

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H02394

研究課題名(和文) 固体イオンキャパシタの提案と蓄電装置としての可能性検証

研究課題名(英文) Proposal and verification of possibility for solid ion capacitors as an energy storage device

研究代表者

鶴見 敬章 (Tsurumi, Takaaki)

東京工業大学・物質理工学院・教授

研究者番号：70188647

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,300,000円

研究成果の概要(和文)：固体中のイオンの長距離移動を分極の発生に使う固体イオンキャパシタの蓄電装置としての可能性を検証した。ランタンジルコン酸リチウムを電解質とする固体イオンキャパシタの放電量は電極の比表面積と電解質にかかる電界による増加した。リチウムガラスを電解質としたキャパシタでも充放電特性が観察された。リチウムガラスとニッケル箔を用いて薄層キャパシタを作製した。ファラデー電流バリアという新しい概念により充放電効率の大幅な向上と高電圧充放電が可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

再生エネルギーの有効利用と電気自動車の普及のためには高性能蓄電デバイスの開発は必須である。固体イオンキャパシタは固体中のイオンの長距離移動を分極の発生に使う新しい蓄電デバイスである。本研究ではその可能性について検証した。その結果、電池に対するキャパシタの優位性が確認され、ファラデー電流バリアという新しい概念を導入することで、キャパシタの弱点であるエネルギー密度を向上するための高電圧充放電が可能となることを見出した。

研究成果の概要(英文)：The possibility of a solid-state ion capacitor that uses the long-range motion of ions in a solid to generate polarization has been verified as an energy storage device. The discharge amount of the solid ion capacitor using lithium lanthanum oxide as a solid electrolyte increased with due to the specific surface area of the electrode and the electric field applied to the electrolyte. A typical charge / discharge characteristics were also observed in the capacitors using lithium oxide glass as the electrolyte. A thin-layer capacitor was prepared using lithium oxide glass and nickel foil. The new concept of Faraday current barrier has made it possible to significantly improve charge / discharge efficiency and high voltage charge / discharge operation of the capacitor.

研究分野：誘電体・強誘電体の構造と物性、圧電セラミックス、広帯域誘電物性の測定、蓄電用固体イオンキャパシタ

キーワード：キャパシタ 蓄電デバイス イオン伝導体 界面分極

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化は人類の未来のために絶対にストップしなければならない最重要課題である。そのためには化石燃料から再生可能エネルギーへの変換が不可欠であるが、再生可能エネルギーは出力が不安定であり、電力として有効利用するには高性能な蓄電装置の開発が必須となる。また、自家用車用の化石燃料消費が世界的に急増し、地球温暖化への対策から電気自動車への変換が望まれている。しかしながら、現状のリチウムイオン電池には様々な問題があり電気自動車の実用化は予想よりも進んでいない。これらを考えると、地球温暖化をストップするためのキーデバイスは、繰り返し充放電でも劣化しない高エネルギー密度の蓄電装置ということになる。

## 2. 研究の目的

固体イオンキャパシタは、イオン伝導体と誘電体を融合することで生まれた新しいコンセプトである。固体イオンキャパシタは、イオンの長距離移動を界面分極として利用する。界面分極は、粒界などの界面で電子/正孔の移動をストップすることで、界面に正負電荷の対を発生し、それを補償するように電極に電荷を蓄える。界面分極は巨大な誘電率を発生するが、直流伝導性が生じやすくキャパシタとしては広範囲に利用されてこなかった。固体イオンキャパシタはイオンと電子/正孔の移動を直列接合することで、直流伝導性をストップしキャパシタへの利用を可能にするというコンセプトである。本研究は、固体イオンキャパシタについて、高エネルギー密度蓄電装置の可能性を材料工学的視点から探求することを目的として実施された。

## 3. 研究の方法

### (1) 蓄電デバイスとして電池に対するキャパシタの優位性の分析 (情報収集・分析)

蓄電デバイスとしてはリチウムイオン電池 (LIB) および水素燃料電池が実用化されている。高性能蓄電キャパシタが開発された場合に、LIB あるいは水素燃料電池に対して、どのような優位性があるのかを既に公開されている情報を元に分析した。

