

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-259556

(P2005-259556A)

(43) 公開日 平成17年9月22日(2005.9.22)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO 1 B 1/06	HO 1 B 1/06	2 G 0 0 4
GO 1 N 27/409	HO 1 B 1/08	5 G 3 0 1
HO 1 B 1/08	HO 1 B 13/00	5 H 0 2 6
HO 1 B 13/00	HO 1 M 8/02	
HO 1 M 8/02	HO 1 M 8/12	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-70181 (P2004-70181)

(22) 出願日 平成16年3月12日 (2004.3.12)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(71) 出願人 301021533

独立行政法人産業技術総合研究所  
東京都千代田区霞が関1-3-1

(74) 代理人 100102141

弁理士 的場 基憲

(72) 発明者 秦野 正治

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

(72) 発明者 内山 誠

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体電解質及びその製造方法

## (57) 【要約】

【課題】特に低温域(600 ~ 800 付近)におけるイオン伝導性に優れた  $S c_2 O_3 - Z r O_2$  系固体電解質と、当該固体電解質の製造方法、さらには、このようなは固体電解質を用いた固体酸化物形燃料電池及び酸素センサを提供する。

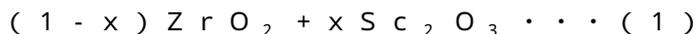
【解決手段】  $(1-x) Z r O_2 + x S c_2 O_3$  ( $x = 0.03 \sim 0.15$ ) で表わされる組成を有する粉末を静水圧プレスにより成形し、1400 を超え1650 未満の温度範囲で焼成したのち、さらに酸素を含有する高温高压雰囲気のもとで熱間静水圧焼結による熱処理を施すことにより、上記ジルコニア質焼結体の結晶粒界に1 ~ 10 nmの厚さを有する同成分のナノ結晶層を形成する。

【選択図】 なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

次の一般式 ( 1 )



( 式中の x は、 0 . 0 3 ~ 0 . 1 5 ) で表わされる組成を有するジルコニア焼結体から成り、結晶粒界に 1 ~ 1 0 n m の厚さを有する同成分のナノ結晶層を備えていることを特徴とする固体電解質。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の固体電解質を製造するに際し、上記成分を有する粉末を静水圧プレスにより成形した後、 1 4 0 0 を超え 1 6 5 0 未満の温度範囲で焼成し、さらに酸素含有雰囲気において熱間静水圧焼結による熱処理を施すことを特徴とする固体電解質の製造方法。 10

## 【請求項 3】

熱間静水圧焼結による熱処理工程において、酸素分圧が 5 ~ 2 0 %、圧力が 0 . 9 ~ 2 0 0 M P a であって、 1 2 0 0 を超え 1 6 5 0 未満の温度範囲の雰囲気にて 3 0 ~ 2 4 0 分保持することを特徴とする請求項 2 に記載の固体電解質の製造方法。

## 【請求項 4】

請求項 1 に記載の固体電解質を用いたことを特徴とする固体酸化物形燃料電池。

## 【請求項 5】

請求項 1 に記載の固体電解質を用いたことを特徴とする酸素センサ。 20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、酸素センサや燃料電池などに利用されるジルコニア質固体電解質と、このような固体電解質の製造方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

1 8 9 9 年に N e r n s t が固体電解質 ( S o l i d E l e c t r o l y t e : S E ) を発見した後、1 9 3 7 年に B a u r と P r e i s が 1 0 0 0 でセラミックス燃料電池を運転して以来、セラミックス固体電解質燃料電池 ( S O F C : 固体酸化物形燃料電池 ) は進歩を続けており、数 k W のジルコニア質セラミックス燃料電池が数千時間の運転実績を積んでいる。 30

S O F C は、1 0 0 0 程度の高温で運転されるため、炭化水素系燃料を電池内で改質 ( i n t e r n a l r e f o r m i n g ) することができ、例えば 6 0 % を超えるような高い燃焼効率を得ることが可能であると考えられている。

## 【0003】

このような S O F C は、固体電解質、アノード、カソードから基本的に構成され、これらの間の密着性を高めて性能を向上させたり、耐熱衝撃性を高めて耐久性を向上させたりするために、電極層と電解質層の間に中間層を形成することも行われている。

