

Leitfähigkeitsmessgeräte

Widerstand und spezifischer Widerstand



MITSUBISHI CHEMICAL ANALYTECH



Widerstand und spezifischer Widerstand

für eine präzisere Material-Analyse

Im Zuge des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts hat der Bedarf an einfachen, schnellen und präzisen Klassifizierungen der Materialeigenschaften in unterschiedlichen Bereichen wie Forschung und Entwicklung, Fertigungstechnik und Qualitätskontrolle zugenommen. Nach der herkömmlichen Methode wurde der elektrische Widerstand (Ω) zu diesem Zweck benutzt. Jedoch ändert sich der Widerstand durch die Art, Form und Größe des Materials sowie die Position des Messpunktes. Aus diesen Grund benutzt die anerkannte Messmethode den spezifischen Widerstand ($\Omega \cdot \text{cm}$), der die absoluten und tatsächlichen Materialwerte darstellt.

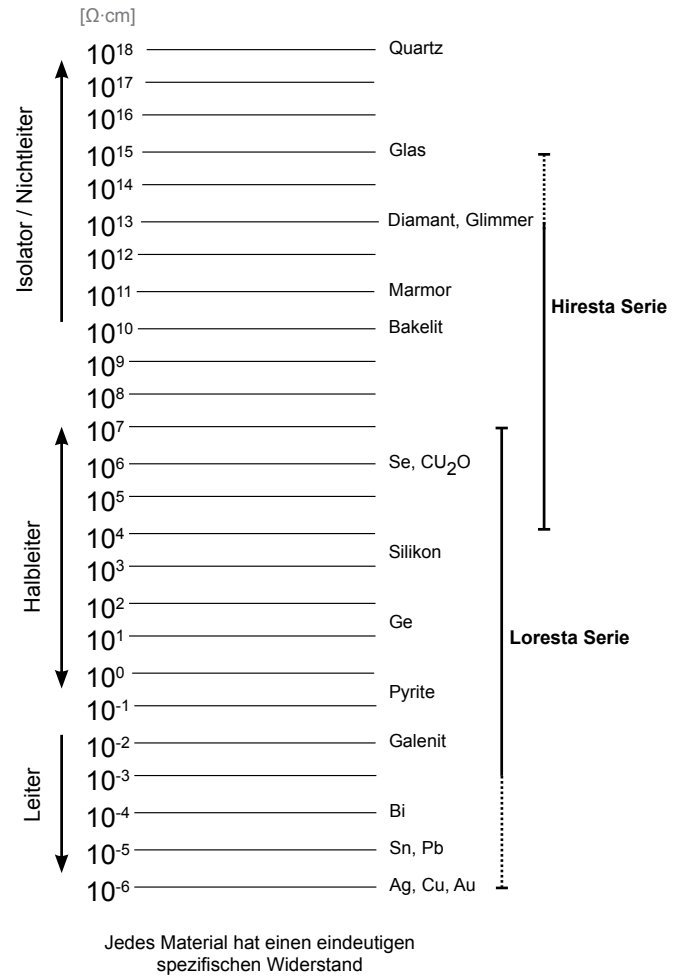
Der spezifische Widerstand wird einfach berechnet, indem man den gemessenen Widerstand (Ω) mit einem Resistivitätskorrekturfaktor (engl.: Resistivity Correction Factor, RCF) multipliziert. Die Leitfähigkeitsmessgeräte von Mitsubishi Chemical Analytech (MCCAT) wurden entwickelt, um eine leichte RCF-Berechnung zu gewährleisten und dadurch den spezifischen Widerstand in einem einfachen Prüfverfahren zu messen.