### (2) 各種キャパシタの蓄電デバイスとしての可能性の検証 (シミュレーション)

キャパシタには、積層セラミックスキャパシタ (MLCC)、電気2重層キャパシタ、アルミ電解コンデンサ、タンタルコンデンサ、セラミックスフィラー分散キャパシタ、反強誘電体キャパシタ、各種ケミカルキャパシタがある。これらに対し、本研究で提案する固体イオンキャパシタがどのような利点があるかを、公開されている情報および独自のシミュレーションにより検証した。

### (3) ランタンジルコン酸リチウム (LLZ) 伝導体についての検討 (実験と解析)

代表的な酸化物リチウムイオン伝導体である LLZ について固体イオンキャパシタとしての検証を行った。実験項目としては、試料の合成、充放電特性の測定、充放電特性の電極面積および電界依存性の測定などである。

### (4) リチウム導電性ガラスについての検討 (実験と解析)

LLZ は焼成温度が 1000 以上と高温である、粒界のイオン伝導性に劣る、原料 (ランタン) の価格が高いなどの欠点がある。そこで、酸化物リチウムガラスを用いて固体イオンキャパシタが作製できるかを検討した。

### (5) リチウム導電性ガラスの薄層化の検討 (実験と解析)

固体イオンキャパシタのエネルギー密度を上げるにはイオン伝導体層の薄層化が必須である。ここでは薄層化プロセスの可能性について検証した。

### (6) 高電圧駆動のためファラデー電流バリア (FIB) の提案と実証 (実験と解析)

キャパシタに蓄えられるエネルギーは電圧の2乗に比例することが知られている。したがって、エネルギー密度の向上には電圧の増加が必須である。しかしながら、イオン伝導体に構成元素の酸化還元電位以上の電圧を印加すると電気分解により、材料中からイオンが出てしまう。このときに流れる電流をファラデー電流と呼ぶ。本研究では固体のリチウムイオン伝導体について、電圧をかけてもイオンが系外にでないようにするバリアー層 (ファラデー電流バリア (FIB) 層) の概念を提案し、その有効性を実証した。

## 4. 研究成果

### (1) 蓄電デバイスとして電池に対するキャパシタの優位性に分析 (情報収集・分析)

#### 1. エネルギー密度

電池は化学エネルギーを電気エネルギーに変化して利用する。化学エネルギーは典型的な示量変数であり、その量を2倍にするには物質量を2倍にしなければならない。これが電池のエネルギー密度の向上が原理的に困難となる理由である。これに対しキャパシタでは、蓄えられるエネルギーは示強変数である電圧の2乗に比例する。電圧を増加してもキャパシタの重量・体積に変化はないので、これはエネルギー密度が増加したことを意味する。したがって、エネルギー密度という視点では電池よりもキャパシタの方が理論的には有利であるといえることができる。

#### 2. 安全性、耐久性

電池は化学エネルギーを電気エネルギーに変化するエネルギー変換装置である。化学エネルギーは本来熱エネルギーとして放出されるので、エネルギー変換装置である電池が事故等の何ら

かの理由で作動を止めれば、熱として放出、すわなち発火・爆発が起きる。これに対し、キャパシタは蓄電デバイスで唯一電気エネルギーを電気エネルギーとして蓄えエネルギー変換を必要とせず、発火・爆発の危険性は本質的にない。耐久性については、リチウムイオン電池の場合、充放電の繰り返しや過剰充電などにより充放電特性の劣化が起こるが、キャパシタの場合はエネルギー変換部がないので原理的に劣化は起こらない。

