

# Charakterisierung des Kohlenstoffs von siebgedruckten Kohlenstoffelektroden mit SPELEC RAMAN

Kohlenstoffmaterialien sind eine hervorragende Wahl als Elektrodenoberflächen. Sie sind nicht nur kostengünstig und chemisch inert, sondern haben auch einen niedrigen Hintergrundstrom und ein breites Potentialfenster. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften neuer Kohlenstoffnanomaterialien hängen hauptsächlich von ihrer Struktur ab, so dass ihre Charakterisierung für die Auswahl des richtigen Materials für verschiedene Anwendungen unerlässlich ist.

Die Raman-Spektroskopie ist eine sehr attraktive

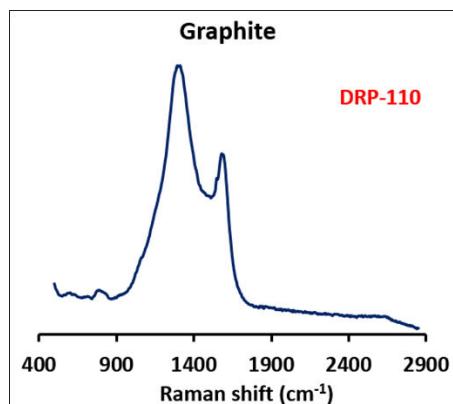
Technik für diesen Zweck, da sie mühelos Informationen über die Bindungsstruktur von Kohlenstoffmaterialien und damit über ihre möglichen Eigenschaften liefert. Siebgedruckte Elektroden (SPEs) von Metrohm DropSens sind kostengünstige Einwegeelektroden, die mit Arbeitselektroden aus verschiedenen Kohlenstoffmaterialien erhältlich sind. In dieser Application Note wird beschrieben, wie ihre Eigenschaften durch die Raman-Spektraltechnik untersucht werden können.

## EINFÜHRUNG

Kohlenstoffmaterialien eignen sich hervorragend als Elektrodenoberflächen, denn sie sind kostengünstig, chemisch inert, haben einen niedrigen Hintergrundstrom und ein breites Potentialfenster. Obwohl die Ära des Kohlenstoffs zu Ende zu gehen schien, hat die Entwicklung neuer Kohlenstoff-Nanomaterialien neue Anwendungsmöglichkeiten für den Kohlenstoff im 21. Jahrhundert ermöglicht. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser Materialien hängen hauptsächlich von ihrer Struktur ab, so dass ihre Charakterisierung für die Auswahl des richtigen Materials für die entsprechenden Anwendungen unerlässlich ist.

Die Raman-Spektroskopie ist eine sehr attraktive Technik zur Materialcharakterisierung und ermöglicht es, auf einfache Weise einige Informationen über die Struktur von Kohlenstoffmaterialien in Bezug auf die  $sp^2$ - und  $sp^3$ -Bindungen und somit über ihre möglichen Eigenschaften zu erhalten. Im Allgemeinen kann die G-Bande des Raman-Spektrums (um  $1580\text{ cm}^{-1}$ ) Aufschluss über den Anteil der  $sp^2$ -Bindungen und die D-Bande (um  $1300\text{ cm}^{-1}$ ) über den Anteil der  $sp^3$ -Bindungen (und eine gewisse Unordnung in der Struktur) geben. In einigen Fällen erscheint auch eine G'-Bande um  $2600\text{ cm}^{-1}$ , die Aufschluss über die Schichtstruktur einiger dieser Materialien geben könnte.

Siebgedruckte Elektroden (SPEs) von Metrohm DropSens sind kostengünstige Einwegeelektroden, die mit Arbeitselektroden aus verschiedenen Kohlenstoffmaterialien erhältlich sind. Ihre Eigenschaften können mittels Raman-Spektroskopie untersucht werden, wie in dieser Application Note beschrieben.



**Abbildung 1.** Raman-Spektrum von Graphit

## AUSRÜSTUNG

Das leistungsfähige, kompakte und integrierte Messgerät für die Raman-Spektroelektrochemie, SPELEC-RAMAN, wurde für diese Application Note verwendet. Dieses Instrument besteht aus nur einem Gehäuse und enthält ein Spektrometer, eine Laserquelle (785 nm) und einen Bipotentiostaten/Galvanostaten.

