

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01076

研究課題名（和文）低温プラズマ高速反応流れ場を用いたナノ複合材料膜の超精密構造制御

研究課題名（英文）Precise structure control of nano-composite films in low-temperature plasma reaction field with fast flow

研究代表者

内田 儀一郎 (Uchida, Giichiro)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：90422435

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は低温プラズマ流れ反応場を用いて、ナノ材料膜の微細構造を制御することにある。プラズマ反応場のガス流量（流速）を変えることによりGeナノ粒子の粒径を40～100 nmの範囲で制御できた。また、2つのプラズマ流れを持つ反応場において、低ガス流速ではGeSnナノ粒子が凝集したナノ構造膜が、一方、300 sccm以上の高ガス流速では、直径100ミクロン程度のナノピラーが規則的に配列した特異的なナノ構造膜が形成された。発展としてGeナノ構造膜上をCナノ構造膜でキャップしたC/Ge/C積層膜を負極とするLiイオン電池で、90サイクル後にカーボン負極の約3倍の910 mAh/gを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Liイオン電池の高容量負極の実現において、負極材料の物性に加え、膜の微細構造が電池性能を左右する重要因子となっている。本研究では低温プラズマ流れ反応場を用いて様々なナノ構造膜負極を作製し、最終的にLiイオン電池で90サイクル後にカーボン負極の約3倍の910 mAh/gを実証した。この研究成果の学術的意義は、低温プラズマ流れ反応場を用いてナノ構造膜の形態を多彩に制御できることを見出した点にある。また、この知見をLiイオン電池負極膜に展開し、実際に高容量と低劣化を達成した。この電池の実証はカーボンニュートラル社会の実現に貢献するものであり、社会的にも意義がある研究成果である。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to control the microstructure of nanomaterial films using a low-temperature plasma flow reaction field. By changing the gas flow rate (velocity) in the plasma, the particle size of Ge nanoparticles could be controlled between 40 and 100 nm. In the plasma reaction field with two flows, nanostructured films with aggregated GeSn nanoparticles were formed at low gas flow velocities, while at high gas flow velocities above 300 sccm, specific nanostructured films with regularly arranged nanopillars of about 100 micron diameter were formed. As an application study, a Li ion battery using a C/Ge/C stacked film as the anode demonstrated 910 mAh/g after 90 cycles, which is a three times higher value than that of a carbon anode.

研究分野：プラズマプロセス、電気化学デバイス

キーワード：低温プラズマプロセス プラズマ流れ反応場 ナノ複合材料 Liイオン電池 ゲルマニウム

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

1回の充電で1,000 km以上の長距離走行を可能とする電気自動車の本格的な普及には、革新的Liイオン電池の開発が必要不可欠であり、なかでも電極材料の高容量化は最優先の研究課題である。現在の負電極材に使用されているミクロンサイズのグラファイト微粒子のLi金属0.16個の吸蔵に対し、SiやGeなどのIV族半導体材料は $\text{Li}_{4.4}\text{Si}$ や $\text{Li}_{4.4}\text{Ge}$ の合金を形成しLi金属を4個以上吸蔵できるため、従来のグラファイト負極容量372 mAh/gを大きく凌駕する4,198 mAh/g、1,625 mAh/gの高容量がそれぞれ期待できる。しかしながら高容量Si、Ge微粒子は、Liイオン取込時の体積膨張率が400%、370%とグラファイト微粒子の112%に比べ極めて高く、充電と放電の繰り返しにより合金が微粉化し、そのため電極の寿命が極めて短いという問題がある。これを克服するために1) ナノ粒子を用いることでLi取り込みの比表面積を大きくし、体積膨張を膜中で均一にすること、さらに2) ポーラス構造とし、膨張体積を吸収するバッファー空間を設けることが必要不可欠である。このように電池材料研究では物性に加え、膜の微細構造が電池性能を大きく左右する極めて重要な因子となっている。

2. 研究の目的

上記Liイオン電池の高容量負極の課題に対し、本研究の目的は低温プラズマ流れ反応場を利用した新たな低温プラズマプロセスを用いて、ナノ材料膜の微細構造制御を実現することにある。そのために“プラズマ流れ反応場”と“ナノ材料膜構造”に関する基礎実験を通して、両者の相互相関を明らかにする。具体的には、低温プラズマスパッタ成膜プロセスにおいて低速流から高速流まで系統的に流れを制御し、ナノ粒子膜構造の①ナノ粒子サイズ、②ポロシティ、③モルフォロジーを定量的に評価する。さらに発展として、様々なナノ構造をもつ複合材料膜(Ge、Sn、C)を負極に適用し、高容量かつ低劣化Liイオン電池を実証する。