### 3. 資源的な制限および廃棄物

電気自動車の場合、走行中の二酸化炭素排出量はゼロであるがリチウムイオン電池の製造時に多量の二酸化炭素を排出すれば必ずしも環境に優しい技術とはならない。リチウムイオン電池の製造時に必要なエネルギーの約 40%は正極材料であるコバルト酸リチウムなどの粉末の製造に消費される。また、コバルトは資源的にも制限がある。さらに、リチウムイオン電池は使用に伴い特性が劣化するため、一定時間の使用後には交換が必要となる。これは大量の廃棄物を生み出し、既に社会的な問題となりつつある。これに対しキャパシタはコバルトなどの希少資源を必要とせず製造時のエネルギー消費量も少ない。また、上にも述べたように劣化しないので廃棄物も生じない。

### 4. 高電圧駆動（充電時間の短縮）

電気自動車の広範囲な普及を実現するためには、充電時間の短縮は極めて重要な課題である。充電時間は単位時間に投入できるエネルギー量（パワー）に依存する。パワーは電流と電圧の積である。電流増加によりケーブル径が大きくなるため人の扱える範囲という意味で、電流には上限値がある。したがって、充電時間の短縮には高電圧充電が必要となる。しかし、リチウムイオン電池の場合、各セルの充電電圧は4V程度と上限があるため充電電圧を電池の直列接合で分割して、各電池セルを充電する必要が生じる。長期使用後に劣化が進行したセルでは、最も劣化してインピーダンスの高くなったセルに電圧が集中して、さらに劣化を進行させる。これに対し、高電圧で駆動できるキャパシタでは並列接合で高電圧充電が可能になるので、これらの問題を一挙に解決することができる。

## （2）各種キャパシタの蓄電デバイスとしての可能性（シミュレーション）

### 1. 積層セラミックキャパシタ(MLCC)

MLCCで使用されている誘電体はチタン酸バリウムである。このMLCCに高電圧を印加することで蓄電キャパシタとして使用できるかをシミュレーションにより検証した。その結果、被誘電率1000で層間間隔1 $\mu\text{m}$ に1kVという高電圧を印加することでリチウムイオン電池と同程度のエネルギー密度が得られることが分かった。しかしながら、誘電率1000の物質を1 $\mu\text{m}$ まで薄層化し1kVの耐圧を実現することは現状ではできないため、画期的な新材料の開発が必要になる。また、仮に、実現したとしても現状のリチウムイオン電池と同程度で、コストはおそらく数百倍以上になると予想される。したがって、現状のチタン酸バリウムを誘電体とするMLCCを用いた蓄電キャパシタは現実的でないと結論された。

### 2. 電気2重層キャパシタ(EDLC)

EDLCは液体の電解質と多孔質のカーボン電極から成るキャパシタで、エネルギー密度はリチウムイオン電池の10分1程度である。EDLCのエネルギー密度を向上するには、電極の比表面積を上げて容量を向上する必要があるが現状では頭打ちの状態である。もしも、電解質の薄層化と高電圧化で容量が上がれば理想的なキャパシタとなる。これが本研究で提案している固体イオンキャパシタである。

### 3. アルミ電解コンデンサ、タンタルコンデンサ、セラミックスフィラー分散キャパシタ

アルミ電解コンデンサは酸化アルミニウムを、タンタルコンデンサは酸化タンタルを、セラミックスフィラー分散キャパシタはポリマー/セラミック複合材料を誘電体としたキャパシタである。誘電率はそれぞれ10、数10、100程度であり、実現可能な電圧である1kVを上限とするといずれも蓄えられるエネルギーが少なすぎるため、リチウムイオン電池に匹敵するエネルギー密度を有する蓄電デバイスとしての可能性は低い。

### 4. 反強誘電体キャパシタ

海外では電界分極曲線の非線形を利用して反強誘電体を電極間に挟んだ固体キャパシタの研究が盛んにおこなわれている。これまでの研究を参考にして蓄電応用に最も適した反強誘電体（スイッチング分極100 $\mu\text{C}/\text{cm}$ 、スイッチング電界150kV/cm）を仮想的に作り、それを用いて蓄電エネルギー密度を計算した。その結果、エネルギー密度は3Wh/Lとリチウムイオン電池よりは2桁程度低く、誘電体の薄層化によりエネルギー密度は向上しないという結果を得た。これより反強誘電体を用いた蓄電キャパシタの可能性は低いと判断した。

