

Bedienungsanleitung

Si-Messgerät

Inhalt	Seite
1. Allgemeines	2
1.1 Lieferumfang	2
1.2. Aufbau des Messgerätes	3
1.3. Inbetriebnahme	4
1.4. Bedienungshinweise	5
2. Hauptmenü	5
3. Widerstandsmessung	5
4. Manuelle Widerstandsmessung	7
5. P-N Typmessung	8
6. Datenspeicher	10
6.1. Daten Transfer via USB	12
7. Displaybeleuchtung	12
8. Einstellungen	12
8.1. Messkopf-Spitzenabstand	12
8.2. Kalibrierung	12
8.3. Datenspeicher löschen	12
8.4. Datum / Uhrzeit	12
8.5. Signalton	13
9. Akku laden	13
10. Live –Messwertanzeige am Computer	15
11. Hinweise / Rechtliches	17



1. Allgemeines

Konzipiert als handliches Reisegerät ist das Si ein hilfreiches Werkzeug für die Prüfung wesentlicher Eigenschaften von dotiertem Silizium.

- **Spezifischer Widerstand (Ω/cm^3)**
- **Dotierungsart (P / N – Type)**

1.1. Lieferumfang

1 Si



2 Typ Messspitzen



heated



not heated

3 4-Point Probe Head / Mini DIN Connector



4-Point Probe Head / Test Prods



4-Point Probe Head / Mini Din Connector

4 Ladegerät / USB Kabel



Ladegerät



USB cable

1.2. Aufbau des Messgerätes

- **Spezifischer Widerstand**

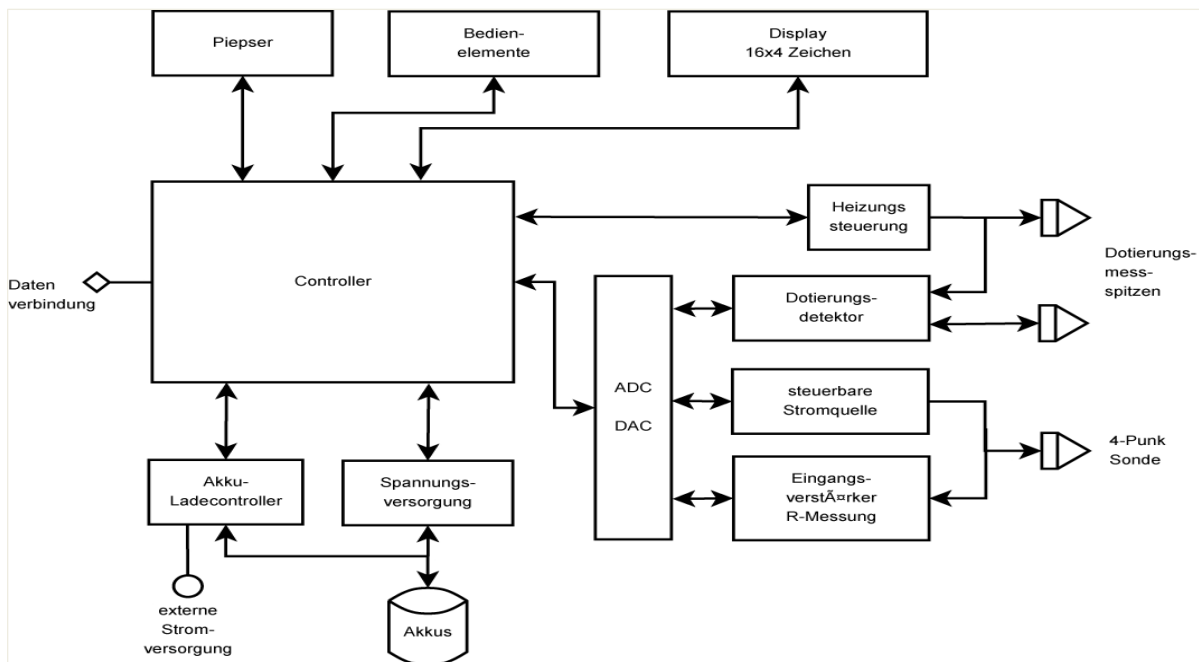
Der spezifische Widerstand wird mit der bekannten 4-Punkt Methode ermittelt. Am Messkopf sind vier Messspitzen in Reihe angeordnet. Über die beiden äußeren Kontakte wird ein konstanter Strom in das Material eingepreßt. Durch die konstante Spannung spielen die Kontaktwiderstände zur Probe praktisch keine Rolle. An beiden inneren Messspitzen wird die Spannung gemessen. Der spezifische Widerstand wird rechnerisch in Abhängigkeit vom Abstand der Messspitzen und der Dicke der Probe bestimmt.

