

真空シナポナル

2003

5

JAPAN VACUUM INDUSTRY ASSOCIATION

No.88

巻頭に寄せて
真空常識・非常識
研究室紹介



a. 多重発生する宇宙 (4頁関連記事)

特集

表面基礎研究

表面原子スケールキャラクタリゼーションの最新動向

TiNスパッタリング装置の防着シールド部品に対応した表面処理技術の開発

蒸着重合法を用いた抗菌性ポリイミドと作製用装置

超臨界CO₂ (SCCO₂) 技術の使用により、65nm以下のクリーニングプロセスを実現

豊橋技術科学大学 電気・電子工学系 プラズマナノマテリアル研究室



豊橋技術科学大学 電気・電子工学系
プラズマナノマテリアル研究室
助教授 滝川 浩史

1. 研究室の概要

本研究室は神原建樹教授のもと筆者が助教授をさせていただいている講座である。「電気システム」という電力系の太講座に属している。講座内は、研究内容から二つのグループに分かれている。一つは神原先生がご指導されている「自然エネルギー」グループである。このグループは、電力経済および環境の観点から太陽エネルギーや風力エネルギーの効率的利用に関する研究を進めている。一方、私が担当しているグループは、もともと「アークグループ」と呼ばれていた。筆者はもともと本グループの出身であるが、学生時代は電力系統で発生する高気圧アーク放電の基礎研究を行っていた。筆者の修士修了を前後して、真空中で発生するアーク放電の基礎研究を手がけるようになった。数年後、筆者が本学に助手として採用されて以来、真空アークに関する研究も任せられるようになり、また、当時話題であったフラーレンを減圧アーク放電を用いて合成する研究もスタートした。現在では、フラーレンからカーボンナノチューブ(CNT)に研究対象が移っており、また、アーク放電を用いない手法も利用するようになったため、以下に述べるような研究内容を進め、数年前から「プラズマナノマテリアル研究室」と呼ぶことになった。なお、HPのアドレスにはアーク「arc」の名残がある。

2. 研究テーマと真空技術の係わり

現在の研究テーマは、大別して、アーク放電プラズマをベースにした表面加工に関する研究とCNTに代表されるナノ材料の合成である。具体的には、次のとおりである。ほとんどは真空と関係しており、その内容の概説も付記する。

(1) 新しい真空アーク蒸着装置の開発

真空アーク蒸着法は、マルチアーク、アークイオンプレーティングなどとも呼ばれ、20年以上前から主に切削治具への耐磨耗性コーティングに利用されてきている。この手法は、金属固体を陰極として真空アークを発生させ、高温の陰極点から発生する金属イオンを利用して金属薄膜や金属窒化物薄膜を合成するものである。成膜速度が速いという利点があるが、高温陰極点から陰極材料の微粒子(ドロップレット)が発生するという欠点がある。このため、切削治具以外への応用がなかなか進まなかった。そこで、筆者らは最近、真空アークプラズマとドロップレットとを境界を用いて完全に分離するシステムを考案し、伊藤光学工業株式会社の援助により開発した。その装置を図1に示す。同装置は、陰極と成膜位置とをT字状

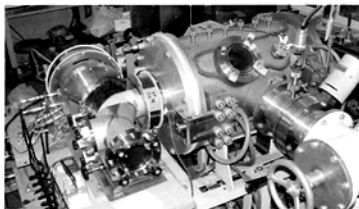


図1 T字状磁気フィルタ型真空アーク蒸着装置(T-FAD)

のダクトで接続したもので、ドロップレットを陰極前方に配置した捕集室にトラップし、プラズマをダクト途中で直角に曲げ、成膜室への導くものである。T字状磁気フィルタ型真空アーク蒸着装置、略して、T-FAD(T-shape Filtered Arc Deposition)と呼んでいる。この装置により、ドロップレットフリーのダイヤモンドライカーボン膜が合成できるようになった。また、この装置は銅やタンタルも陰極蒸発源として利用可能であり、新明和工業株式会社と連携し、半導体配線用のバリア膜形成や銅埋め込みに向けた開発を進めている。

(2) 真空蒸着プロセスの高度化

薄層コーティングを必要とする分野に光学薄膜製造がある。その代表例はレンズへの反射防止膜の形成である。レンズの低価格化・軽量化に伴い、レンズ材料としてアクリルが用いられるようになってきた。そこで、真空蒸着によって直接アクリル樹脂へ光学薄膜を形成する技術の開発を進めている。