### 5. 各種ケミカルキャパシタ

ケミカルキャパシタは充放電時に電極での電気化学反応を含むキャパシタで、電池と純粋なキャパシタの中間的な位置にある蓄電デバイスである。しかし、エネルギー密度は電池よりも低く、エネルギー量は示量変数である化学反応エネルギーで決まるので、電池と同様にエネルギー密度を向上することが困難となる。新しい蓄電デバイスとして検討する意味は希薄であると考えられる。

## （3）ランタンジルコン酸リチウム(LLZ)導電体についての検討（実験と解析）

本研究で提案する固体イオンキャパシタをLLZをイオン伝導体として実証した。LLZは固相反応法で作製した。充放電特性を測定した結果キャパシタとしての特性が得られた。比容量の充電

電圧依存性を図 1 に示す。4V 以上の電圧で比容量が急激に低下するのは Li イオンが還元反応により系外に出るためである。最大の比容量は  $20000 \mu\text{C}/\text{cm}^2$  程度となり、液体を電解質とした EDLC の  $25 \mu\text{C}/\text{cm}^2$  よりははるかに高い値となり、固体イオンキャパシタのポテンシャルの高さがわかる。

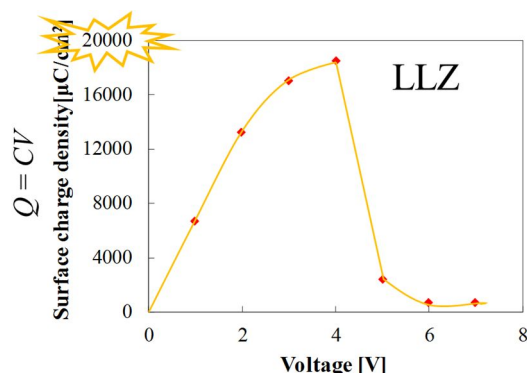


図 1 LLZ の比容量の充電電圧依存性

LLZ キャパシタについて電極の比表面積と伝導体厚みにより電界を増加させたときの放電量の変化を図 2 に示す。放電エネルギー密度は電極の比表面積と電界の両方に伴い増加することが明らかとなった。すなわち、固体イオンキャパシタは EDLC と MLCC の両方の特徴を備えた非常にユニークなキャパシタであることが明らかとなった。これは固体である LLZ 中ではリチウムイオンしか動かないため、リチウムイオンの集まる負極では EDLC のように、リチウムが抜けていく正極では MLCC のように振る舞うためであると考えられた。この特徴はエネルギー密度を上げる上では非常に有利となる。

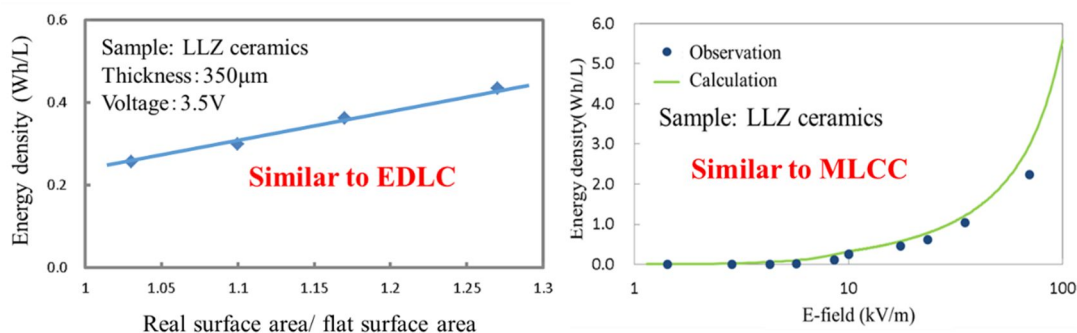


図 2 LLZ キャパシタの放電エネルギー密度の電極面積および電界依存性

#### (4) リチウム導電性ガラスについての検討 (実験と解析)

LLZ で固体イオンキャパシタの可能性は実証されたものの、実用化を考える上では LLZ に含まれるランタンは希少金属ではないものの価格は高く、1000 を超える LLZ の焼成温度は電極材料を制限するため、LLZ を用いた蓄電キャパシタは現実的ではないとの結論に至った。そこで焼成温度が低く資源的に制限のある原料を使わないリチウムガラスを用いてキャパシタを作製した。それらの充放電カーブを図 3 に示す。いずれの組成でも典型的なキャパシタの充放電特性を示している。しかしながら、充電量に対し放電量を小さく効率が低いことが問題であった。

