



2

ZELLEN UND STACKS FÜR DIE SYNTHESGAS-PRODUKTION DURCH CO-ELEKTROLYSE

Dr. Nikolai Trofimenko, Dr. Stefan Megel, Dr. Mihails Kusnezoff

Höherwertige Brennstoffe und Chemikalien sind durch Co-Elektrolyse von Wasserdampf/ CO_2 -Gemischen, unter Nutzung erneuerbarer Energie mit gekoppelter Fischer-Tropsch-Synthese, CO_2 -neutral und effizient herstellbar. Mit SOFC-Brennstoffzellen, die längst nicht nur Strom erzeugen können, wird ein Wasserdampf/ CO_2 -Gemisch bei über $750\text{ }^\circ\text{C}$ in Synthesegas umgewandelt. Mit angeschlossener Fischer-Tropsch-Synthese können so beliebige Kohlenwasserstoffe erzeugt werden. Da die Prozesseffektivität durch den Einfluss von CO und CO_2 aufgrund der übergeordneten Shiftreaktion sinkt, ist es erforderlich, passende Elektroden und Betriebsbedingungen auszuwählen. Das Fraunhofer IKTS hat daher die elektrochemische Leistung einer elektrolytgetragenen Zelle mit herkömmlichen IKTSG3-Elektroden für den Einsatz als SOEC und SOFC untersucht. Hierfür wurden das Verhältnis von $\text{H}_2\text{O}:\text{H}_2$ und $\text{CO}_2:\text{CO}$, die Betriebstemperatur ($750\text{--}850\text{ }^\circ\text{C}$) sowie die Stromstärke variiert. Der flächenspezifische Widerstand (ASR) wies $0,178 \pm 0,010\ \Omega\text{cm}^2$ bei $850\text{ }^\circ\text{C}$ und $0,286 \pm 0,013\ \Omega\text{cm}^2$ bei $800\text{ }^\circ\text{C}$ auf. Während der Leistungstests über $\sim 4.000\text{ h}$ erhöhte sich der Zellwiderstand im Brennstoffzellenmodus lediglich um $< 5\ \text{m}\Omega\text{cm}^2/1000\text{ h}$ ($\Delta P/P_0 < 0,5\ \%/1000\text{ h}$). Die Elektroden der IKTSG3 wurden auf Grundlage der elektrochemischen Charakterisierung und Gefügeanalyse zusätzlich für den Co-Elektrolyse-Modus optimiert, um einen Anstieg der Spannung während der ersten 50 bis 100 h zu vermeiden. Die Zelle wurde um eine weitere Schicht zwischen Substrat und Mehrschicht-Luftelektrode sowie eine optimierte Elektroden-Gefügestruktur ergänzt (IKTSG5) und getestet. Die lineare Degradationsrate für den Co-Elektrolyse-Modus der IKTSG5-Zelle beträgt $\Delta P/P_0 = 0,4\ \%/1000\text{ h}$. Anschließend wurde diese neue Zellgeneration in das robuste CFY-Stack-Design MK352 des Fraunhofer IKTS integriert und im Elektrolyse- sowie Co-Elektrolyse-Modus getestet.

Das Leistungskennfeld des Stacks im Wasserdampf- und Co-Elektrolyse-Modus zeigte über einen breiten Anwendungsbereich einen linearen Verlauf und wies einen kaum erhöhten Leistungsaufwand ($+ 2\ \%$) gegenüber der Wasserelektrolyse auf. Mit der neuen Zellgeneration konnte die Langzeitstabilität des Stacks ($> 4000\text{ h}$) nachgewiesen werden. Durch Kombination eines SOFC-Stacks mit einem Fischer-Tropsch-Reaktor soll im nächsten Schritt die Herstellung unterschiedlicher Kohlenwasserstoffe erfolgreich demonstriert werden. Dies ebnet dann den Weg für die Speicherung von Überschussenergie und eröffnet neue Möglichkeiten für die CO_2 -neutrale Produktion höherwertiger Chemikalien.

Leistungs- und Kooperationsangebot

- Zellentwicklung und Technologietransfer
- Komponententests für SOFC/SOEC unter realen Bedingungen
- Stackmodulentwicklung zum Einsatz in Systemen
- Verkauf von Stacks und Stackmodulen

1 FESEM-Aufnahme der Gas-elektrode (oben) und Luftpolektrode (unten) einer IKTSG3-Zelle nach Langzeittest unter Co-Elektrolyse-Bedingungen.

2 Langzeittest eines 10-Zellen-MK352-Stacks mit IKTSG3-Zellen in Wasser- und Co-Elektrolyse (bei $\text{H}_2\text{O}:\text{CO} = 2$) bei -50 A , $830\text{ }^\circ\text{C}$ und $75\ \%$ Gasausnutzung.