(3) 大気圧プラズマ発生装置の開発と表面処理への応用

樹脂や金属表面に親水性などの機能を付与する手法としてプラズマ処理がある。最近では大気圧中で処理が望まれている。このため、大気圧プラズマ発生装置を開発しているが、比較のため、低真空プラズマを用いた処理も行っている。

(4) 熱アークを用いた各種カーボンナノ材料の効率的合成法の開発

数千度以上の高温のアーク放電を用い、特性ガス雰囲気中で黒鉛電極を蒸発させると、フラーレンやCNTが合成できる。図2に手作り

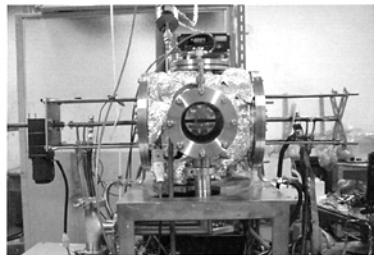


図2 カーボンナノ材料合成用低圧アーク装置

のカーボンナノ材料合成装置を示す。低圧チャン室内で二つの黒鉛電極を対向配置し、その間にアーク放電を発生させるものである。フラーレンを合成する際には、雰囲気圧を10 kPaのHeとするのが最適である。圧力としては僅かに減圧しているだけであるが、予備排気が十分でなかったり真空が漏れていたりで、酸素成分が混入すると、とたんにフラーレンの収率が低下するので注意が必要である。なお、CNTやナノホーンについては大気圧中で合成する手法を、双葉電子工業株式会社、東海カーボン株式会社、エイアールブイ株式会社などと連携して開発している。

(5) 触媒CVD法によるカーボンナノファイバ・ナノコイルの合成

触媒を利用して化学的にカーボンナノ材料を合成する手法である。特に、カーボンナノファイバ(CNF)の量産、カーボンナノコイル(CNC)の合成、あるいは新規形状のカーボンナノ材料の合成などのそれぞれに適した複合触媒を探索している。一方、特定箇所を接続するように単一のCNFあるいはCNTを成長させる技術も探求している。従来大気圧でプロセスを行っていたが、CNFやCNTの細径化、特定箇所への成長を狙って、真空中でもできる装置を開発した。これを図3に示す。



図3 減圧触媒CVD装置

(6) カーボンナノ材料の応用開発

カーボンナノ材料の応用は実に様々なものが期待されている。物質工学系の西宮伸幸先生とは水素吸蔵に關し、双葉電子工業株式会社とは電界電子放出源への利用に関する研究を行っている。図4はカーボンナノ材料の電界電子放出特性を試験するために作製した超高真空装置である。

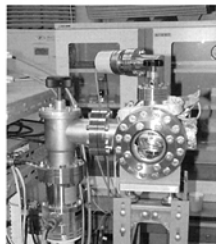


図4 電界電子放出特性試験用超高真空チャンバ

(7) 真空昇昇法によるナノ構造物質の合成

シリコンカーバイド(SiC)を真空中で加熱し、その表面をナノ構造化させるものである。装置内に残留している程度の酸素雰囲気で行うと、表面からSiが抜けCNTが形成できる。一方、多量の酸素が存在する雰囲気で行うと、SiC表面にシリカ(SiO₂)のアモルファスナノファイバが形成される。最近では空気中での耐熱性がCNTよりもはるかに高いシリカナノファイバが高温排気ガス処理の分野で注目されている。

3. おわりに

電力系統で発生するアーク放電の基礎研究からスタートした研究室であるが、現在では、アーク放電を利用した装置やプロセスの開発、およびナノ材料の合成と応用に研究が広がっている。共同研究を進めている企業も10社を超え、地道な研究の成果が認められてきたようである。紙面の関係で全ての研究の詳細や目的等を紹介できなかったが、今後、これまで培ってきた技術の実用化を目指すとともに、将来的にはそれらの技術を生かし、燃料電池を始め、太陽電池、スーパーキャパシタなどクリーン電力に関わる研究開発へ展開したいと考えている。

e-mail: takikawa@ece.tut.ac.jp

URL: <http://www.aec.tut.ac.jp/>