Der spezifische Widerstand ist ein absoluter Wert

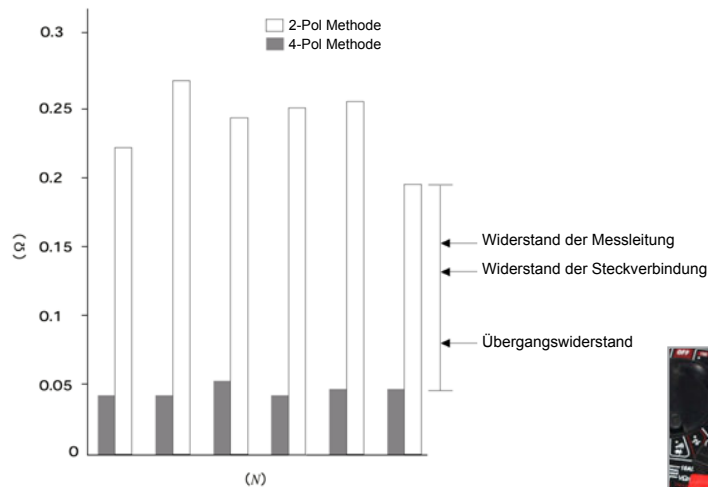
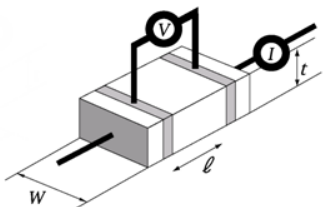
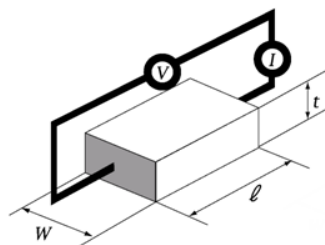
Ein kurzer Test beweist dies:

Material	Au (Gold)		
Abmessungen			
elektr. Widerstand [Ω]	$2.4 \cdot 10^{-8}$	$2.4 \cdot 10^{-6}$	$2.4 \cdot 10^{-2}$
spez. Widerstand [$\Omega \cdot \text{cm}$]	$2.4 \cdot 10^{-6}$	$2.4 \cdot 10^{-6}$	$2.4 \cdot 10^{-6}$

Die Ergebnisse zeigen offensichtliche Unterschiede bei den Widerstandswerten, obwohl das gleiche Testmaterial benutzt wurde. Daher ist der spez. Widerstand die verlässlichste Kennzahl für die Materialbewertung.



2- und 4- Pol-Methode



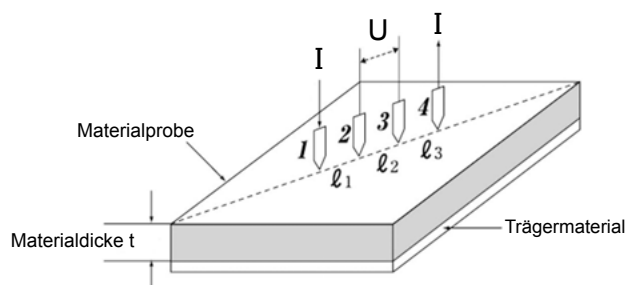
Der 4-Pol-Messkopf der MCCAT-Messgeräte eliminiert Leitungs- und Steckverbindungswiderstände sowie Übergangswiderstände. Wesentliche präzisere Widerstandsmessungen werden dadurch erzielt.

Das Multimeter (mit 2 Messspitzen) ist ein günstiges und einfaches Gerät zur Spannungs-, Strom- und Widerstandsmessung. Die konventionelle 2-Pol-Methode ist jedoch für die Materialbewertung nicht geeignet.

Elektrischer Widerstand (R)

Das ohmsche Gesetz sagt aus, dass der Strom (I) durch einen Leiter zwischen zwei Punkten proportional zu dem Spannungsabfall (U) und umgekehrt proportional zum Widerstand (R) zwischen den beiden Punkten ist.

$$\text{Widerstand } R [\Omega] = \frac{U [\text{V}]}{I [\text{A}]}$$



Korrekturfaktor (RCF)

Der Widerstand wird gemessen durch Halten eines 4-Pol-Messkopfes gegen eine Materialoberfläche. Der spezifische Volumenwiderstand und der spezifische Oberflächenwiderstand werden berechnet durch Multiplizieren des Widerstandes mit dem Resistivitätskorrekturfaktor, den man aus Materialart, Form, Größe und Position des Messpunktes ermittelt. Mit der Poisson'schen Gleichung, einer Formel aus der Elektrostatik, kann der RCF exakt berechnet werden.

