

トピックス

ルチル型酸化チタンを用いた 次世代蓄電池負極材料の開発

ルチル型 TiO₂ は、安価で資源豊富であり人体や環境に優しいため、化粧品や日焼け止め等に幅広く使用される。鳥取大学工学部の薄井洋行准教授、道見康弘准教授、坂口裕樹教授らの研究グループは、TiO₂ への Nb 等の不純物元素のドーピングや結晶性・粒子形状の制御などの材料化学的工夫により、次世代蓄電池に相応しい負極性能を実現できることを見出した。

ウェアラブルデバイスや電気自動車の普及のため高性能な蓄電池の開発が急務であるが、高いコストや充放電による劣化が課題となっている。TiO₂ はその結晶構造内に Li⁺ や Na⁺ 等のイオンを吸蔵できるため蓄電池の負極に適用可能である。ただし、ルチル型 TiO₂ は電子伝導性が低いうえ、イオンの移動が一次元

方向に制限されるため乏しい負極性能しか得られず、これまでほとんど注目されていなかった。

本研究ではルチル型 TiO₂ の問題を改善し、その魅力を引き出す種々の取り組みを行った。まず、TiO₂ に微量の Nb や Cu などの不純物元素をドーピングするとともに、酸素欠損を導入することで電子伝導性の低さを克服した。また、棒状粒子の形状を短くし、単結晶化するとイオンが結晶粒界で遮られず、一次元方向のみの移動で粒子内部まで吸蔵されやすくなり、充放電容量が増加することを確認した。さらに、ナノ粒子化・多孔質化により比表面積が増大し高速充放電性能が向上することも確かめた。このように、結晶構造や粒子形状などの材料化学的要素を最適化し、負極性能を最大限に引き出す方法論を確立した。

このルチル型 TiO₂ は、リチウムイオン電池の負極として 100C の高レートにおいても 115 mA h g⁻¹ の可逆容量を維持する優れた高速充放電性能と 2 万サイクル以上の長期サイクル性能を兼ね備えることを確かめた。また、ナ

トリウムイオン電池の負極として充放電できることを初めて見出した。さらに、固体リチウム電池においても不純物元素のドーピングや結晶性の向上が性能改善に有効であり、本研究で確立した方法論が固体電池にも適用可能であることを確かめた。以上の結果より、資源とコストの面で優れるルチル型 TiO₂ が蓄電池用途においても有望な材料となることを見出した。(プレスリリース: <https://eng.tottori-u.ac.jp/archives/9029>)



連絡先: 鳥取大学 工学部 化学バイオ系学科
准教授 薄井洋行

E-mail: usui@tottori-u.ac.jp

[2023年10月27日]

切り貼りできる熱制御フィルムの研究開発

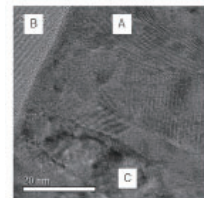
夏季の太陽光熱遮蔽と冬季の暖房熱飛散防止には可視光域に吸収のない Ag 膜が多用され、可視光透過率向上の目的で ITO 膜と Ag 膜を 3~5 層に積層された遮熱フィルムが上市されている。公開データからは遮熱フィルムの太陽光熱(熱線)の遮蔽係数は 0.51 で究極の省エネ複層 Low-E ガラスの 0.44 には及ばないが、その構造から複層ガラスにも匹敵する。一方、断熱特性は熱貫流率 W/m²・K で評価され、単板ガラスの ~6W/m²・K に対し複層 Low-E ガラスのそれは ~2W/m²・K と高い断熱性が示されている。一方、フィルムの特性は 5.6/m²・K でほぼ断熱効果がないことが分かる。部材の熱特性は遮熱特性、断熱特性により評価されているが熱の移動の大半が放射伝導であること放射特性を合わせて考慮する必要が有る。