- **Dotierungsart**

Die Dotierungsbestimmung erfolgt über die Messung der Spannung zwischen zwei Messspitzen, wobei eine der beiden Spitzen beheizt ist. Die Spannungsausrichtung gibt Auskunft über die Dotierung.

Bevor näher auf die Bedienung des Messgerätes eingegangen wird, soll der interne Aufbau des Messgerätes kurz erläutert werden.

Blockschaltbild



Diese Abbildung zeigt die einzelnen Funktionsblöcke.

Der Controller ist das Kernstück und für die Steuerung des Ablaufes zuständig.

Daneben gibt es vier Funktionsblöcke, die für die Adaptierung der Messspitzen zuständig sind. Dieser Teil besteht im Wesentlichen aus Signalwandlern, um eine Messung mit den A/D

Wandlern zu ermöglichen. Der A/D Wandler selbst wandelt die analogen elektrischen Signale in digitale Messwerte um.

Daneben muss der Controller das Display ansteuern und Eingaben der Tastatur auswerten (im Bild oben dargestellt). Um den Betrieb ohne Netzteil zu gewährleisten, ist eine Ladeschaltung für den eingebauten Akku notwendig.

Die Übermittlung von Messdaten zu einem PC erfolgt über die USB-Schnittstelle.

Wie die Daten am PC empfangen werden können ist in Abschnitt 6.1. beschrieben.

1.3. Inbetriebnahme

Auf der Oberseite besitzt das Messgerät vier Anschlussbuchsen mit folgender Bedeutung (Das Messgerät von oben betrachtet von links nach rechts):



- 4-Punkt-Messkopf (Mini Din-Stecker)
- Unbeheizte PN-Sonde
- USB
- Beheizte PN-Sonde

1.4. Bedienungshinweise



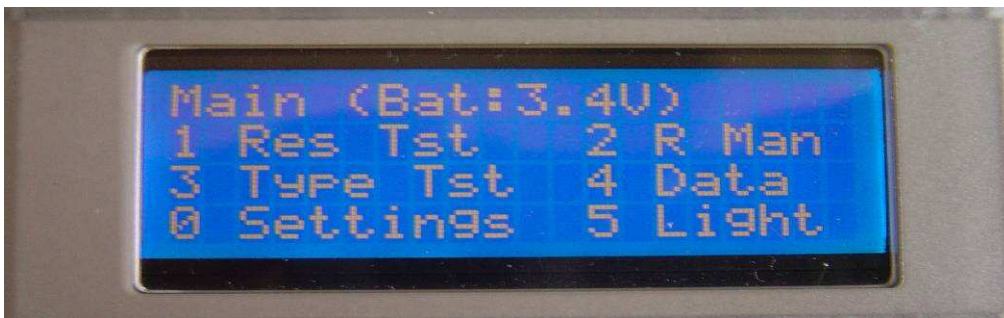
Die Bedienung des Messgerätes erfolgt ausschliesslich über die Tastatur. In den meisten Fällen ist die Bedienung im Anzeigefeld dargestellt. Im Hauptmenü z.B. stehen vor den Einträgen entsprechende Ziffern, über welche die Auswahl vorzunehmen ist.

- Taste “↔“ Schaltet das Gerät ein
- Taste “↑↓“ Schaltet das Gerät aus

(Dies funktioniert nur aus dem Hauptmenü um ein ungewolltes Abschalten während der Messung zu vermeiden).

- Taste “ESC“ kehrt aus dem Hauptmenü zurück.

2. Hauptmenü



Im Hauptmenü stehen die folgenden Menüpunkte zur Auswahl:

- **1 Resistivity Test** (Hier gelangt man zur Widerstandsmessung, siehe Abschnitt 3)
- **2 Resistivity Manual** (Hier gelangt man zur manuellen Widerstandsmessung, siehe Abschnitt 4)
- **3 Type Test** (Hier gelangt man zum PN-Test, siehe Abschnitt 5)
- **4 Data View** (In diesem Menü können gespeicherte Daten angesehen oder via USB zum PC übertragen werden, siehe Abschnitt 6)
- **5 Displaybeleuchtung** (Hier kann man die Beleuchtung des Displays einschalten, siehe Abschnitt 7)
- **0 Settings** (In diesem Menü können diverse Einstellungen vorgenommen werden, siehe Abschnitt 8)

3. Widerstandsmessung

Durch Auswahl der Taste “1“ im Hauptmenü gelangt man in das Widerstandsmenü.



Bevor mit der Widerstandsmessung begonnen werden kann, muss zunächst die Dicke der Probe eingestellt werden, damit das Messergebnis korrekt berechnet wird.