Poisson'sche Gleichung

$$\nabla^2 \Phi(r) = 2 \rho_v I [\delta(r-r_D) - \delta(r-r_A)]$$

Spezifischer Volumenwiderstand (ρ_v)

ρ_v bezeichnet den Widerstand einer Materialprobe pro Volumeneinheit und wird auch spezifischer Widerstand genannt. Der spezifische Volumenwiderstand ($\Omega \cdot \text{cm}$) ist der meistgebrauchte Ausdruck für die Materialklassifizierung. Jedes Material hat einen eindeutigen charakteristischen Wert für den Volumenwiderstand.

$$\text{Volumenwiderstand } \rho_v [\Omega \cdot \text{cm}] = R [\Omega] \cdot \text{RCF} \cdot t [\text{cm}]$$

Spezifischer Oberflächenwiderstand (ρ_s)

ρ_s ist der Widerstand einer Materialprobe pro Flächeneinheit und wird auch Flächenwiderstand genannt. Um diesen vom elektrischen Widerstand zu unterscheiden wird er mit Ω/\square oder $\Omega/\text{sq.}$ bezeichnet. Da der Oberflächenwiderstand mit der Musterdicke variiert, wird er häufiger zum Beurteilen von Lack und dünnen Überzügen gebraucht.

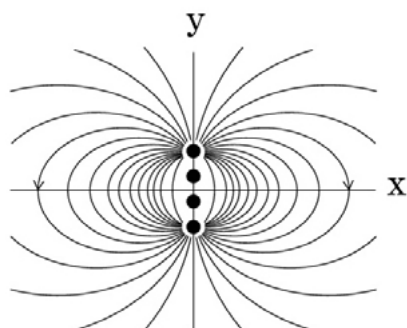
$$\text{Oberflächenwiderstand } \rho_s [\Omega/\text{sq.}] = R [\Omega] \cdot \text{RCF} = \rho_v \cdot \frac{1}{t} \quad t : \text{Materialdicke}$$

Spezifische elektrische Leitfähigkeit (σ)

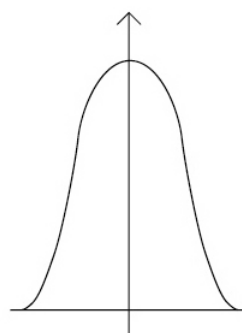
σ ist umgekehrt proportional zum spezifischen Volumenwiderstand. Die Einheit ist S/cm.

$$\text{Spezifische Leitfähigkeit } \sigma [\text{S/cm}] = \frac{1}{\rho_v}$$

Elektrische Feldstärke (4-Pol-Messkopf)



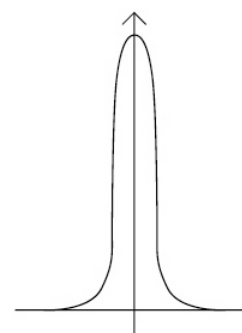
elektrische Energie



Messpunkt:

Mitte der Materialprobe

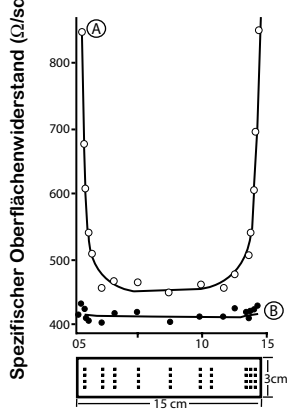
elektrische Energie



Mitte der Materialprobe

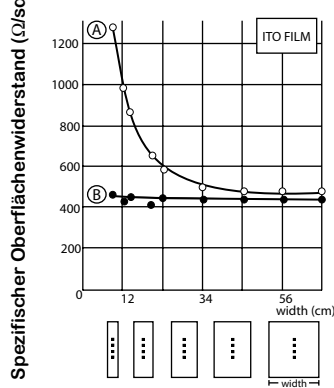
Einfluss der Position des Messpunktes, Probengröße und -dicke beim spezifischen Widerstand