3. 研究方法

ガス流れを持つ低温プラズマプロセス実験装置を新たに構築し、プラズマ計測と下流で作製されるナノ材料の分析を詳細に行った。また、作製したナノ構造膜を負極とするLiイオン電池を実際に試作し電池特性を評価した。装置や方法の詳細は各成果の項目に記す。

4. 研究成果

本研究では低温プラズマ流れ反応場をナノ材料プロセスに展開し、ガス流速を実験パラメータとして、ナノ粒子生成・配列現象を系統的に解析する。ガス圧力の高いTorrレンジまでの低温プラズマスパッタリングにおいて、図1に示すように材料原子の供給源となるGeスパッタターゲットの後方から成膜基板方向に向かってAr放電ガスを供給し、プラズマ反応空間にガス流れをもつ実験系で成膜実験を行った。1つのスパッタプラズマ源からなる低温プラズマ流れ反応場で、ガス圧力0.1~1 Torr、ガス流量10~1,600 sccmの高範囲の実験パラメータで実験を行った。図2に放電プラズマの発光分光測定結果を示す。Ar原子からの763 nmとGe原子からの303 nmの発光をカソード前面の位置から取得した。特に速いガス流れを持つ約1,000 sccm以上の高ガス流量の条件で、両発光強度が大きく低減し放電形態が変化した。次に下流に設置したSi基板上的Ge

