

Erprobung von Katalysatoren für die elektrochemische CO₂-Reduktion

Verfasser: Conrad Uhlig, M. Sc.

Zusammenfassung

Kohlenstoffdioxid (CO₂) als klimaschädliches Abfallprodukt vieler Industrieprozesse, welche als Ausgangsbasis fossile Rohstoffe nutzen, ist Gegenstand von internationaler Politik, technischer Entwicklung, Wissenschaft und Forschung. Die elektrochemische Reduktion von CO₂ zu Kohlenwasserstoffen ist eine attraktive Möglichkeit, eine Alternative zu fossilen Rohstoffen für die chemische Industrie zu schaffen sowie chemische Energiespeicher für die Branche der Energietechnik zu bieten. Hier können in der Nutzung eines vermeintlichen »Abfallproduktes« neue Wertschöpfungsketten eröffnet werden. Mit dem Einsatz von elektrischer Überschussenergie aus erneuerbaren Quellen könnte zusätzlich nachhaltig gewirtschaftet werden.

Als Elektrodenmaterial haben sich in der Literatur insbesondere Kupfer bzw. Kupferverbindungen als günstig erwiesen, um CO₂ zu Kohlenwasserstoffen zu reduzieren. Hauptaugenmerk dieser Arbeit lag auf der Steigerung der Faraday-Effizienz sowie der Produktselektivität bzgl. des Ethens (C₂H₄), welches als wichtiger Ausgangsstoff für die chemische Industrie genutzt werden kann. Bei der Bildung der Kohlenwasserstoffprodukte ist Kohlenmonoxid (CO) ein wichtiges Intermediat. Durch die Kombination von Kupfer mit Silber, das ein typisches CO-bildendes Elektrodenmaterial ist, sollte zusätzlich CO generiert werden, um die Bildung von Kohlenwasserstoffen zu fördern. Hierfür wurde zum einen eine Pulvermischung aus Kupfer(II)-Oxid (CuO) und Silber(I)-Oxid (Ag₂O) mit unterschiedlichen Verhältnissen per Aerosoldepositionsmethode (ADM) auf eine Kupferelektrode aufgesprüht, zum anderen wurden Silberelektroden mit Kupferschichten verschiedener Dicke bedampft. Die Elektrolyse fand in einer Glaszelle statt, welche mit einer Nafion-Membran in einen Anoden- und einen gasdichten Kathodenraum getrennt ist. Die erzeugten Produktgase wurden mit einem Gaschromatographen auf ihre Konzentration hin analysiert, sodass Faraday-Effizienz und Stromdichte für jedes einzelne Produkt über die verschiedenen Spannungen aufgelöst ermittelt werden konnte.

Es zeigte sich, dass sich der Silberanteil bei den mit CuO/Ag₂O-Pulver besprühten Elektroden nicht auf die Produktzusammensetzung bei den Elektrolysen auswirkt. Vielmehr überwiegt der Effekt durch eine poröse Oberflächenstruktur. Sie bildet sich im Wesentlichen bei der Reduktion der Oxidschicht, da sich beim Austritt des Sauerstoffs feine Risse bilden. Diese Oberfläche führt zu einer verbesserten Ethen-Selektivität sowie Ethen-Faraday-Effizienz. Gründe hierfür könnten die veränderten Diffusionsprozesse an bzw. auf der porösen Oberfläche sein, die wiederum einen Einfluss auf den lokalen pH-Wert haben, welcher die Produktbildung entscheidend beeinflusst. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass stabile Oxide auf der Oberfläche ebenfalls einen effizienzsteigernden Einfluss auf die Elektrolyse haben. Die maximale Faraday-Effizienz für C₂H₄ wurde bei einem Potenzial von -1,55 V vs. Ag/AgCl mit knapp über 31 % gemessen. Die mit Kupfer bedampften Silberelektroden zeigen mit größer werdender Schichtdicke (untersuchter Bereich: 0,5–50 nm) eine Verschiebung der Faraday-Effizienzen und Stromdichten, bis zunehmend das Elektrolyseverhalten von Kupfer abgebildet wird. Synergieeffekte des Basismaterials Silbers auf die Kupferschicht, z. B. in Form einer veränderten Selektivität, sind nicht zu beobachten. Die maximale Faraday-Effizienz für C₂H₄ beträgt hier 12,5 % bei -1,70 V vs. Ag/AgCl.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Verwendung der ADM für die Co-Deposition von oxidischen Cu/Ag-Katalysatormaterialien auf eine Kupferelektrode eine aussichtsreiche Methode für die effizientere Bildung von C₂H₄ ist.

Kontakt

Dr. Martin Hämmeler

Telefon: 0921 55-7402

E-Mail: Martin.Haemmerle@uni-bayreuth.de

www.funktionsmaterialien.de