

Functional Layers for Ni-Fe Metal-Support Protonic Ceramic Fuel Cells

金, 孝英

<https://hdl.handle.net/2324/7363893>

出版情報 : Kyushu University, 2024, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :

権利関係 : Public access to the fulltext file is restricted for unavoidable reason (3)



氏 名	Kim Hyo Young			
論 文 名	Functional Layers for Ni-Fe Metal-Support Protonic Ceramic Fuel Cells (Ni-Fe 金属支持酸化物プロトン伝導燃料電池のための機能層)			
論文調査委員	主 査	九州大学	教授	石原 達己
	副 査	九州大学	教授	田中 敬二
	副 査		教授	林 克郎

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

現在、高効率な発電装置として酸化物プロトン伝導体を電解質に用いる燃料電池(PCFC)が期待されている。プロトン伝導体では低温での電導度が高いこと、水蒸気の発生が空気極側で生じることから燃料が希釈されにくく、PCFCでは高い発電効率の達成が期待されている。本論文は、Ni-Fe 金属基板に担持されたBaZr(Ce, Y)O₃系電解質薄膜を用いるPCFCの作成と性能向上のために、空気極および燃料極の界面層の影響について検討したもので、主な成果は以下のとおりである。

(1) BaZr(Ce, Y)O₃-Ce(Pr)O₂からなるダブルカラムナーというナノコンポジット膜の空気極界面への導入を検討している。その結果、ダブルカラムナー層の導入により、空気極の過電圧が低下し、開回路起電力が向上できることを明らかにしている。組成の影響を検討しており、BaZr(Ce, Y)O₃-Ce(Pr)O₂が重量比で7:3が最も適することを明らかにしている。作成したセルは開回路起電力1.05V, 出力密度413mW/cm²を600℃で達成しており、ダブルカラムナー層の導入が有効であることを示している。

(2) 空気極界面層としてのLa(Sr)ScO₃およびLa(Ba)ScO₃の応用を行い、これらのSc系酸化物により、空気極の抵抗や過電圧が大きく低減でき、開回路起電力がさらに向上できるとともに、出力密度も向上できることを明らかにしている。La_{0.85}Sr_{0.15}ScO₃膜では開回路起電力1.15V, 617mW/cm²の出力密度の達成が行えることを示している。La_{0.85}Ba_{0.15}ScO₃も、開回路起電力と出力密度の向上に有効であることを見出している。このようなLaScO₃薄膜では薄膜化により、水蒸気の取り込み量が増加するので、プロトンの高い濃度を達成でき、プロトン伝導が向上することを明らかにしている。このような界面層でのプロトン伝導性の向上が高酸素分圧下で課題となるBZCYのホール伝導を抑制し、開回路起電力が向上するとともに、高いプロトン濃度が空気極過電圧の低減を生じるので、出力の向上が行える機構を明確にしている。

(3) アノード界面への機能層としてPd薄膜の導入効果を検討し、空気極に加え、燃料極でも界面層の導入は過電圧の低減に有効であり、出力密度の向上が行えることを示している。

一方で、Pdは熱膨張係数がプロトン伝導膜と異なり、Pdの膜厚が厚くなると、剥離を生じやすいことが課題である。しかし、100nm程度のPdアノード機能層の導入は、アノード基板とBZCY膜の反応の抑制に効果があり、抵抗損が低減できるので、出力密度の向上につながることを明らかにしている。

以上、要するに本論文は、PCFCにおいて、空気極側、燃料極側の界面機能層の効果について検討したものであり、界面層は、開回路起電力や出力の向上に有効であることを明らかに

しており、固体イオニクス分野で寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文に値すると認められる。

最終試験

この論文について、論文調査委員会は令和7年2月12日9時から伊都地区総合学習プラザ講義室7において、Kim Hyo Young氏および論文調査委員全員の出席により、公開による論文調査および最終試験を実施した。

本論文に関して、調査委員より 1) 内部抵抗を測定したインピーダンスの円弧の帰属 2) 膜厚と酸素欠陥量の依存性、3) 薄膜の成長方向と基板の格子定数の関係、4) 空気極に SmCoO_3 を用いる理由とその物性、5) ダブルカラムナー構造の詳細な構造などについて質問があったが、いずれも著者の説明により、理解が得られた。また、公聴会においても 1) ダブルカラムナー構造の作成条件、2) LaScO_3 におけるプロトンリークの抑制機構とプロトンのリークが発電へ及ぼす影響など、多くの質問が寄せられたが、著者の説明により質問者の理解が得られた。

以上の結果により、著者は最終試験に合格したものと認める。