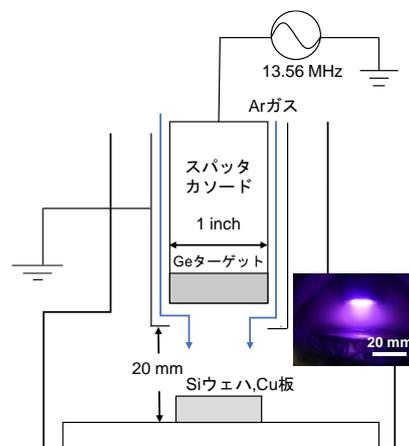


図1：プラズマ流れ反応場を持つスパッタ装置の概略。0.1~1 Torrの中圧領域でのナノ粒子膜堆積実験。

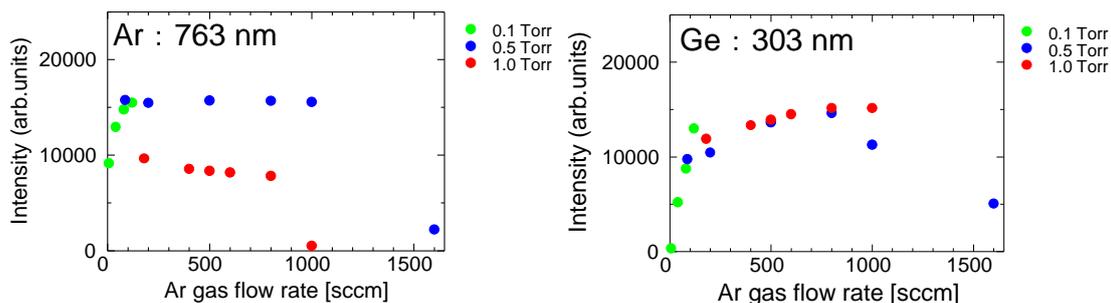


図2：プラズマ発光分光強度(Ar, Ge)のArガス流量依存性。

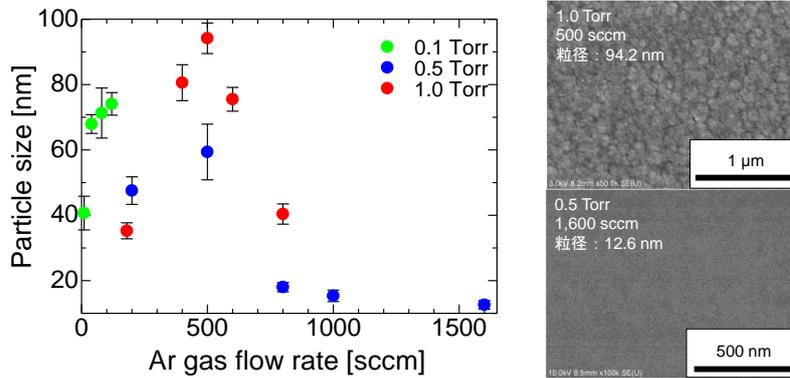


図 3：ナノ粒子膜の粒径の Ar ガス流量依存性。

ナノ粒子膜の粒径を解析した。図 3 に示すように 500 sccm 程度まではガス流量にほぼ比例して増大し、粒径 40~100 nm の範囲で変化した。一方、500 sccm 以上の高ガス流量下で粒径は減少し、10 nm 程度のナノ粒子膜が形成された。また、作製された Ge ナノ粒子膜の結晶性に関して、成膜基板を加熱しない本実験系において基本的にはアモルファス構造を示した。しかしながら、スパッタカソード電極と成膜基板間の距離を極短の 5 mm に設定したところ、Ge は結晶構造へと変化した。膜全体の多孔度に関して、放電ガスに Ar を用いた場合は約 17%、また He を用いた場合は約 30%であった。このように低温プラズマ流れ反応場を用いたナノ粒子膜作製プロセスにおいて、ガス流量(流速)によりナノ粒子の粒径が、また、スパッタカソード電極/成膜基板間距離により結晶性が制御可能であることが明らかになった。

次に図 4 に示すようにプラズマ源(スパッタ源)を基板に向けて 2 つ設置し、2 つのプラズマ流れ反応場をもつ実験系で成膜実験を行った。放電 Ar ガス圧力を 0.3 Torr に固定し、各スパッタ源からのガス流量を 25~250 sccm と広範囲に変化させて実験を行った。スパッタターゲット材料には Ge 半導体と Sn 金属を用いた。低ガス流速から高ガス流速への変化に伴い、Ge/Ar 発光強度比が大きく減少し、プラズマ密度や電子温度などのプラズマパラメータの変化が示唆された。図 5 に下流で作製されたナノ粒子膜の SEM 写真を示す。低ガス流速のプラズマ反応場では、GeSn ナノ粒子が凝集したナノ構造膜が形成された。一方、300 sccm 以上の高ガス流速のプラズマ反応場では、直径 100 ミクロン程度のナノピラーが規則的に配列した特異的なナノ構造膜となった。XRD スペクトルから結晶性を評価したところ、図 6 に示すように高ガス流速の条件で Sn 金属の結晶ピークが観測され、ナノピラーの一部が Sn 結晶であることが明らかになった。このようにプラズマ流れ反応場のガス流速で、ナノ構造体の形状と結晶性を多様に制御できるこ