Um die Dicke der Probe einzustellen muss im Widerstandsmenü Taste "1" gedrückt werden.

Daraufhin erscheint folgendes Eingabefeld:



Hier muss der Wert in Millimeter (mm) eingegeben werden.

Durch Drücken der Taste "Del" können die Eingaben korrigiert werden. Durch Drücken der Taste "Enter" übernimmt das Gerät den Wert und kehrt zum Widerstandsmenü zurück. Nun kann mit der Messung begonnen werden.

Um die Messung zu starten, einfach den 4-Punkt-Messkopf auf die Probe drücken.

Die Messung startet automatisch.

Um das Risiko eines Messstift Bruchs zu minimieren, bietet sich hierfür eine möglichst ebene Fläche des zu messenden Stückes an. Die Messspitzen sollten in einem 90° Winkel mit der Probe in Kontakt kommen.

Hinweise :

- Materialdicken grösser 4mm (bei einem Spitzenabstand von 1mm) sind messtechnisch nicht von Material mit einer Dicke von 4mm unterscheidbar. Für dickes Material > 4mm reicht es also aus, den Wert von 4mm einzugeben.
- Die Messstifte sollten immer in einem 90° Winkel auf das Material treffen, um Brüche vorzubeugen.

- Die Art der Probe bestimmt die Dauer bis das Messgerät den richtigen Messbereich ausgewählt hat. Vor allem bei sehr hochohmigen Proben kann es bis zu 1 Sekunde und länger dauern bis eine Messung abgeschlossen ist. Im Normalfall liegt die Messzeit deutlich unter einer Sekunde.

Durch Drücken der Taste "2" kann das Messergebnis abgespeichert werden. Mit der Taste "2" gelangt man aus dem Hauptmenü zur manuellen Widerstandsmessung. Wie bei der automatischen Widerstandsmessung sollte die korrekte Dicke der Probe eingestellt werden, siehe dazu Abschnitt 3. Zusätzlich kann bei der manuellen Messung des Widerstandes der Messstrom eingestellt werden. Dieser Messstrom lässt sich in 4 Bereiche einstellen und **muss** der zu messenden Probe angepasst werden. Für die Auswahl muss die Taste "↕" gedrückt werden



Jeder Datensatz wird mit einer Nummer versehen und im Datenspeicher abgelegt. Die Zuordnung (Nummer/Datensatz) kann nicht verändert werden, um die Konsistenz im Speicher zu wahren. Darunter sind Messwert und Materialdicke aufgeführt. Durch das Drücken der Taste "Enter" wird das Ergebnis abgespeichert. Wird die Taste "Del" gedrückt, gelangt man zurück zur Widerstandsmessung.

Neben der Materialdicke und dem Messergebnis werden weitere Daten gespeichert. Die folgende Liste zeigt die abgespeicherten Parameter:

- Materialdicke/Thickness
- Spezifischer Widerstand Ω/cm^3
- Eingprägter Strom
- Gemessene Spannung
- Datum und Uhrzeit

4. Manuelle Widerstandsmessung

4.1 Grundlagen der Widerstandsbestimmung

Grundlage für die Bestimmung des spezifischen Widerstandes bildet die 4-Punkt Methode. Dabei sind 4 Nadelspitzen in Reihe mit einem definierten Abstand angeordnet. Für die Bestimmung des spezifischen Widerstandes wird nun zwischen den äußeren beiden Spitzen ein Strom eingepreßt. Dieser Strom muss konstant auf einen definierten Wert gehalten werden (Sollwert). Dafür werden komplexe elektronische Schaltungen verwendet.

Silizium ist nun ein sehr hartes Material. Kontaktiert man das Silizium mit den Nadelspitzen, so ist die Kontaktierung nicht ideal. Die Kontaktfläche ist sehr klein und durch Oxidschichten entstehen bei der Kontaktierung relativ hohe Kontaktwiderstände, die während der Messung auch Schwankungen unterliegen. Diese nicht konstanten Kontaktwiderstände müssen während der Messung mit einer Regelung so kompensiert werden, dass ein konstanter Strom durch die Probe fließt.