Position des Messpunktes

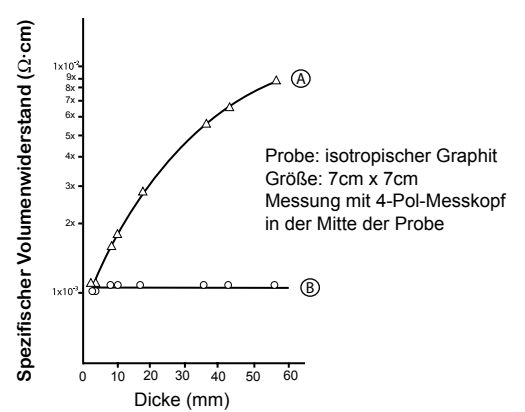


- Ⓐ zeigt den Verlauf bei konstantem RCF (4,532)
- Ⓑ zeigt den Verlauf bei variablem RCF

Probengröße



Probendicke

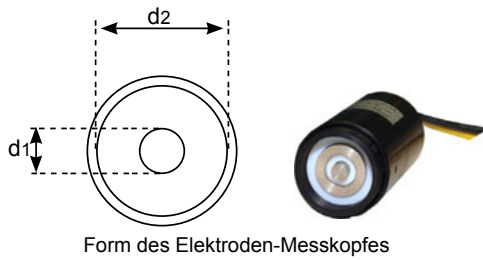


Messmethode für hohe spezifische Widerstände



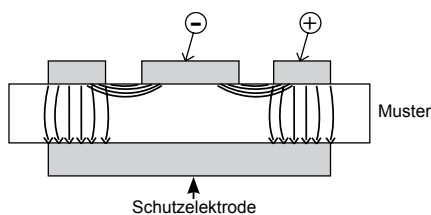
Begriff	ASTM-Methode (ASTM D 257)	MCC-Methode (Mitsubishi Chemical Methode)		
		U type JBox	Methode 1	Methode 2
spezifischer Oberflächenwiderstand				
spezifischer Volumenwiderstand				—

Resistivitätskorrekturfaktor



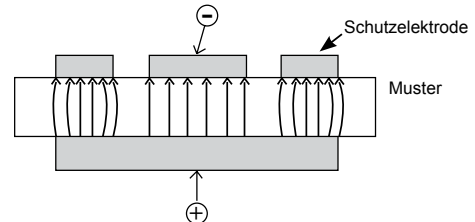
Messkopf	d2 (cm)	d1 (cm)	RCF _s	RCF _v
UR-SS	0.6	0.3	9.065	0.071
URS	1.1	0.59	10.09	0.273
UR	3.0	1.6	10.00	2.011
UR-100	5.32	5.0	100	19.63
ASTM / JIS	7.0	5.0	18.85	19.63
UA	--	--	1.050	--

Messung des spezifischen Oberflächenwiderstandes



Spezifischer Oberflächenwiderstand
 $\rho_s [\Omega/\text{sq.}] = R [\Omega] \cdot \text{RCF}_s$

Messung des spezifischen Volumenwiderstandes



Spezifischer Volumenwiderstand
 $\rho_v [\Omega \cdot \text{cm}] = R [\Omega] \cdot \text{RCF}_v \cdot \frac{1}{t}$

t: Probendicke

Hiresta-UP MCP-HT450

Einsatzbereiche

Forschung & Entwicklung, Produktionstechnik, Qualitätskontrolle

Anwendungsbereiche

antistatische Materialien, Bodenbeläge, Papier, Verpackungsmaterialien, Farben, Fasern, Beton, Keramiken, Kunststoffe, Filmmaterial, etc.

Funktionen

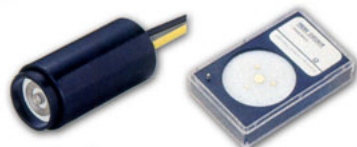
Das Hiresta-UP ist ein sehr präzises Messgerät für die Messung des Widerstands, der Oberflächenleitfähigkeit und des Volumenwiderstandes unterschiedlichster Substanzen und Materialien aller Formen und Größen im hochohmigen Bereich. Ein 5,7" LC-Display erleichtert das Ablesen der Daten. Optional können die Daten über die RS232C Schnittstelle von einem PC ausgegeben werden. Der Messkopf wurde für eine schnelle und präzise Erfassung mit einem Knopfdruck entwickelt. Durch eine hohe Messspannung von bis zu 1000 Volt an Messkopf sind vielfältige Anwendungen möglich. Zudem überzeugt das Hiresta-Up durch sein kompaktes Design und seine Benutzerfreundlichkeit.