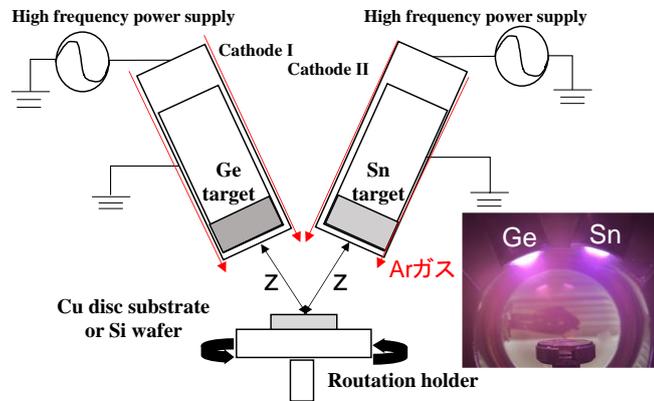


図 4：2 つのプラズマ流れ反応場を持つスパッタ装置の概略。

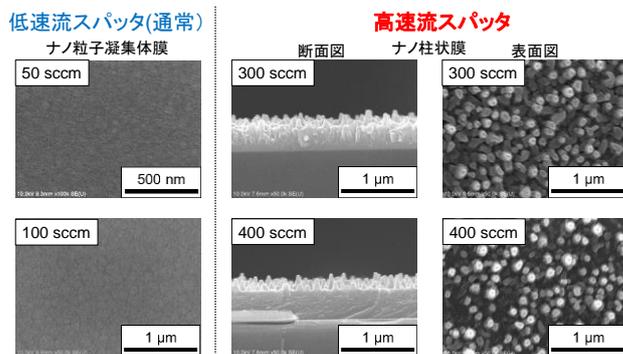


図 5：ナノ粒子膜の SEM 写真。高速流スパッタでナノ柱状のピラーが形成された。

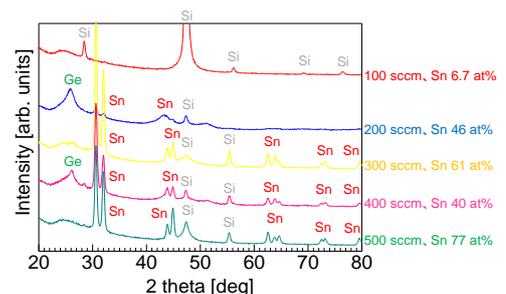


図 6：XRD スペクトルのガス流量依存性。

とが明らかになった。

最後にスパッタ Ge ナノ粒子膜を用いて Li イオン電池の新規負極構造を考案した。図 7 に示すように Ge ナノ構造膜作製のためのカソード 1 に加え、カーボン(C)膜作製のためのカソード 2 を設置した。この装置を用いて Ge 膜と C 膜を積層することや、Ge 材料と C 材料を混合した負極膜が作製可能となった。図 8(a)に作製した Ge 膜と C 膜の表面 SEM 写真を示す。Ge 粒径と C 粒径はそれぞれ 20.4 nm と 13.9 nm であり、また図 8(b)のラマンスペクトル測定結果より Ge 膜はアモルファス構造、C 膜は無定形炭素の特徴を示した。C 膜からの 2 つのブロードなスペクトルの強度比はほぼ等しく、これらの特徴は通常の負極に広く用いられているカーボンブラック導電材と似た傾向を示した。この装置を用いて図 8(f)の膜の断面 SEM 写真に示すように、Ge 層を数十 nm の C 層で被覆した C/Ge/C 積層負極膜を作製した。

図 9 に充放電サイクル前に電気化学交流インピーダンス法(EIS)によって得られたアモルファス Ge(a-Ge)負極、C(上層)/a-Ge(中層)/C(下層)負極電池のナイキストプロットを示す。EIS では高周波領域では半円、低周波領域では直線が得られ、高周波領域の半円径は主に膜の電子抵抗値に対応する。開発した C/a-Ge/C 多層膜負極電池の電子抵抗は a-Ge 膜負極の電子抵抗よりも大幅に低くなった。下部に挿入した C 薄膜層により、Cu 集電体と a-Ge 活物質との密着性が強化され、集電体から a-Ge 材料への電子の移動度が向上したと考えられる。下記の式(1)に示すように充電反応は電気化学反応であり、電子の供給が必要不可欠である。最下層への C 膜の導入に起因する負極抵抗の低減は、電池の高容量化に貢献できるものである。

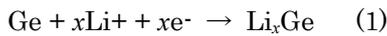


図 10(a)(b)(c)(d)に C と Ge、Ge/C(下層)、C(上層)/Ge/C(下層)負極の充放電サイクル特性をそれぞれ示す。C 負極の容量は 200 mAh/g 程度であるが劣化のない安定したサイクル特性となった。一方、Ge 負極はカーボンの約 5 倍の 1,000 mAh/g 以上を初期で観測した。各種 Ge 負極を比較すると Ge 単層負極(図 10(b))に比べ Ge と銅集電体の間に C 層を挟んだ Ge/C(下層)負極(図 10(c))で容量が大きく増大した。これは上記で示したように Ge 材料と銅集電体との間の密着性が向上し電子伝導率が改善されたためである。さらに Ge 層の上部を C 層でキャップした C(上層)/Ge/C(下層)負極(図 10(d))では、容量の向上とともに劣化特性も大きく改善した。グラフから明らかなように 90 サイクル後も劣化は観測されずカーボン負極の約 3 倍の 910 mAh/g を実現した。

高容量 Ge 膜の両面を C 層で被覆することにより容量劣化が大きく低減できることが明らかになった。この原因として Ge と銅集電体との界面、並びに Ge と電解液との界面が C 層により適切に制御されたためと考える。特に化学的に活性な電解液と Ge の間の反応は複雑であり、接触