これら全ての構成材料は、酸化還元性雰囲気に対して安定であって、適度なイオン伝導性を備えている必要がある。また、構成材料の熱膨張係数が互いに接近していると共に、アノードとカソードについては、多孔質体であって、ガス透過性を有していることが要求される。さらに、運転時の安定性を見地からは、導電体の基本要件として同時に焼結された材料系が望ましい。加えて、当然のことながら電池材料としては、強度と韌性に優れ、しかも安価であることが望まれる。 40

## 【0004】

また、S O F C における単電池の出力は、約 1 . 1 V と限定されているため、高電力を得るには積層構造や並列構造を採ることが必要となることから、このようなセラミックス電池は大型になり、固体電解質やそれを支持するセラミックス材料の製造技術やシステムの選択が非常に難しくなっている。したがって、燃焼器本体などには、例えばフエライト 50

系ステンレスなどの金属部品の有効な利用が望ましく、支持部材としてこのような金属部材を有効に利用するためには、燃料電池の作動温度を低温化することが必要であり、そのためには、低温（600 ~ 800 付近）でのイオン伝導率が高温時と同等に優れた固体電解質材料が望まれている。

【0005】

このようなSOFCの固体電解質として用いられる材料については、安定化ジルコニア（ $ZrO_2$ ）が主流であって、安定化剤としては、CaOやMgOなど2価のアルカリ土類金属酸化物や、 $Sc_2O_3$ や $Y_2O_3$ などの希土類酸化物等が用いられ、例えば、アルカリ土類金属の酸化物であるCaOをドーブしたときの特性値としては、800で0.01 S/cmのイオン伝導性を示す。

10

また、 $Y_2O_3$ や $Yb_2O_3$ などの希土類酸化物を単独でドーブしたときのイオン伝導性については、ある程度の値を示すものの、650以下になると大幅に低下することが知られている。なお、希土類酸化物の単独添加による実用的な安定化ジルコニアについては、1970年までにほとんど公知となっている。

【0006】

一方、最近では、700以上で運転する燃料電池用の固体電解質としてスカンジウム酸化物（ $Sc_2O_3$ ）で安定化したジルコニアが研究されており、上記のような低温域での運転を行うための固体電解質材料として最も有望であると考えられている。

【0007】

しかし、 $Sc_2O_3$ 安定化ジルコニアにおいては、 $Sc_2O_3$ の添加量が6~9モル%の場合には、立方晶と斜方相が含まれた結晶相が観察され、 $Y_2O_3$ 安定化ジルコニアなど他の希土類と同レベルのイオン伝導度を示すのに対し、 $Sc_2O_3$ 添加量が10モル%以上の場合には、700以上の温度においては、上記のような従来の希土類安定化ジルコニアの値よりも数倍高いイオン伝導度を示すものの、500から700までの低温域では、 $Zr_7Sc_2O_{17}$ で表される結晶相が出現し、従来の希土類安定化ジルコニアの値に較べて、イオン伝導度が2オーダーも低下するとの報告がある（F. M. Spiridonov et al., J. Solid State Chemistry, 2(1970) p. 430 - 438）。

20

【0008】

一方、特許文献1には、Scに加えてInやGa、Tiなどの副ドーパントを添加することによって、相構造を安定なものとし、構造変化に基づく膨張率差による破壊を防止することが提案されている。さらに、特許文献2には、ゾルゲル法を適用することによって、イオン伝導度に優れた $Sc_2O_3$ 、 $Al_2O_3$ 添加 $ZrO_2$ 系電解質膜を薄膜化し、発電効率を向上させることが記載されている。

30

また、熱間静水圧プレスを利用した焼結方法によって $Sc_2O_3$ 安定化ジルコニアをアルゴン雰囲気下で再焼結して空孔を縮小させ、もって強度および伝導度を向上させる手法が報告されている（非特許文献2参照）。

【特許文献1】特開平06-150943号公報

【特許文献2】特開平10-097860号公報

【非特許文献1】平野、他、Solid State Ionics, 133(2000) p. 1 - 9

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上記特許文献及び非特許文献に記載された技術では、必ずしも十分にイオン伝導度を向上させることはできず、固体電解質の低温域（600 ~ 800 付近）におけるイオン伝導性のさらなる向上が求められている。