Spezifikationen

Messmethode	Ring-Messkopf, Konstanzspannung-Methode									
Messbereich [Ω]	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{10}	10^{11}	10^{12}	10^{13}
Spannung	10V / 100V / 250V								500V / 1000V	
Messgenauigkeit	$\pm 2.0\%$							$\pm 3.0\%$	$\pm 4.0\%$	$\pm 5.0\%$
Display	5.7" LCD, 320 x 240 pixel									
Spannungsversorgung	AC 85-264V / 47-63Hz / 92VA									
Komparator	Manuell einstellbarer Minimal- und Maximalwert									
Dauer des Speicher-Backup	ca. 3 Jahre (bei Verwendung von Lithiumbatterien)									
Schutzeinrichtung	Fußschalter zur Steuerung der elektrischen Verbindung zum Messkopf									
Ring-Messkopf-Typen	URS, UR, UR-SS, UR100, U-type J-Box									
Schnittstelle für Datenausgabe	RS232C									
Abmessung	330mm x 270mm x 88mm (B x T x H)									
Gewicht	3,4 kg									
Standardzubehör	URS Messkopf (Ring-Messkopf, innerer-Ring \varnothing 0.59cm, äußerer-Ring \varnothing 1.1cm) Messkopfprüfer (500 M Ω)									

Standardzubehör



URS Messkopf
RMH214

Messkopfprüfer
RMH327



Kontrolle des Messkopfs mit dem Messkopfprüfer vor der Messung.



Der Messkopf muss senkrecht zur Probe gehalten werden.



Mit der U-type Switch Box (RMJ352) ist ein Wechsel zwischen der ρ_s und der ρ_v - Messung möglich.

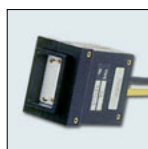
Optionale Messköpfe



Ring-Messkopf für größere Oberflächen.
RMH212

Ring-Messkopf für kleinste Proben.
RMH215

Ring-Messkopf für den Messbereich $10^{15} \Omega/\text{sq}$.
RMH211



2-Pin Messkopf für dünne und lange Proben. Pinabstand: 20.00mm, Pins \varnothing 2mm, Federdruck 240g/pin.
RMH211



Für Messungen, die dem ASTM D257 Standard entsprechen.
U-type J-Box
RMJ350



Loresta-GP MCP-T610

Einsatzbereiche

Forschung & Entwicklung, Produktionstechnik, Qualitätskontrolle

Anwendungsbereiche

Leitfähige Materialien: Farben, Pasten, Kunststoffe, Gummi, Filmmaterialien, Fasern, Keramik, metallische dünne Filme, amorphes Silikon, antistatische Materialien, EMV-Schirmungsmaterialien, etc.



Funktionen

Der breite Messbereich von 10mΩ bis 10MΩ mit einer Genauigkeit von 4 Digits ist in 18 Messbereiche unterteilt. Der 4-Pin Messkopf ermöglicht schnelle und präzise Widerstands- und Leitfähigkeitsmessungen. Ein 5,7" LC-Display erleichtert das Ablesen der Daten. Optional können die Daten über die RS232C Schnittstelle von einem PC ausgegeben werden. Der Messkopf ermöglicht mit einem Tastendruck das direkte Auslesen von [Ω], [Ω/sq.] and [Ω·cm]. Zudem erfasst der Datenspeicher bis zu 1000 Werte.