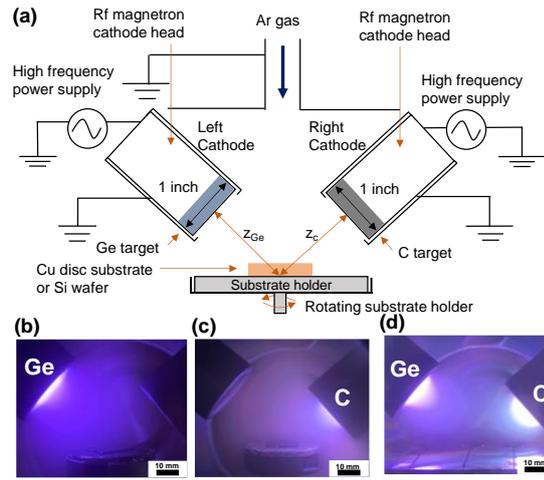


図 7：中圧領域 2 元スパッタ装置の概略。

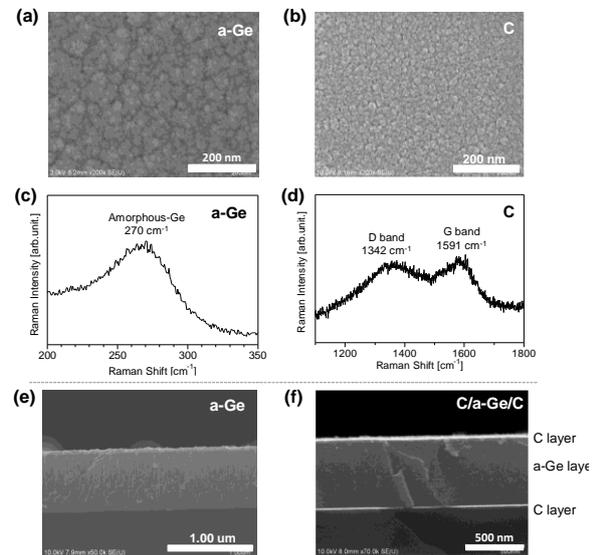


図 8：Ge、C ナノ粒子膜の表面 SEM 写真とラマンスペクトル。Ge 膜、C(上層)/Ge/C(下層)膜の断面 SEM 写真。

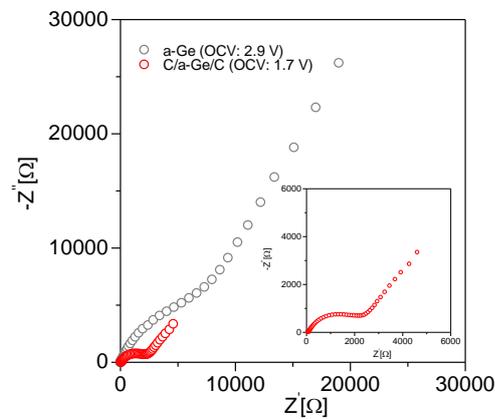


図 9：作製した Ge 負極 Li イオン電池の交流インピーダンス計測結果。

面では充電に関係しない反応により Li 酸化物や Ge 酸化物が形成される。Ge 膜に亀裂が入り新たな Ge 面が電解液と接する度に充電に寄与しない反応が繰り返され、相対的に充電量が低下することになる。これに対し最上位にキャップした C 層は機械的に Ge 層を固定することで亀裂を防止し、充電に不必要な化学反応を低減できる。また、Ge 材料は大気中で酸化し易い材料であり、Ge 酸化物の GeO や GeO₂ の理論容量は低い。C 層で被覆することにより Ge 材料の酸化が防止され、これも容量の増大とその維持の要因となっている。このように体積膨張がほとんどない C 層で Ge 層を両面から覆うことにより、繰り返し行われる充放電時の Ge 材料の機械的劣化と化学的劣化を抑え、極めて安定した電池駆動が実現できた。