【0010】

本発明は、従来の $Sc_2O_3$ 安定化ジルコニアにおける上記課題に鑑みてなされたものであって、特に600 ~ 800 付近におけるイオン伝導性に優れ、固体酸化物形燃料

50

電池の低温作動化に寄与する  $Sc_2O_3 - ZrO_2$  系固体電解質と、このような固体電解質の製造方法、さらには、当該固体電解質を用いた固体酸化物形燃料電池及び酸素センサを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明者らは、 $Y_2O_3$  安定化ジルコニアにおいては、粒内のバルク伝導度に対して、粒界におけるイオン伝導度が約2オーダー低いとの報告 (Acta Materialia 51 (2003) p. 2539 - 2547) に着目し、 $Sc_2O_3$  安定化ジルコニアの粒界にもイオン伝導を阻害する抵抗層が介在しているのではないかとの推定に基づき、このような伝導阻害層を消滅させるべく、材料組成や出発原料、焼成条件や熱処理などについて鋭意検討を重ねた結果、焼成後の  $Sc_2O_3 - ZrO_2$  材料に、酸素を含有する高温高圧雰囲気下で熱間静水圧焼結による熱処理を施すことによって、粒界に極めて薄いナノ結晶層が生成され、熱処理前に較べてイオン伝導度が向上することを見出し、本発明を完成するに到った。

10

【0012】

本発明は上記知見に基づくものであって、本発明の固体電解質は、一般式： $(1-x)ZrO_2 + xSc_2O_3$  (式中の  $x$  は、 $0.03 \sim 0.15$ ) で表わされる組成を有するジルコニア焼結体から成り、結晶粒界に  $1 \sim 10$  nm の厚さを有する同成分のナノ結晶層を備えていることを特徴としている。

また、本発明の固体電解質の製造方法においては、上記成分を有する粉末を静水圧プレスにより成形し、 $1400$  を超え  $1650$  未満の温度範囲で焼成した後、さらに酸素を含む雰囲気中において熱間静水圧焼結による熱処理を施すようにしている。

20

【0013】

さらに、本発明の固体酸化物形燃料電池及び酸素センサにおいては、本発明の上記固体電解質を使用したことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0014】

本発明の固体電解質は、 $(1-x)ZrO_2 + xSc_2O_3$  (式中の  $x$  は、 $0.03 \sim 0.15$ ) で表わされる組成を有するジルコニア焼結体から成り、その結晶粒界に厚さが  $1 \sim 10$  nm のナノ結晶層を備え、当該ナノ結晶層は、結晶粒内と同じ組成を有し、粒界におけるイオン伝導度を阻害することがなく、固体電解質全体のイオン伝導度を向上させることができる。

30

また、本発明の固体電解質製造方法においては、上記成分を有する粉末を静水圧プレス成形し、 $1400$  を超え  $1650$  未満の温度で焼成した後、酸素を含む高温高圧の雰囲気下で熱間静水圧焼結による熱処理を施すようにしており、当該熱処理により焼成体の結晶粒界に酸素が導入されることによって、イオン伝導の阻害要因である粒界に、粒界抵抗を緩衝するナノ結晶層を成長させることができ、特に  $600 \sim 800$  付近におけるイオン伝導性に優れた  $Sc_2O_3 - ZrO_2$  系固体電解質を得ることができる。

【0015】

このような固体電解質は、燃料電池や酸素センサなどに好適に使用することができ、特に当該固体電解質を固体酸化物形燃料電池に適用した場合には、作動温度の低温化を可能なものとし、電池要素のみならず、周辺部材の耐久性向上及びコスト低減に大きく寄与することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の実施の形態について具体的に説明する。

【0017】

本発明の固体電解質は、上記のように  $(1-x)ZrO_2 + xSc_2O_3$  で表わされる組成 (式中の  $x$  は、 $0.03 \sim 0.15$ ) を有するジルコニア焼結体から成り、その結晶粒界に厚さが  $1 \sim 10$  nm のナノ結晶層を備えており、このようなナノ結晶層は、例えば

50

、上記成分の粉末材料を成形及び焼成した後、酸素を含む高温高压雰囲気下における熱間静水圧焼結処理を施すことによって得ることができる。

【0018】

このように、本発明の固体電解質は、上記ジルコニア焼結体の結晶粒界に1～10nm厚さのナノ結晶層を備えたものであって、当該固体電解質におけるナノ結晶層は、透過型電子顕微鏡(200kV以上)を用いて、10万倍以上の倍率で観察することができ、その成分は1～5nmに絞った電子ビームを照射したEDS分析により確認することができる。

