



2015年1月8日

報道関係者各位

慶應義塾大学

廃シリコン粉末のレーザー焼結による多孔質複合厚膜の創製に成功 —産業廃棄物からリチウムイオン電池製造の可能性—

慶應義塾大学理工学部機械工学科の閻 紀旺（やん じわん）教授の研究グループは、半導体デバイスや太陽電池の生産過程で大量に発生する廃シリコン粉末を主原料にカーボンナノファイバー（※1）を添加し、特定条件下でのレーザー焼結技術（※2）を用いた多孔質の複合厚膜の創製に世界で初めて成功しました。本手法は膜の機械的強度、結晶性および気孔率を同時に制御することができるため、高容量かつ低コストのリチウムイオン電池（※3）負極を作るための新しい製造プロセスの可能性を示すものとして期待されます。

本研究の一部は、2015年1月5日に、応用物理学会のレター誌『Applied Physics Express』のオンライン版で公開されました（*）。

（*） Yuki Iwabuchi and Jiwang Yan, “Laser sintering of silicon powder and carbon nanofibers for porous composite thick films”, Applied Physics Express 8, 026501 (2015).

1. 本研究のポイント

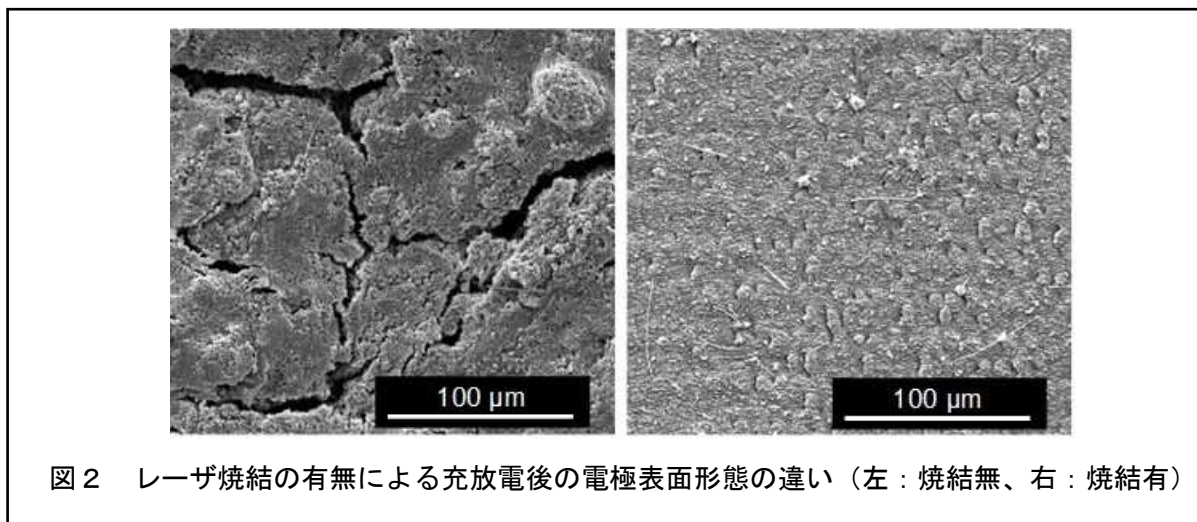
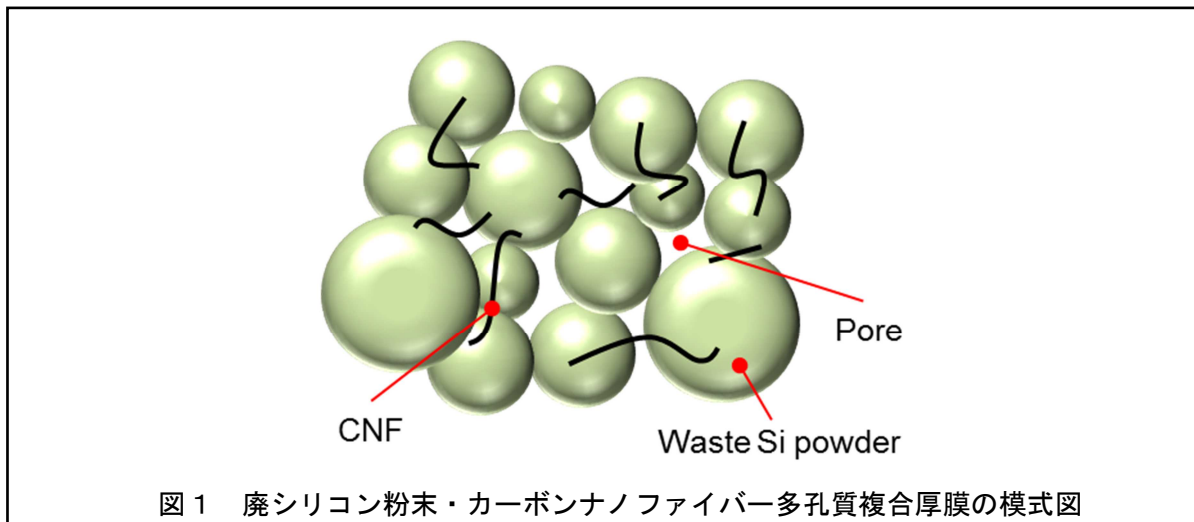
- ・ネットワーク構造を有する多孔質複合厚膜による電極の長寿命化と高性能化
- ・高速レーザー焼結による成膜効率の向上
- ・廃シリコン粉末の有効活用による産業廃棄物問題の解決