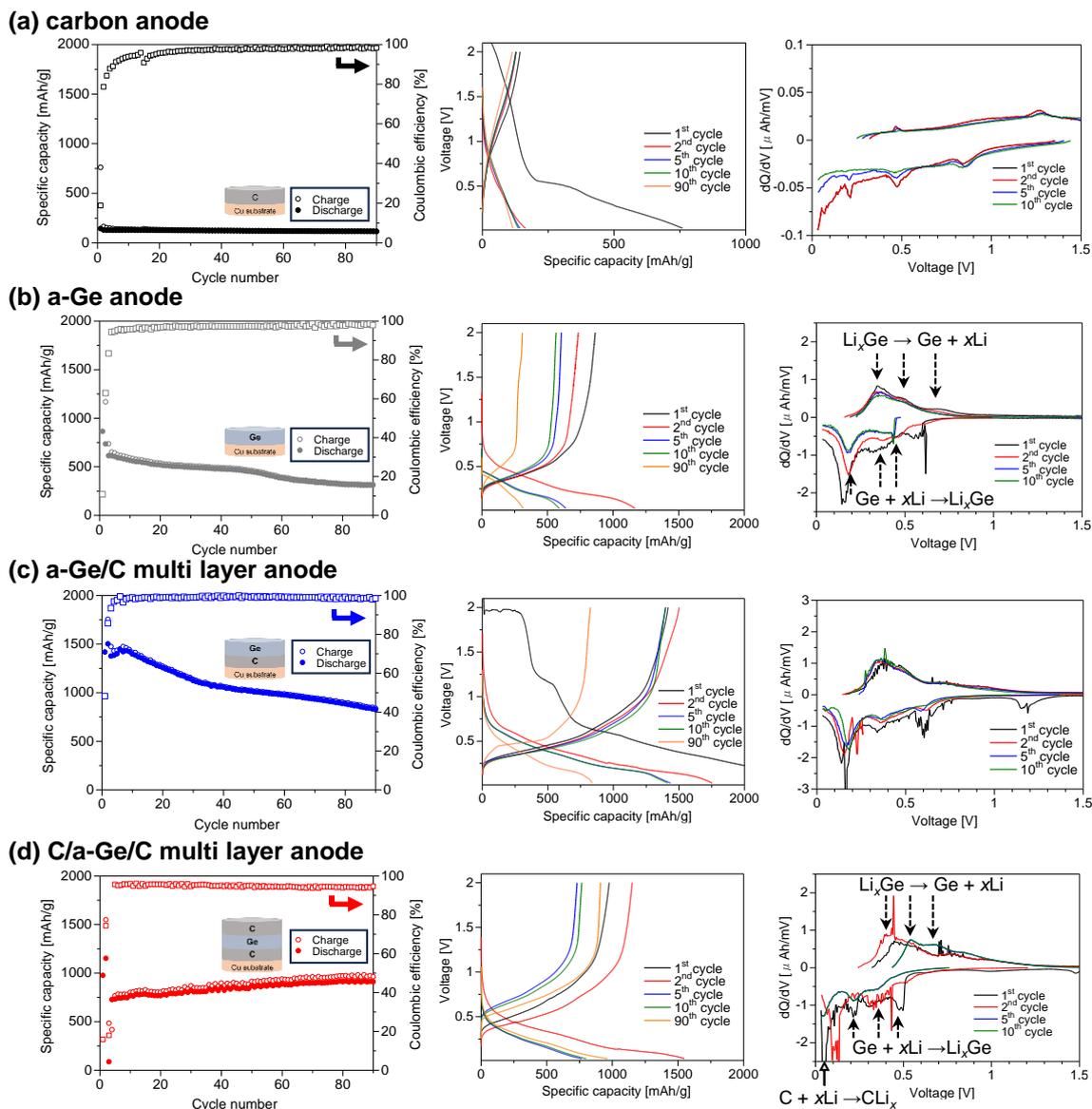


図 10 : C 負極、Ge 負極、Ge/C(下層)負極、C(上層)/Ge/C(下層)負極を持つ Li イオン電池の充放電サイクル特性と電圧-容量曲線、dQ/dV 特性。C(上層)/Ge/C(下層)負極 Li イオン電池で 90 サイクル後、カーボン負極の約 3 倍の 910 mAh/g を実証した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Giichiro Uchida, Kenta Nagai, Ayaka Wakana, Yumiko Ikebe	4. 巻 3
2. 論文標題 Low-Temperature and High-Speed Fabrication of Nanocrystalline Ge Films on Cu Substrates Using Sub-Torr-Pressure Plasma Sputtering	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Open Journal of Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 153-158
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/OJNANO.2022.3221462	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Junki Hayashi, Kenta Nagai, Yuma Habu, Yumiko Ikebe, Mineo Hiramatsu, Ryota Narishige, Naho Itagaki, Masaharu Shiratani, Yuichi Setsuhara, Giichiro Uchida	4. 巻 61
2. 論文標題 Morphological control of nanostructured Ge films in high Ar-gas-pressure plasma sputtering process for Li ion batteries	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SA1002 1~7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/ac2b7b	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Giichiro Uchida, Kenta Nagai, Yuma Habu, Junki Hayashi, Yumiko Ikebe, Mineo Hiramatsu, Ryota Narishige, Naho Itagaki, Masaharu Shiratani, Yuichi Setsuhara	4. 巻 12
2. 論文標題 Nanostructured Ge and GeSn films by high-pressure He plasma sputtering for high-capacity Li ion battery anodes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1742 1~12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/S41598-022-05579-Z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Giichiro Uchida, Yuma Habu, Junki Hayashi, Kenta Nagai, Yumiko Ikebe	4. 巻 63
2. 論文標題 Fabrication of amorphous LiPON, LiAlGePO ₄ , and GeSn films in low-temperature plasma sputtering process for all-solid-state Li ⁺ -ion battery	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SL1010
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/acd55d/meta	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Giichiro Uchida, Kodai Masumoto, Mikito Sakakibara, Yumiko Ikebe, Shinjiro Ono, Kazunori Koga, Takahiro Kozawa	4. 巻 13
2. 論文標題 Single-step fabrication of fibrous Si/Sn composite nanowire anodes by high-pressure He plasma sputtering for high-capacity Li-ion batteries	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 14280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-41452-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tomoki Omae, Teruya Yamada, Daiki Fujikake, Takahiro Kozawa, Giichiro Uchida	4. 巻 17
2. 論文標題 Development of nanostructured Ge/C anodes with a multistacking layer fabricated via Ar highpressure sputtering for high-capacity Li-ion batteries	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 26001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ad2785	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計35件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 G. Uchida
2. 発表標題 Next-generation Li-ion battery achieved by the low temperature plasma process
3. 学会等名 75th Annual Gaseous Electronics Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 G. Uchida
2. 発表標題 High-capacity Li ion battery with nanostructured Ge and GeSn anode fabricated in the low temperature plasma process
3. 学会等名 The international Conference on Battery for Renewable Energy and Electric Vehicles 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 G. Uchida