中部大学の研究グループは金属酸化物とテフロンからなる複合薄膜材料を開発し、その応用の一つとして半透明 Ag 膜と 2 層化す

ることにより夏季の太陽光熱遮蔽と冬季の暖房熱飛散防止を同時に実現できる透明フィルムを実現した。遮熱機能を有する Ag 膜厚は 10nm で、金属酸化物膜は CeO₂, SiO₂, Nb₂O₅, Ta₂O₅ およびその複合膜からなり膜厚は 30nm ~ 300nm である。この金属酸化物膜は Ag 膜の保護のほかに、耐摩耗性、耐摺動性、光学調整機能、およびバリア性(透湿性)等を有する。金属膜の組成により薄膜特性は、可視光透過率(88%~91%)、屈折率(1.45~2.22)、表面硬度(4.8~11GPa)、曲げクラック耐性(<R3mm)、伸びクラック耐性(2~10%)、透湿性(<0.1 g/m²/day)の範囲で制御可能である。

樹脂窓ガラスを想定した 3mm のポリカーボネート(PC)で室内(25℃)と室外(6℃)を仕切ると PC 室内表面温度は 14℃となり PC 室外表面温度は 13.7℃となるが、熱制御膜フィルムを PC の外面に貼るとその表面温度は 6.8℃にまで下がり 7℃近く下がることが分かった。室外温度が 6.8℃であれば暖房熱は室外に

飛散しないことになる。この省エネ効果により消費電力を 20%減らせることも確認された。研究開発した変形可能な保熱・遮熱フィルムを企業との連携により社会実装したいと考えている。



CeO₂-PTFE 膜 TEM 像, 400,000倍
A: CeO₂-PTFE B: Ag 膜 C: PTFE (DuPont)

中部大学 特定教授 多賀康訓

連絡先: 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200

E-mail: y-taga@isc.chubu.ac.jp,

thinfilm.surface@gmail.com

[2023年10月30日]

無機機能性材料開発のための 電気化学的アニオン組成制御技術の開発

無機機能性材料の特性を飛躍的に促進する新たな戦略として「アニオン(陰イオン)機能の活用」が注目されている。この新戦略を実現するためには、対象材料のアニオン組成を自由自在に制御することが必要とされる。しかし現状、アニオン組成の制御は技術的に難しく、材料開発は限られた範囲にとどまっている。

このような状況を打破するため、東北大学多元物質科学研究所 中村崇司 准教授らの研究チームは、電気化学の力を材料合成に応用することで、アニオン組成を自在に制御する技術を開発した。本技術では、外部電源により電解質の稼働アニオンを電圧で駆動し、任意量のアニオン種を対象材料に注入すること

でアニオン組成を制御する。つまり本技術は、①リアクターに流した電流の量により、注入するアニオン量を容易に制御できる、②「外部から電圧を印加する」という簡便な操作により従来技術では実現できない極限的な反応条件(超高化学ポテンシャル環境)を実現することができる、という優位性を有している。コンセプト実証に向けて、研究チームは高機能触媒や燃料電池電極として利用されるペロブスカイト型酸化物(La,Sr)CoO₃へのフッ素導入を検討した。その結果、狙った量のフッ素を酸化物粒子の内部にまで注入できること、添加するフッ素量を制御できること、を実証した。また大電圧(=大反応駆動力)を印加することで、通常の合成条件では出現しないナノ結晶を含む準安定相を合成することにも成功した。

本技術は従来の材料合成技術では困難な「アニオン組成の精密な制御」、「極限的な反応条件での新材料探索」を可能とするものであり、全く新しいアニオン組成制御型機能材料の創出につながる事が期待できる。

連絡先

東北大学多元物質科学研究所

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1

准教授 中村崇司

TEL: 022-217-5341

e-mail: takashi.nakamura.e3@tohoku.ac.jp

URL: <https://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/amezawa/html/index-j.html>

[2023年11月10日]