Spezifikationen

Messmethode	4-Pin Messkopf, Konstantstrom-Methode											
Messbereich [Ω]	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	
Strom	100mA			10mA		1mA	100µA	10µA	1µA	0.1µA		
Messgenauigkeit	± 2.0% ± 20dgt.	± 1.0% ± 5dgt.	± 1.0% ± 3dgt.	± 0.5% ± 3dgt.					± 1.0% ± 3dgt.	± 2.0% ± 5dgt.		
Display	5.7" LCD, 320 x 240 Pixel											
Spannungsversorgung	AC 85-264V / 47-63Hz / 92VA											
Komparator	Manuell einstellbarer Minimal- und Maximalwert											
Dauer des Speicher-Backup	ca. 3 Jahre (bei Verwendung von Lithiumbatterien)											
Probenschutz	Basiert auf einem Spannungsbegrenzer. Die Spannung am offenen Messkopf wird auf einen Bereich von ca. 10V bis ca. 90V begrenzt. Wenn die Spannung annähernd 90V beträgt, wird der Messvorgang abgebrochen.											
4-Pin Messkopftypen	ASP, ESP, LSP, PSP, BSP, QPP, TFP, AP, BP											
Schnittstelle für Datenausgabe	RS232C											
Abmessung	330mm x 270mm x 88mm (B x T x H)											
Gewicht	3,4 kg											
Standardzubehör	ASP Messkopf (4-Pin Messkopf, Pinabstand 5mm, Pinspitzenradius 0.37mm) Messkopfprüfer (1.0Ω)											

dgt. = digits

Standardzubehör Loresta-GP und Loresta-AX



ASP Messkopf
RMH110
Messkopfprüfer
RMH304



Kontrolle des Messkopfs
mit dem Messkopfprüfer
vor der Messung



Der Messkopf muss
senkrecht zur Probe
gehalten werden.

Optionale Messköpfe Loresta-GP und Loresta-AX



Messkopf TFP



Messkopf BSP



Messkopf PSP



Messkopf QPP



Messkopf ESP



Messkopf ASP

Loresta-AX MCP-T370

Einsatzbereiche

Forschung & Entwicklung, Produktionstechnik, Qualitätskontrolle

Anwendungsbereiche

Leitfähige Materialien: Farben, Pasten, Kunststoffe, Gummi, Gewebe, Filmmaterialien, Fasern, Keramik, metallische dünne Filme, amorphes Silikon, antistatische Materialien, EMV-Schirmungsmaterialien, ITO Glas etc.

Schichtmessung von Lacken und Beschichtungen auf Blechen, Stahl, Kunststoffen, Aluminium, etc.



Funktionen

Der 4-Pin Messkopf ermöglicht schnelle und präzise Widerstands- und Leitfähigkeitsmessungen mit nur einem Knopfdruck. Ein großer LC-Display erleichtert das Ablesen der Daten. Die Daten können über einen USB-Memorystick transportiert werden. Der Messkopf ermöglicht mit einem Tastendruck das direkte Auslesen von [Ω], [Ω/sq.] und [Ω·cm]

Spezifikationen

Messmethode	4-Pin Messkopf, Konstantstrom-Methode								
Messbereich [Ω]	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶
Strom	100mA		10mA		1mA		100µA	10µA	1µA
Messgenauigkeit	± 1.0% ± 20dgt.	± 1.0% ± 5dgt.	± 0.5% ± 5dgt.	± 0.5% ± 3dgt.				± 2.0% ± 5dgt.	
Display	LCD								
Spannungsversorgung	AC 90-264V / 47-63Hz / Nickel-Wasserstoff Batterie								
4-Pin Messkopftypen	ASP, ESP, LSP, PSP, BSP, QPP, TFP, AP, BP								
Datenausgabe	USB-Memorystick								
Abmessung	85mm x 228mm x 65mm (B x H x T)								
Gewicht	420 g								
Standardzubehör	ASP Messkopf (4-Pin Messkopf, Pinabstand 5mm, Pinspitzenradius 0.37mm) Messkopprüfer (1.0Ω)								