2 . 発表標題 Precise control of the nanostructure of Ge films by high-pressure plasma sputtering for Li-ion battery with super-high capacity
3 . 学会等名 MRS 2022 SPRING MEETING and EXHIBIT (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 G. Uchida, K. Masumoto, M. Sakakibara, R. Hanai, T. Yamada, M. Kiga
2 . 発表標題 Fabrication of Si nanowire by using sub-Torr He plasma sputtering process
3 . 学会等名 The 32nd Annual meeting of MRS-J (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 G. Uchida, T. Omae, T. Yamada, K. Masumoto, R. Hanai, M. Kiga
2 . 発表標題 Ge/C nanocomposite anode fabricated in co-sputtering plasma process for high capacity Li ion battery
3 . 学会等名 The 32nd Annual meeting of MRS-J (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 G. Uchida, J. Hayashi, Y. Habu, K. Nagai
2 . 発表標題 High electrical conductivity LiAlGePO films deposited by plasma co-sputtering for Li-ion battery application
3 . 学会等名 Advances in Functional Materials 2023 (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1. 発表者名 内田儀一郎
2. 発表標題 中圧サブツールプラズマプロセスを用いたSiナノ複合材料の作製
3. 学会等名 第38回九州・山口プラズマ研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田輝也, 木賀海晴, 花井稜, 益本幸泰, 内田儀一郎
2. 発表標題 RFスパッタリングSi/C複合膜の堆積と高容量Liイオン電池負極への応用
3. 学会等名 第83回応用物理学学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木賀海晴, 山田輝也, 花井稜, 益本幸泰, 内田儀一郎
2. 発表標題 プラズマスパッタリング法を用いたLiTiO膜の結晶性制御とLiイオン電池負極への応用
3. 学会等名 第83回応用物理学学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 益本幸泰, 木賀海晴, 山田輝也, 花井稜, 内田儀一郎
2. 発表標題 Siナノワイヤー/Siナノ粒子ポーラス膜の堆積とLiイオン電池負極への応用
3. 学会等名 第83回応用物理学学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 花井稜, 木賀海晴, 山田輝也, 益本幸泰, 内田儀一郎
2. 発表標題 Geナノ粒子薄膜の粒径制御とLiイオン電池負極への応用
3. 学会等名 第83回応用物理学学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Masumoto, M. Kiga, T. Yamada, R. Hanai, G. Uchida
2. 発表標題 Deposition of Si nanowire films by using high-pressure He plasma sputtering
3. 学会等名 15th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 R. Hanai, M. Kiga, T. Yamada, K. Masumoto, G. Uchida
2. 発表標題 Deposition of Ge nanoparticle anode films for Li ion battery
3. 学会等名 15th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Giichiro Uchida
2. 発表標題 Fabrication of nanostructured GeSn films by using plasma sputtering process for Li ion battery anode
3. 学会等名 INTERFINISH2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永井健太、若菜文佳、林純希、羽生侑真、木賀海晴、山田輝也、内田儀一郎
2. 発表標題 プラズマパターニング法を用いたGeSn薄膜ナノ構造制御とLiイオン電池への応用
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋期学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内田儀一郎
2. 発表標題 Sub-TorrプラズマプロセスによるGeナノ構造膜制御と高容量Liイオン電池への応用
3. 学会等名 第37回九州・山口プラズマ研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Giichiro Uchida, Kenta Nagai, Ayaka Wakana, Ryo Hanai, Junki Hayashi, Yuma Habu
2. 発表標題 Fabrication of Ge nanostructured films by high-pressure plasma sputtering for high-capacity Li ion battery electrode
3. 学会等名 The 12th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Giichiro Uchida, Kenta Nagai, Junki Hayashi, Yuma Habu
2. 発表標題 Nanostructured Ge films by high-pressure plasma sputtering for high-capacity Li ion battery anode
3. 学会等名 Material Research Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永井健太、若菜文佳、花井稜、林純希、羽生侑真、内田儀一郎
2. 発表標題 sub-Torrプラズマスパッタリングを用いたGe薄膜のナノ構造制御とLiイオン電池アノードへの応用
3. 学会等名 第39回プラズマプロセッシング研究会/第34回プラズマ材料科学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内田儀一郎
2. 発表標題 プラズマ生成ナノ粒子を用いた2次電池応用