#### (5) リチウム導電性ガラスの薄層化の検討 (実験と解析)

リチウムガラスを用いた固体イオンキャパシタのエネルギー密度を向上するにはガラスの薄層化が必須である。そこでニッケル箔を電極として溶融ガラスをその間に挟むことで薄層ができることを実証した。作製したキャパシタの断面 SEM 写真を図 4 に示す。図中にある NiO 層は次節で述べるファラデー電流バリアーとして挿入してある。リチウムイオン伝導体の緻密な層が電極間に形成されていることがわかる。

#### (6) 高電圧駆動のためファラデー電流バリアー (FIB)の提案と実証 (実験と解析)

固体イオンキャパシタのエネルギー密度の向上には高電圧駆動が必要である。しかしながら、リチウムイオン伝導体に 4V 以上の電圧をかけるとリチウムイオンが還元されて系外に出てしまうという問題が生じる。このときに流れる電流がファラデー電流である。その問題を解決するため本研究では新しい概念であるファラデー電流バリアー層(FIB)を導入した。材料としては酸化ニッケルを使用した。FIB の挿入による充放電効率の向上を図 5 に示す。FIB により効率を大幅に向上することができた。また、FIB を用いることでリチウムの酸化還元電位を大幅に上回る 20V での充放電が確認された。