【0019】

以下、本発明の固体電解質の製造方法について、工程順に説明する。

当該固体電解質の製造工程は、従来法と同じく、原料の混合工程、合成工程、粉碎工程、焼結工程及び成形工程を経るものであるが、通常の焼成後、酸素を含有する高温高压の雰囲気中に熱間静水圧焼結処理を行うことを特徴としている。

【0020】

$(1-x)ZrO_2 + xSc_2O_3$  ( $x=0.03\sim0.15$ )の一般式で表される組成成分を有する固体電解質の出発原料としては、Zr及びScのクエン酸水溶液から製造した粉末を用いることが望ましい。ここで、xの値を上記範囲内にするのは、xが上記値0.03よりも小さい、すなわちジルコニア系固体電解質中における $Sc_2O_3$ 含有量が3モル%に満たないと、イオン伝導性の低い単斜相が増加する一方、0.15よりも大きい、すなわち当該電解質中の $Sc_2O_3$ 含有量が15モル%を超えると、イオン伝導性に優れた高温相が安定して得られなくなることによる。

【0021】

先ず、上記Zr及びScのクエン酸塩を900 から1000 程度の温度で仮焼し上記の組成物を得る。さらに、その仮焼生成物をアルコール中でボールミルを使用して24時間程度の粉碎を行った後、ロータリーエバポレータを用いて乾燥する。この仮焼粉末の粉碎は、粉末粒経が0.5 $\mu$ m以下となるように行うことが好ましい。すなわち、粉末の粒子径が0.5 $\mu$ mを超えると、後工程での焼結が困難になる傾向がある。

【0022】

次に、上記成分の粉末を静水圧プレスによって、98MPaから196MPa程度の圧力で成形した後、当該成形体に1400 を超え1650 未満の温度範囲の大気中において1時間から8時間程度の焼成を施す。

【0023】

上記温度範囲での焼成が施された成形体には、さらに酸素含有雰囲気下において熱間静水圧焼結による熱処理が施されることになるが、当該熱処理は、酸素分圧が5～20%、圧力が0.9～200MPa、温度が1200 を超え1650 未満の高温高压酸素雰囲気中に30～240分程度保持することによって行うのが好ましい。

【0024】

なお、熱間静水圧焼結による熱処理における酸素以外の雰囲気ガスについては、通常、不活性ガスとしてアルゴンを用いるが、腐食性や可燃性のないものである限り、特に限定されることはなく、例えば窒素ガスなどを用いることも可能である。

また、酸素分圧及び焼結圧力の上限值については、装置上の制約がない限り、特に限定されるものではなく、このような高压・高酸素濃度雰囲気を用いることによって処理時間の短縮が可能になるものと予測されるが、このような焼結処置が可能な装置は、製造コストや運転コストが嵩むものと考えられることから、それぞれ20%及び200MPa以下とすることが望ましい。

【0025】

このようにして得られた固体電解質の微細構造、すなわち1～10nm厚さを有するナノ結晶層の存在は、上記したように、透過型電子顕微鏡(200kV以上)を用いて、イオンミリングなどによって薄膜化した試料を10万倍以上の倍率で観察することにより確認することができ、その成分は1～5nmに絞った電子ビームを照射したEDS分析によ

10

20

30

40

50

って求めることができる。

【実施例】

【0026】

以下、本発明を実施例に基づいて具体的に説明するが、本発明は、これら実施例によって何ら限定されるものではない。

【0027】

(実施例1)

(1-x)ZrO<sub>2</sub> + xSc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の一般式で表される組成成分において、Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のモル比xが0.05となるような固体電解質材料をクエン酸塩からの仮焼結によって得た後、当該仮焼生成物をアルコール中でボールミルを用いて24時間粉碎し、その後ロータリーエバポレータを用いて乾燥した。