3. 学会等名 令和3年度東北大学電気通信研究所共同研究プロジェクト研究会「物理・化学混成系プラズマにおける情報系機能発現」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Giichiro Uchida
2. 発表標題 Property control of Ge and Si nanostructured films by high-pressure He sputtering process for next-generation Li ion battery
3. 学会等名 Global Plasma Forum in Aomori (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Giichiro Uchida, Kodai Masumoto
2. 発表標題 Synthesis of Si/Sn composite nanowires by using plasma sputtering process for Li-ion battery anode
3. 学会等名 MRM2023/IUMRS-ICA2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 益本 幸泰, 花井 稜, 小野 晋次郎, 古閑 一憲, 内田 儀一郎
2. 発表標題 高圧Heスパッタリングを用いたSi/Snナノワイヤーの生成・構造制御と高容量Liイオン電池の実証
3. 学会等名 第41回プラズマプロセッシング研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 横井 玲音, 石原 雅之, 大前 知輝, 中田 智久, 丹羽 亮斗, 花井 稜, 益本 幸泰, 内田 儀一郎
2. 発表標題 プラズマスパッタリングによるLiイオン電池Ge系負極膜のナノ物性制御
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 花井 稜, 益本 幸泰, 石原 雅之, 大前 知輝, 中田 智久, 丹羽 亮斗, 横井 玲音, 内田 儀一郎
2. 発表標題 GeSnナノ柱状薄膜の構造制御とLiイオン電池負極への応用
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 益本 幸泰, 花井 稜, 石原 雅之, 大前 知輝, 中田 智久, 丹羽 亮斗, 横井 玲音, 内田 儀一郎
2. 発表標題 RFマグネトロンスパッタリング法を用いたSiナノワイヤーの堆積と酸化膜のLiイオン電池性能への効果
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大前 知輝, 花井 稜, 益本 幸泰, 石原 雅之, 中田 智久, 丹羽 亮斗, 横井 玲音, 内田 儀一郎
2. 発表標題 高容量Liイオン電池のための2元スパッタリングを用いたGe/C複合負極の開発
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大前 知輝, 花井 稜, 益本 幸泰, 石原 雅之, 中田 智久, 丹羽 亮斗, 横井 玲音, 藤掛 大貴, 内田 儀一郎
2. 発表標題 高压スパッタリングGe/Cナノ複合膜の次世代高容量Liイオン電池負極への応用
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Tomoki Omae, Ryo Hanai, Kodai Masumoto, Masayuki Ishihara, Tomohisa Nakada, Ryoto Niwa, Reon Yokoi, Giichiro Uchida
2. 発表標題 Fabrication of Ge/C composite film for Li-ion battery in the co-sputtering process
3. 学会等名 ISPlasma2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Ryoto Niwa, Ryo Hanai, Kodai Masumoto, Masayuki Ishihara, Tomoki Omae, Tomohisa Nakada, Reon Yokoi, Giichiro Uchida
2. 発表標題 Crystallinity control of LiTiO thin films for Li ion batteries by RF plasma sputtering
3. 学会等名 ISPlasma2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Reon Yokoi, Masayuki Ishihara, Tomoki Omae, Tomohisa Nakada, Ryoto Niwa, Ryo Hanai, Kodai Masumoto, Giichiro Uchida
2. 発表標題 Fabrication of GeSn anode film for Li ion batteries by high He-gas-pressure plasma sputtering
3. 学会等名 ISPlasma2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Tomohisa Nakada, Ryo Hanai, Kodai Masumoto, Masayuki Ishihara, Tomoki Omae, Ryoto Niwa, Reon Yokoi, Giichiro Uchida
2. 発表標題 Deposition of RF sputtered SiGe composite films and their application to high-capacity Li ion battery anodes
3. 学会等名 ISPlasma2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Masayuki Ishihara, Kodai Masumoto, Ryo Hanai, Tomoki Omae, Tomohisa Nakada, Ryoto Niwa, Reon Yokoi, Giichiro Uchida
2. 発表標題 Development of Li ion battery by combining powder coating process and RF magnetron sputtering for high-capacity
3. 学会等名 ISPlasma2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石原 雅之, 花井 稜, 益本 幸泰, 大前 知輝, 丹羽 亮斗, 中田 智久, 横井 玲音, 内田 儀一郎
2. 発表標題 Siナノ粒子/C微粒子ハイブリッド多孔質膜を負極とする Liイオン電池の開発
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 丹羽 亮斗, 石原 雅之, 大前 知輝, 中田 智久, 横井玲音, 花井 稜, 益本 幸泰, 内田 儀一郎
2. 発表標題 プラズマパターニングRF電力によるLiTiO薄膜の結晶性制御と Liイオン電池への応用
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	茂田 正哉 (Shigeta Masaya) (30431521)	東北大学・工学研究科・教授 (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------