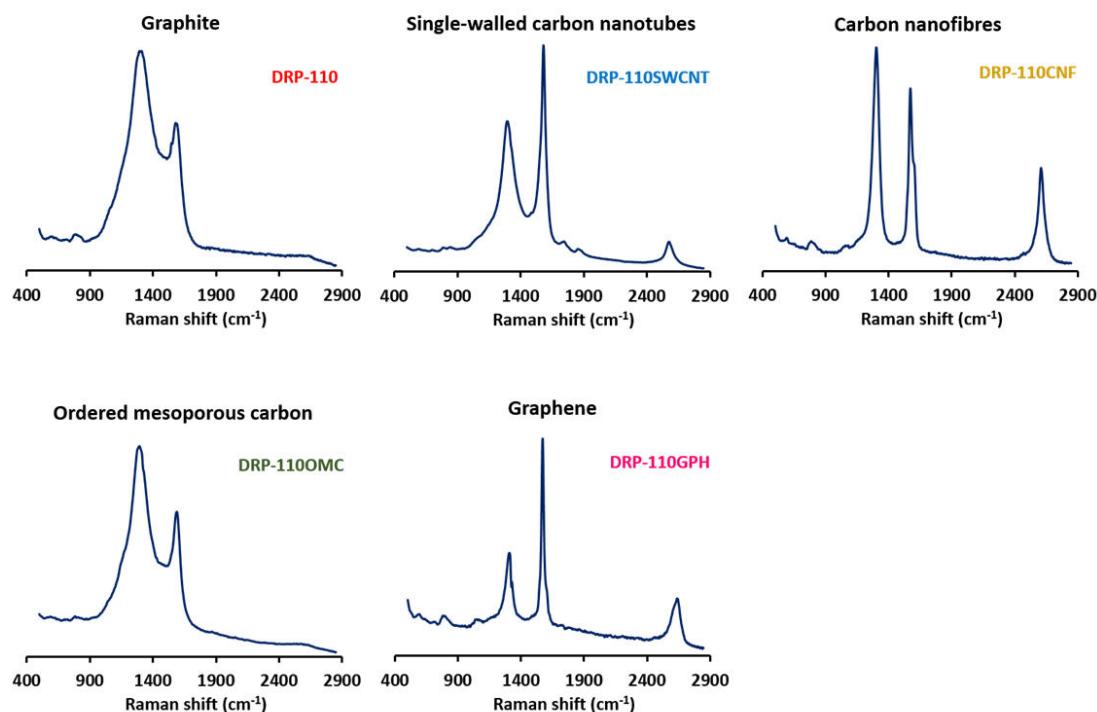
Die siebgedruckten Elektroden (DRP-110, DRP-110SWCNT, DRP-110CNT, DRP-110OMC, DRP-110GPH, DRP-110CNF) wurden in einer speziellen Messzelle für diesen Gerätetyp (DRP-RAMANCELL) platziert und diese mit der Messsonde (DRP-RAMANPROBE) gekoppelt, um damit Raman-Messungen an der Elektrodenoberfläche bei optimalem Fokusabstand durchzuführen.

Die Integrationszeit betrug 20 s.



**Abbildung 2.** Das SPELEC-RAMAN, das für die Messungen in der Application Note verwendet wurde.

## ERGEBNISSE



## CONTACT

Metrohm Deutschland  
In den Birken 3  
70794 Filderstadt

info@metrohm.de

## KONFIGURATION



Spektroelektrochemisches Raman-Messgerät (785-nm-Laser)

SPELECRAMAN ist ein Gerät für spektroelektrochemische Raman-Messungen. Es kombiniert in nur einer Box einen Laser der Klasse 3B ( $785\text{ nm} \pm 0.5$ ), einen Bipotentiostat/Galvanostat und ein Spektrometer (Wellenlängenbereich 787...1027 nm und Raman-Shift 35...3000  $\text{cm}^{-1}$ ) mit einer dedizierten spektroelektrochemischen Software, die eine Synchronisation optischer und elektrochemischer Experimente ermöglicht.



Dickfilmelektrode aus Kohlenstoff

Dickfilmelektrode aus Kohlenstoff (AUX: C; REF: Ag).. Für das Arbeiten mit Mikrovolumen einsetzbar sowie für dezentrale Analysen oder die Entwicklung spezifischer Sensoren geeignet.



Mit einwandigen Kohlenstoff-Nanoröhrchen modifizierte Dickfilmelektrode aus Kohlenstoff

Mit einwandigen Kohlenstoff-Nanoröhrchen modifizierte Dickfilmelektrode aus Kohlenstoff für die Entwicklung von (Bio-)Sensoren mit einem erweiterten elektrochemischen Aktivbereich.



Mit mehrwandigen Kohlenstoff-Nanoröhrchen modifizierte Dickfilmelektrode aus Kohlenstoff  
Mit mehrwandigen Kohlenstoff-Nanoröhrchen modifizierte Dickfilmelektrode aus Kohlenstoff für die Entwicklung von (Bio-)Sensoren mit einem erweiterten elektrochemischen Aktivbereich.



Mit geordnetem mesoporösen Kohlenstoff modifizierte Dickfilmelektrode aus Kohlenstoff  
Mit geordnetem mesoporösen Kohlenstoff modifizierte Dickfilmelektrode aus Kohlenstoff für die Entwicklung von (Bio-)Sensoren mit einem erweiterten elektrochemischen Aktivbereich.



Graphen-modifizierte Dickfilmelektrode aus Kohlenstoff  
Graphen-modifizierte Dickfilmelektrode aus Kohlenstoff für die Entwicklung von (Bio-)Sensoren mit einem erweiterten elektrochemischen Aktivbereich.



Mit Kohlenstoff-Nanofasern modifizierte Dickfilmelektrode aus Kohlenstoff  
Mit Kohlenstoff-Nanofasern modifizierte Dickfilmelektrode aus Kohlenstoff für die Entwicklung von (Bio-)Sensoren mit einem erweiterten elektrochemischen Aktivbereich.



#### Raman-Zelle für Dickfilmelektroden

Reflexionszelle aus schwarzem Polytetrafluorethylen zur Durchführung der Raman-Spektroelektrochemie mit Dickfilmelektroden in Kombination mit Ref. RAMANPROBE.



#### Raman-Sonde

Reflexionssonde zur Verwendung mit einer einzelnen Anregungswellenlänge von 785 nm (bis zu 500 mW). Geeignet für die Arbeit mit der DropSens Raman-Zelle für Dickfilmelektroden oder mit einem konventionellen Raman-Aufbau.