dgt. = digits

Messkopf	ESP	LSP	TFP	QPP	PSP	BSP	AP	BP
Anwendung	ungleichförmige Proben	weiche Oberflächen	dünne Filme	kleinste Proben	kleine Proben	große Proben	dünne Schicht auf der Metalllegierung	Schichten auf ungleichförmigen Proben
Pinabstand	5 mm	5 mm	1.0 mm	1.5 mm	1.5 mm	2.2 mm	10mm	frei
Pinspitzenradius	Pin Ø2mm	Pin Ø2mm	0.15mm	0.26mm	0.26mm	0.37mm	Pin Ø2mm	Pin Ø2mm
Federdruck	240 g/pin	130 g/pin	50 g/pin	70 g/pin	70 g/pin	210 g/pin	240g/pin	240g/pin
Bestellnr.	RMH114	RMH116	RMJ217	RMH115	RMH112	RMH111	RHM117	RMH118
Messkopprüfer	RMH304	RMH304	RMH 312		RMH311		RMH302	RMH302



Messköpfe: ASP, ESP, TFP, QPP, PSP und BSP

Powder Resistivity Measuring System

Das System besteht aus der Pulvermesseinheit und den Messgeräten Loresta-GP oder Hiresta-UP.

Einsatzbereiche

Forschung & Entwicklung, Qualitätssicherung, etc.

Anwendungen

Pulvrige Substanzen von Kohlenstoffprodukten:

Materialien für Elektroden wiederaufladbarer Batterien, Materialien für Kondensatoren, Widerstände und Isolatoren in der Elektronik, diverse Koksarten, Graphite, Ruß, Kohlenstoffasern, Kohlenstoff-Nano-Fasern, etc.

Metallische Pulver:

Materialien für Batterieelektroden, dünne Filmmaterialien z.B. Kupferpulver oder ITO Pulver, Leitpaste und elektrisch leitende Farben.

Andere:

Druckertoner, magnetische Substanzen wie Ferrit, Lebensmittel, pharmazeutische Substanzen, Automobilteile.

Funktionen

Das MCP-PD51 verfügt über ein hochpräzises Druckmessgerät für die Messung leitfähiger Pulver unter Druck bis zu 20kN. Es kann in Kombination mit den Messgeräten Loresta-GP oder Hiresta-UP betrieben werden.

- Einfacher Probenwechsel und leichte Reinigung
- 4-Pin Messkopf für die präzise Messung im niederohmigen Bereich
- Ringmesskopf für Messungen im hochohmigen Bereich
- Das zu messende Pulver wird in einer zylindrischen Form gepresst

Spezifikationen

Messmethode	Kontaktstrom / -spannung Methode
Messgeräte	Niederohmiger Bereich (10^{-3} - $10^7 \Omega$) Loresta-GP Hochohmiger Bereich (10^4 - $10^{13} \Omega$) Hiresta-UP
Spannungsversorgung	AC 90 - 240V / 50 - 60Hz
Max. Belastung der Pulvereinheit	20kN (ca. 60MPa)
Hydraulikeinheit	Öldruck (manuelle Bedienung)
Messkopfeinheit	20mm (Ø) x 50mm (L)
Messkopftypen	4-Pin Elektrode (Elektrodenabstand: 3mm) Ringelektroden (Ø 20mm)
Abmessung	430mm x 230mm x 490mm (B x T x H)
Gewicht	Haupteinheit 56kg, Hydraulikeinheit 22kg
Erforderliches Zubehör	Auswertungssoftware zur Erstellung der Messprotokolle

Messbereich (Ω)	10^{-3} 10^{-2} 10^1 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^7 10^8 10^9 10^{10} 10^{11} 10^{12} 10^{13}
Loresta	[Bar chart showing range from 10^-3 to 10^7]
Hiresta	[Bar chart showing range from 10^4 to 10^13]