10

次に、上記粉末を100MPa程度の圧力で成型した後、1450 の大気中で6時間の焼成を行なった。

【0028】

焼成後の上記成形体に、酸素分圧：20% (バランス：Ar)、圧力：1.0MPa、温度：1300 の雰囲気下において、熱間静水圧焼結による2時間の熱処理を施し、得られたSc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub>系固体電解質について、密度や粒子径、立方晶率を調査すると共に、600 及び800 におけるイオン伝導度を測定した。さらに、イオンミリングによって薄膜化した試料について、透過型電子顕微鏡による組織観察を行ない、ナノ結晶層の存在を確認した。

20

これらの結果をその製造条件と共に表1に示す。

【0029】

(実施例2)

Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のモル比xが0.07となるように固体電解質材料を調製し、圧力を98MPaとしたことを除いて、上記実施例1と同様の操作を繰り返し、本例の固体電解質を得た。そして、同様の調査及び測定を行い、その結果を表1に併せて示す。

なお、本発明実施例の代表例として、当該実施例2に係わる固体電解質の透過型電子顕微鏡による微細組織写真(60万倍)を図1に示す。

【0030】

(実施例3)

Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のモル比xが0.08となるように固体電解質材料を調製し、圧力を126MPaとしたことを除いて、上記実施例1と同様の操作を繰り返し、本例の固体電解質を得た。そして、同様の調査及び測定を行い、その結果を表1に併せて示す。

30

【0031】

(実施例4)

Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のモル比xが0.07となるように固体電解質材料を調製し、成形体の焼成温度及び熱間静水圧焼結による熱処理温度をそれぞれ1500 としたことを除いて、上記実施例1と同様の操作を繰り返し、本例の固体電解質を得た。そして、同様の調査及び測定を行い、その結果を表1に併せて示す。

40

【0032】

(実施例5)

熱間静水圧焼結による熱処理雰囲気の酸素分圧を5%とし、圧力を10MPaとしたことを除いて、上記実施例4(モル比x=0.07)と同様の操作を繰り返し、本例の固体電解質を得た。そして、同様の調査及び測定を行い、その結果を表1に併せて示す。

【0033】

(実施例6)

成形体の焼成温度を1550 とし、圧力を49MPaとしたことを除いて、上記実施例4と同様の操作を繰り返し、本例の固体電解質を得た。そして、同様の調査及び測定を行い、その結果を表1に併せて示す。

【0034】

50

## (実施例 7)

熱間静水圧焼結による熱処理雰囲気圧力を 48 MPa としたことを除いて、上記実施例 6 (モル比  $x = 0.07$ ) と同様の操作を繰り返し、本例の固体電解質を得た。そして、同様の調査及び測定を行い、その結果を表 1 に併せて示す。

【0035】

## (実施例 8)

成形体の焼成温度を 1600 とし、圧力を 196 MPa としたことを除いて、上記実施例 4 と同様の操作を繰り返し、本例の固体電解質を得た。そして、同様の調査及び測定を行い、その結果を表 1 に併せて示す。

【0036】

## (実施例 9)

熱間静水圧焼結による熱処理雰囲気の酸素分圧を 5% としたことを除いて、上記実施例 8 (モル比  $x = 0.07$ ) と同様の操作を繰り返し、本例の固体電解質を得た。そして、同様の調査及び測定を行い、その結果を表 1 に併せて示す。

【0037】

## (比較例 1)

$(1-x)ZrO_2 + xSc_2O_3$  の一般式で表される組成成分において、 $Sc_2O_3$  のモル比  $x$  が 0.07 となるような固体電解質材料をクエン酸塩からの仮焼結によって得た後、当該仮焼生成物をアルコール中でボールミルを用いて 24 時間粉碎し、その後ロータリーエバポレータを用いて乾燥した。

次に、上記粉末を 100 MPa 程度の圧力で成型した後、1450 の大気中で 6 時間の焼成を行なうことにより、熱間静水圧焼結による熱処理を施すことなく、本比較例の固体電解質を得た。そして、同様の調査及び測定を行い、その結果を表 1 に併せて示す。