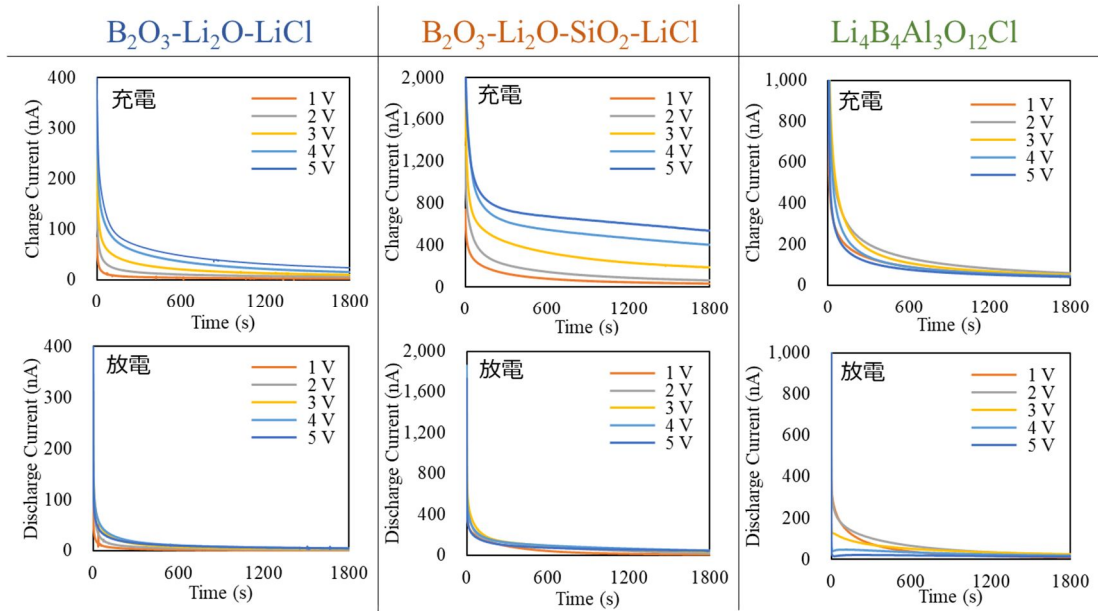


図3 各種リチウムガラスの充放電カーブ

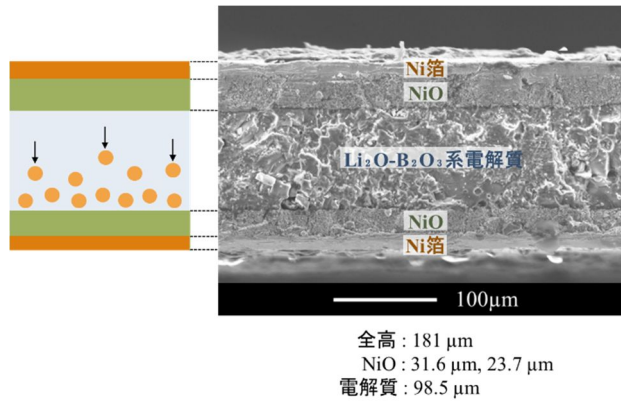


図4 ニッケル箔で挟んだリチウムガラスキャパシタの断面 SEM 写真

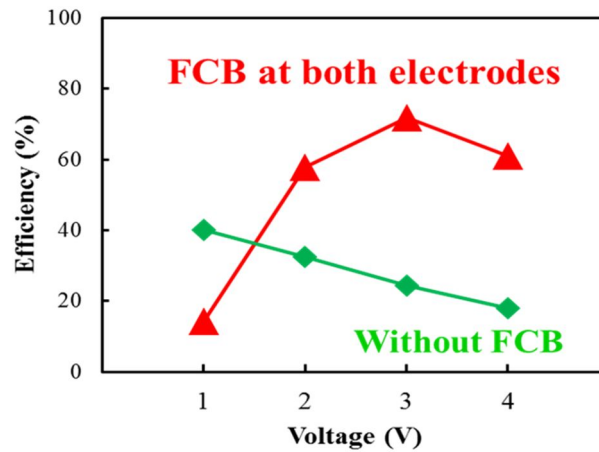


図5 FIB の導入による大幅な効率の向上

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7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 Hoshina Takuya, Hatta Saki, Takeda Hiroaki, Tsurumi Takaaki	4. 巻 57
2. 論文標題 Grain size effect on piezoelectric properties of BaTiO <sub>3</sub> ceramics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 0902BB ~ 0902BB
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.0902BB	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 Takeda Hiroaki, Akimoto Kyohei, Oshima Takuto, Takizawa Kenta, Kondoh Jun, Matsutani Akihiro, Hoshina Takuya, Tsurumi Takaaki	4. 巻 57
2. 論文標題 Electroacoustical constants and Rayleigh surface acoustic wave propagation characteristics of calcium aluminate silicate Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> SiO <sub>7</sub> single crystals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 11UD01 ~ 11UD01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.11UD01	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 T. Tsurumi, S. Takezawa, T. Hoshina, H. Takeda	4. 巻 56
2. 論文標題 Elution of lead from PZT ceramics to acid rain	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 10PD01-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.56.10PD01	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 R. Sase, T. Hoshina, H. Takeda, T. Tsurumi	4. 巻 56
2. 論文標題 Effect of atomic vacancies on ionic polarization of nonstoichiometric strontium titanate ceramics	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 10PD11~15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.56.10PB11	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 M. Sakurai, K. Kanehara, H. Takeda, T. Tsurumi, T. Hoshina	4. 巻 124
2. 論文標題 Wideband dielectric spectroscopy of (Sr0.7Bi0.2)TiO3 ceramics and its microscopic mechanism of polarization	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 664-667
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.16023	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 T. Tsurumi, K. Takeda, T. Hoshina, H. Takeda	4. 巻 55
2. 論文標題 Electro-optic effect and photoelastic effect of ferroelectric relaxors	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 10TB05
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.55.10TB05	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 D. Hou, E. Aksel, C. M. Fancher, T.-M. Usher, T. Hoshina, H. Takeda, T. Tsurumi, J. L. Jones	4. 巻 100
2. 論文標題 Formation of Sodium Bismuth Titanate-Barium Titanate during Solid State Synthesis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the American Ceramic Society	6. 最初と最後の頁 1330-1338
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jace.14631	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 -