Haupteinheit



Messelektroden

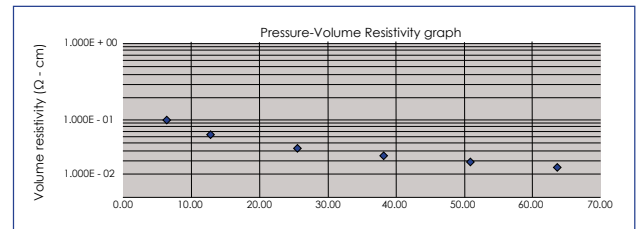


Für niederohmige Messungen (Elektrode für 4-Pin Methode) MCP-PD11



Für hochohmige Messungen (Ringelektrode) MCP-PD522

Messprotokoll



Sample No.	Carbon black								
	Load (kN)	Pressure (MPa)	Thickness (mm)	RCF	Resistance (Ω)	Volume resistivity (Ω -cm)	Conductivity (S/cm)	Density (g/cc)	
1	2.00	6.37	4.95	2.833	OK	7.078E-02	9.926E-02	1.007E+01	6.431E-01
2	4.00	12.73	4.15	3.110	OK	5.132E-02	6.624E-02	1.510E+01	7.670E-01
3	8.00	25.46	3.46	3.349	OK	3.788E-02	4.389E-02	2.278E+01	9.200E-01
4	12.00	38.20	3.10	3.463	OK	3.206E-02	3.442E-02	2.906E+01	1.027E+00
5	16.00	50.93	2.86	3.533	OK	2.860E-02	2.890E-02	3.460E+01	1.113E+00
6	20.00	63.66	2.64	3.590	OK	2.570E-02	2.436E-02	4.106E+01	1.206E+00





Die Firma N&H Technology GmbH wurde 2001 gegründet. Das Unternehmen beschäftigt sich mit dem Import & Export von Industrieprodukten und bietet die entsprechende technische Beratung und Support an.

Als Systemlieferant mit eigenem technischen Know-How verfolgen wir die Strategie, das gesamte Eingabesystem und die Montage zu optimieren, sowohl auf der technischen als auch der kommerziellen Ebene.

Wir sind das Bindeglied zwischen Produktionswerken in Ostasien und Kunden in Europa. Durch deutsche und chinesische Ingenieure im Hause kommunizieren wir exzellent mit unseren Kunden und Produktionswerken, auch über komplexe technische Sachverhalte.

Wir kooperieren mit zahlreichen Fachunternehmen aus unseren verschiedenen Produktbereichen.

N&H Technology GmbH

Siemensring 44K-L
47877 Willich

Tel: 02154-8125-0
Fax: 02154-8125-22

info@nh-technology.de
www.nh-technology.de

Exklusiv bzw. vertraglich vertreten wir die Produkte folgender Unternehmen im deutschsprachigen Raum:



RFA-Spektrometer für

- Elementanalyse
- Analyse nach RoHS/WEEE
- Legierungsanalyse
- Schichtdickenanalyse



Lasersysteme für

- Laser-Beschriftung
- Laser-Schneiden
- Laser-Schweißen
- Laser-Show
- Sub-Surface Beschriftung



Messgeräte für

- Oberflächenleitfähigkeit
- Volumenwiderstand
- Leitfähigkeit von Pulver



N&H Labor

Wir bieten folgende Prüfungen und Fertigungen in Willich an:

- Oberflächenleitfähigkeit und Volumenwiderstand
- Leitfähigkeit von Pulver
- Elementanalyse mit RFA-Spektrometern
- Laser-Beschriftung und -Schneiden kleiner Serien
- Kraft-Weg-Kennlinien von Bedienelementen
- Lebensdauer von Bedienelementen
- Abriebfestigkeit von lackierten und bedruckten Oberflächen
- Leuchtdichte, Farbkoordinaten und dominante Wellenlänge, Helligkeitsverteilung (Homogenität) von Displays, Backlights, hinterleuchteten Tastaturen und Piktogrammen etc.
- Klimatest (Temperatur und Feuchtigkeit)



Service

Zu unseren Produkten bieten wir einen umfassenden Service an:

- Vorab-Präsentation und Demonstration in unserem Haus
- Musterteilefertigung / Musteranalyse
- Beratung und Bedarfsanalyse vor Ort
- Inbetriebnahme und Schulung der Geräte / Maschinen vor Ort
- Individuelle Wartungs- und Serviceverträge
- Persönlicher Ansprechpartner
- Technische Beratung
- 24h - Service

Ihren Ansprechpartner für individuelle
Vorfür- und Beratungstermine
erreichen Sie unter: 02154 - 8125-0