する研究まとめ、本研究の構成と目的について述べている。

第 2 章「Relationship between Arc-Anode Attachment Mode and Temperature of Metal Electrode」(金属電極温度とアーク-陽極接触モードの関係)では、直流水素アークを用いた金属ナノ粒子合成プロセスにおける金属電極温度とアーク現象との関係を明らかにするため、ニッケル電極を用いた際のアークの放電現象と電極現象を解明している。高速度ビデオカメラとバンドパスフィルターを用いることで、放電中の化学種の動的挙動を観察し、同様の手法を用いて放電中の電極温度計測を行っている。ニッケル電極が蒸発しアーク中に混入することで、アークが変動する挙動を実験的に確認することに成功している。さらに、アークの変動現象を制御することで、ニッケルナノ粒子の粒径分布を制御することが可能であることを示している。

第 3 章「Relationship between Arc-Anode Attachment Mode and Temperature of Carbon Electrode」(炭素電極温度とアーク-陽極接触モードの関係)では、炭素電極を用いた直流アーク放電法によるナノ炭素材料合成プロセスにおける炭素電極温度とアークの放電現象の関係を明らかにしている。高速度ビデオカメラとバンドパスフィルターを用いることで放電中の炭素電極温度を計測し、アークの変動と電極温度の変動が密接に関係していることを示している。複数の陽極点が発生される条件では電極温度が速く変動することを示し、陽極点がひとつの場合には陽極点の回転に対応した 110~240Hz の温度変動を確認している。これらのアーク変動に由来する電極温度変動はナノ炭素材料の生成に大きく影響を及ぼすこと結果を得ている。

第 4 章「Preparation of Carbon Nanomaterial on the Anode Deposit」(陽極堆積物におけるナノ炭素材料合成)では、直流アーク放電法によりナノ炭素材料を陽極堆積物として合成し、その生成機構を解明している。ヘリウムアークによって、陽極表面にグラファイトナノ粒子、多層カーボンナノチューブ、熱分解グラファイトが得られることを見出している。さらに、陽極表面の放電部から 3.5 mm の領域にネックレス状カーボン、球状カーボン粒子が堆積していることも確認している。これらの実験結果に加え、第 3 章で得られた電極温度に関する知見を基に、ナノ炭素材料の生成機構を考察している。陽極堆積物としてのナノ炭素材料は、電極平均温度とその変動幅によって決定されることを見出している。

第 5 章「Preparation of Carbon Nanomaterial in the Cathode Deposit」(陰極堆積物におけるナノ炭素材料合成)では、直流アーク放電法によりナノ炭素材料を陰極堆積物として合成し、その生成機構を解明している。陰極堆積物生成に及ぼすアーク電流、陽極径、電極間距離の影響を実験的に検討し、多面体グラファイト粒子、多層カーボンナノチューブ、グラフェンフレーク、乱層構造グラファイトを適切に実験条件を選択することで合成できることを見出している。その生成機構を解明するために電極表面における発光分光計測を行い、陰極付近での炭素イオンと炭素ラジカルの相対比が陰極堆積物としてのナノ炭素材料の生成に大きく影響を及ぼすことを明らかにしている。

第 6 章「Conclusions」(結言)では、本論文を総括し、今後の展望を述べている。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	化学環境学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	梁 風		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	馬場 俊秀	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	渡辺 隆行	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words )

DC arc discharge method was employed to prepare nickel nanoparticle and carbon nanomaterial by investigating anode temperature and arc-anode attachment mode. The formation mechanisms of carbon nanomaterial on cathode deposit and anode deposit were suggested.

The relationship between arc-anode attachment mode and temperature of anode surface was investigated when using DC arc discharge method to prepare nickel nanoparticle. Anode surface temperature was measured by two-color pyrometry combined with a high-speed camera which employed suitable band-pass filters. In addition, diffuse, multiple, and constricted modes were observed by changing hydrogen concentration and shield gas flow rate. Furthermore, the effect of attachment mode on the characteristics of nickel nanoparticle was investigated. The size distribution of nanoparticle can be controlled by controlling arc behavior.

Diffuse and multiple arc-anode attachment modes were observed when using carbon electrode to prepare carbon nanomaterial. During arc discharge, the surface temperature of anode was successfully measured by two-color pyrometry. Arc spots rotate on the anode surface with the frequency of 110-240 Hz in diffuse attachment mode, which affects temperature behavior of anode surface and the characteristic of carbon nanomaterial.

Nano-graphite particles, multi-wall carbon nanotube (MWNT), and pyrolytic graphite were prepared at different positions of anode deposit. In addition, necklace-like carbon and spherical carbon particle were obtained on the anode surface, where 3 and 5 mm away from the evaporation hole are, respectively. The formation mechanism of these carbon nanomaterials was explained by quenching effect. Lower quenching rate contributes to form thermodynamically stable material.

Cathode deposit mainly composed of polyhedral graphite particle, MWNT, graphene flakes, and turbostratic graphite was selectively synthesized. Based on the different energies of carbon precursors, the formation mechanisms of carbon nanomaterial in the cathode deposit are suggested. Carbon precursors with relatively high energy contribute to form thermodynamically unstable material.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).