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Takaaki Tsurumi
2. 発表標題 Why some relaxors show high breakdown strength at high temperatures - intrinsic breakdown and lattice dynamics
3. 学会等名 ISAF-ICE-EMF-IWPM-PFM2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鶴見敬章
2. 発表標題 リラクサー誘電体の高温での高耐圧メカニズム
3. 学会等名 第36回強誘電体応用会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takaaki Tsurumi
2. 発表標題 New Trends of Ceramic Capacitor Technology
3. 学会等名 8th International Seminar on Green Energy Conversion (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Ikuta
2. 発表標題 High energy density all solid capacitor with Lithium-ion conductive glass
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takaaki Tsurumi
2. 発表標題 A new ceramic capacitor for energy storage
3. 学会等名 43rd International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 小山 祐樹
2. 発表標題 固体/液体コンポジット系イオン伝導体の開発と高性能蓄電キャパシタへの応用
3. 学会等名 日本セラミックス協会第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Kumazawa
2. 発表標題 Fabrication of Lithium Lanthanum Zirconate Ceramics by Cold Sintering Process
3. 学会等名 2018 ISAF-FMA-AMF-AMEC-PEM Joint Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Kataoka
2. 発表標題 High Energy Density Dual-Carbon Capacitor by Cold Sintering Process
3. 学会等名 2018 ISAF-FMA-AMF-AMEC-PEM Joint Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takaaki Tsurumi, Kazuki Tomie, Masaya Karube, Takuya Hoshina and Hiroaki Takeda
2. 発表標題 A New Trend in the Study and Applications of Ceramic Capacitors
3. 学会等名 8th International Conference on Electroceramics( ICE2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鶴見敬章
2. 発表標題 誘電体研究の進むべき方向についての提案
3. 学会等名 日本セラミックス協会第30回秋季シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 片岡裕介、保科拓也、武田博明、鶴見敬章
2. 発表標題 Cold Sintering Processによるエナジーストレージキャパシタ構造の試作
3. 学会等名 日本セラミックス協会第30回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 熊澤優人、保科拓也、武田博明、鶴見敬章
2. 発表標題 Cold Sintering Process(CSP)によるSrTiO <sub>3</sub> の粒子間結合形成
3. 学会等名 日本セラミックス協会第30回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤井優宇、片岡裕介、熊澤優人、保科拓也、武田博明、鶴見敬章
2. 発表標題 Cold Sintering Processによるジルコン酸リチウムランタン緻密体の作製
3. 学会等名 日本セラミックス協会2018年年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Hoshina, K. Kanehara, H. Takeda, T. Tsurumi
2. 発表標題 Wideband dielectric spectroscopy of (Sr0.7Bi0.2)TiO3 ceramics and its microscopic mechanism of polarization
3. 学会等名 Energy Materials Nanotechnology Meeting on Terahertz (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小島誠治, 金原一樹, 保科拓也, 鶴見敬章
2. 発表標題 遠赤外エリブソメータとラマン分光法による LiNbO3の光学フォノンとポラリトンの研究
3. 学会等名 第33回強誘電体応用会議
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 保科拓也、武田博明、鶴見敬章
2. 発表標題 BaTiO <sub>3</sub> の格子・ドメインダイナミクスと誘電分極メカニズム
3. 学会等名 第33回強誘電体応用会議
4. 発表年 2016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	保科 拓也  (Hoshina Takuya)  (80509399)	東京工業大学・物質理工学院・准教授   (12608)	

6. 研究組織（つづき）

	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	安原 颯  (Yasuhara Sou)  (20880032)	東京工業大学・物質理工学院・助教    (12608)	
研究分担者	武田 博明  (Takeda Hiroaki)  (00324971)	東京工業大学・物質理工学院・准教授    (12608)	

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