2. 研究背景

現在、携帯端末や電気自動車、スマートハウスなどの増加に伴ってリチウムイオン電池の高容量化が求められています。そのため、従来の炭素電極の代わりに、高容量化の見込めるシリコン電極に関する研究が進められています。しかし、シリコン電極の高コストや電池寿命の低下などが課題として残されています。一方、半導体デバイスや太陽電池の生産において単結晶シリコンインゴット（※4）をワイヤソー（※5）でシリコンウエハ（※6）へ切断する段階で、粒径サブミクロン～数ミクロン程度のシリコン粉末が大量に発生します。現在そのシリコン粉末は砥粒などの不純物を含むことから再びインゴット生産に再利用されることはなく、産業廃棄物として廃棄されています。すなわち、莫大なエネルギーを消費して製造された単結晶シリコンインゴットの約半分程度は粉末として廃棄されてしまうのが現状です。

3. 研究内容・成果

本研究では、以上の2つの背景から、廃シリコン粉末を再利用しリチウムイオン電池負極を製造することを目的として、レーザー焼結技術を用いて銅箔表面への厚膜創製を試みました。膜の導電性および機械的強度を高めるため、廃シリコン粉末の中にカーボンナノファイバーを付加しました（図1）。様々な条件でレーザー焼結実験を行った結果、シリコンとカーボンナノファイバーとの強固な結合が得られ、ネットワーク構造を有する多孔質複合膜の形成に成功しました。さらに、レーザーの出力と膜の気孔率との相関性やレーザー照射により膜中のシリコンの結晶性（※7）制御の可能性などを見いだしました。また、レーザー焼結プロセスの高速化によって、従来の蒸着法やスパッタリング法における成膜効率や生産コストの課題を克服しました。これらの結果は、本提案技術をリチウムイオン電池へ応用する際の電極性能向上に対して重要な指針を与えるものと考えられます。



4. 本研究成果の意味

リチウムイオン電池産業において、従来の炭素負極の約10倍の理論容量を持つシリコン負極の研究が盛んに行われていますが、生産コストが高いことが問題として指摘されています。また、シリコン負極はリチウムイオンを吸蔵すると約3倍の体積膨張が発生するため、充放電を繰り返すと膨張収縮により電極の割れや集電体からの脱離が起こる問題もあります。その結果、導電経路が崩壊し、電池寿命の低下につながっています。本研究はまず、産業廃棄物である廃シリコン粉末を電極製造へ再利用するため、省資源、省エネ、低コストの生産技術として優位性があります。また、多孔質厚膜を用いて体積膨張を吸収・緩和すると同時にカーボンナノファイバーのネットワーク構造を膜内へ形成させることで膜の割れを防ぎ（図2）、電池の長寿命化を可能にします。さらに、成膜方法として、蒸着法やスパッタリング法の代わりに高速レーザー焼結を用いることで高い生産能率を実現します。

5. 今後の展開

今後は開発した多孔質複合厚膜をリチウムイオン電池負極として使用する際の電気化学特性について、慶應義塾大学理工学部応用化学科の片山 靖教授の研究グループと共同研究を行い、本技術の実用化に向けての開発を進めていきます。

なお、本研究の一部は平成25・26年度日本学術振興会科学研究費助成事業（挑戦的萌芽研究）より助成を受けて行われています。

<用語説明>

※1 カーボンナノファイバー

直径が数十～数百 nm、長さが数 μm から数百 μm のカーボン（炭素）ファイバーで、機械的強度に優れ、電気伝導性および熱伝導性が高い特性を持っています。多層カーボンナノチューブの一種として、気相流動法などで製造されています。

※2 レーザ焼結技術

波長や強度などが制御されたレーザー光線を基板上に塗布された粉体の表面へ照射しながら走査させ、レーザーの加熱作用により粉体を瞬間的に熔融させてから再び凝固させることによって、粉体を固めていく方法です。

※3 リチウムイオン電池

非水電解質二次電池の一種で、電解質中のリチウムイオンが電気伝導を担います。現在電極材料として、正極にリチウム金属酸化物、負極にグラファイトなどの炭素材を用いるものが主流です。近年、負極をシリコンに置き換える研究が数多く行われています。

※4 シリコンインゴット

単結晶シリコンで作られた円柱状の塊のことです。CZ 法などの結晶成長技術によって製造されています。現在、直径 300mm（12 インチ）のものが主流です。

※5 ワイヤソー

シリコンインゴットからウエハを切り出すスライシングの工程で用いられる直径 150 μm 程度のピアノ線のことです。ワイヤによる切り代は、170～200 μm 程度です。

※6 シリコンウエハ

半導体デバイスの基板材料で、不純物の濃度を精密に制御した単結晶シリコンで作られた円柱状のインゴットを薄くスライスした円盤状の板です。現在直径 300mm、厚さ 0.775mm のものが主流です。

※7 シリコンの結晶性

シリコン（珪素）はその原子構造から単結晶、多結晶、非結晶（アモルファス）などの形態があり、その形態によって機械的・電気的特性が異なります。

※ご取材の際には、事前に下記までご一報くださいますようお願い申し上げます。

※本リリースは文部科学記者会、科学記者会、各社科学部等に送信させていただいております。

・研究内容についてのお問い合わせ先

慶應義塾大学理工学部機械工学科
教授 閻 紀旺（やん じわん）
TEL: (045) 566-1445 FAX: (045) 566-1495
E-mail: yan@mech.keio.ac.jp
<http://www.yan.mech.keio.ac.jp/>

・本リリースの配信元

慶應義塾広報室（竹内）
TEL : 03-5427-1541 FAX : 03-5441-7640
Email : m-koho@adst.keio.ac.jp <http://www.keio.ac.jp/>