また、当該比較例 1 に係わる固体電解質の透過型電子顕微鏡による微細組織写真 (30 万倍) を図 2 に示す。

【0038】

10

20

【表 1】

区 分	原料成分 Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub> モル比 (x)	焼成条件			熱間静水圧焼結条件			固体電解質						
		温度 (°C)	処理 雰囲気	時間 (hr)	温度 (°C)	酸素分圧 (% in Ar)	圧力 (Mpa)	時間 (hr)	ナノ結 晶層の 有無	密 度 (g/cm <sup>3</sup> )	結晶 粒径 (μm)	立方 晶率 (%)	イオン伝導度 (S/cm)	
													600°C	800°C
実施例 1	0.05	1450	大気	6	1300	20	1	2	有	5.5	6	95	0.0119	0.088
実施例 2	0.07	1450	大気	6	1300	20	98	2	有	5.5	6	96	0.0121	0.088
実施例 3	0.08	1450	大気	6	1300	20	126	2	有	5.5	6	96	0.0120	0.087
実施例 4	0.07	1500	大気	6	1500	20	1	2	有	5.5	6	96	0.0120	0.088
実施例 5	0.07	1500	大気	6	1500	5	10	2	有	5.5	6	96	0.0121	0.087
実施例 6	0.07	1550	大気	6	1500	20	49	2	有	5.5	6	96	0.0121	0.088
実施例 7	0.07	1550	大気	6	1500	20	48	2	有	5.5	6	96	0.0120	0.087
実施例 8	0.07	1600	大気	6	1500	20	196	2	有	5.5	6	96	0.0121	0.087
実施例 9	0.07	1600	大気	6	1500	5	196	2	有	5.5	6	96	0.0121	0.088
比較例 1	0.07	1450	大気	6	—	—	—	—	無	5.5	6	95	0.0115	0.082

10

20

30

40

50

表1の記載から明らかなように、実施例1～9の固体電解質においては、図1に代表例として示したように、その結晶粒界に1～10nm幅のナノ結晶層の存在が確認され、低温域(600～800付近)においても、良好なイオン伝導性を示すことが確認された。

これに対して、熱間静水圧焼結による熱処理が施されていない比較例のしていない固体電解質においては、図2に示したように、上記のようなナノ結晶層が認められず、600及び800におけるイオン伝導度についても、上記実施例に較べて1割程度低い値となっていることが判明した。

【図面の簡単な説明】

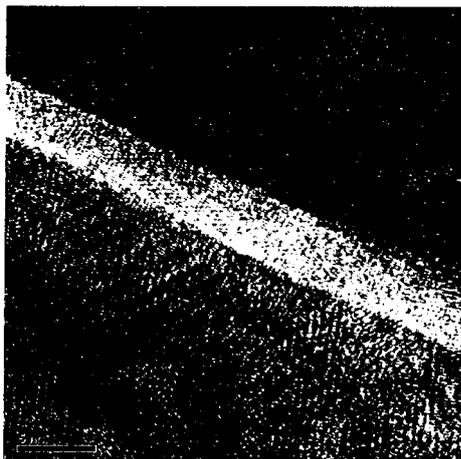
【0040】

【図1】本発明の実施例2に係わる固体電解質における微細構造を示す透過型電子顕微鏡写真である。

【図2】熱間静水圧焼結による熱処理が施されていない比較例1に係わる固体電解質の微細構造を示す透過型電子顕微鏡写真である。

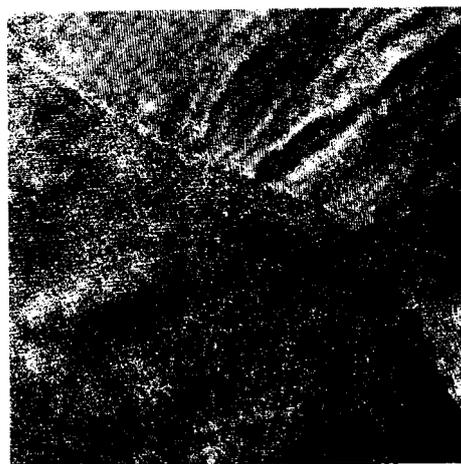
10

【図1】



(60万倍)

【図2】



(30万倍)

## フロントページの続き

(51) Int.Cl.<sup>7</sup> F I テーマコード(参考)  
H 0 1 M 8/12 G 0 1 N 27/58 B

(72)発明者 山中 貢

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内

(72)発明者 秋宗 淑雄

茨城県つくば市梅園1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所内

(72)発明者 岡本 正也

茨城県つくば市梅園1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所内

Fターム(参考) 2G004 BL08 BL18 BM04 BM07 BM10

5G301 CA02 CA28 CA30 CD01

5H026 AA06 BB01 BB02 EE13 HH03 HH05 HH08 HH09 HH10