Eine Stromquelle kann man sich nun folgendermaßen vorstellen. Es wird zunächst eine Spannung erzeugt und an die beiden äusseren Nadelspitzen angelegt. Der Strom, der über diesen Weg fließt, kann gemessen werden. Kontaktiert man nun ein leitendes Material, fließt ein Strom. Ist dieser grösser als der Sollwert, wird die Spannung soweit reduziert, bis der gemessene Strom mit dem Sollwert übereinstimmt. Ist der Strom zu klein, wird die Spannung erhöht. **Der Strom wird praktisch über eine veränderliche Spannung geregelt.**

Setzt man nun eine andere Siliziumprobe mit einem höheren spezifischen Widerstand ein, so muss auch die Spannung erhöht werden, um den gleichen Strom einzuprägen. Zu dem Widerstand der eigentlichen Probe kommen die Kontaktwiderstände hinzu. **Diese sind nicht unerheblich und können ein vielfaches des Widerstandes der eigentlichen Probe betragen.** Nun kann man bei grösser werdenden Widerständen die Spannung nicht unendlich groß machen. Wird die maximale Spannung erreicht, so fließt nicht genügend Strom, um eine Messung zu ermöglichen. Sollwert und tatsächlich gemessener Strom stimmen dann nicht überein.

Ist der Strom ausgeregelt, d. h. er hat den Sollwert erreicht muss nun die Spannung zwischen den inneren beiden Nadelspitzen gemessen werden. Diese Spannung wird mit einem Digital-Analog-Wandler erfasst. Für eine genaue Messung muss ein bestimmter Spannungsbereich eingehalten werden. **In einem Bereich zwischen 5 und 55 Millivolt ist die Messung hinreichend genau.**

Für eine hinreichend genaue Messung muss nun der Strom so gewählt werden, dass

zwischen den beiden inneren Nadelspitzen eine Spannung zwischen 5mV und 55mV entsteht. Sind beide Bedingungen erfüllt, kann der spezifische Widerstand berechnet werden.

4.2. Praktische Widerstandsmessung

Wie bei der automatischen Widerstandsmessung sollte die korrekte Dicke der Probe eingestellt werden, siehe dazu Abschnitt 3. Zusätzlich kann bei der manuellen Messung des Widerstandes der Messstrom eingestellt werden. Dieser Messstrom lässt sich in 4 Bereiche einstellen und **muss** der zu messenden Probe angepasst werden. Für die Auswahl muss die Taste "↑" gedrückt werden.

Die folgenden Bereiche stehen für Messungen zur Verfügung:

- 20uA
- 200uA
- 2mA
- 20mA

Für die Auswahl des richtigen Messbereiches ist die Spannung zwischen den inneren beiden Kontakten des 4-Punkt Sonden Kopfes ausschlaggebend.

Wird eine Spannung zwischen 5mV und 55 mV erreicht, kann ein korrekter Messwert abgelesen werden. Voraussetzung ist, dass der Messstrom vollständig durch die Probe fließt.

Dazu kann am Display der Messstrom in der linken unteren Ecke abgelesen werden. Fließt der Strom mit dem voreingestellten Wert und liegt die Messspannung im optimalen Bereich, kann ein korrekter Messwert abgelesen werden.

Höhere Ströme (bis 20mA) sind für Proben mit kleinem spezifischen Widerstand geeignet. Für sehr hochohmige Proben ist der Messbereich mit 20uA geeignet. Ist die gemessene Spannung zu hoch (größer 55mV), muss der nächst höhere Messbereich gewählt werden.

Hinweise:

- Für unbekannte Proben sollte mit dem Messbereich 20uA begonnen werden. Fließt der Strom, die Spannung ist aber zu klein, so muss der nächst höhere Messbereich gewählt werden.
- Fließt selbst bei 20uA kein Strom durch die Probe, ist diese entweder sehr hochohmig oder der Kontakt zwischen Messsonde und Probe ist zu gering.

5. PN-Typmessung

Mit der Taste "3" gelangt man aus dem Hauptmenü zur Dotierungsmessung.



Diese Messung wird mit einer beheizten und einer unbeheizten Sonde realisiert. Nach dem Einschalten wird etwas Zeit benötigt, um die Sonde auf Betriebstemperatur zu bringen.

In der zweiten Zeile im Display wird der Status der Heizung angezeigt. Wechselt die Anzeige von "wait" auf "OK" kann mit der Messung begonnen werden. Dazu müssen beide Messspitzen auf die Probe gehalten und leicht aufgedrückt werden.

Der aktuell gemessene Dotierungstyp wird in der dritten Zeile angezeigt. In der vierten Zeile wird der zuletzt gemessene Typ angezeigt. Dieser Wert kann durch Drücken der Taste "2", genau wie bei der Widerstandsmessung, abgespeichert werden.



Im Datenspeicher kann die gleiche Anzahl an Messwerten abgelegt werden.

Prinzipiell haben beide Datenspeicher nichts miteinander zu tun.

Neben dem Dotierungstyp wird wie bei der Widerstandsmessung Datum und Uhrzeit zu jeder Messung abgespeichert. Sollte einmal keine Messung möglich sein, sollte die Position auf der Probe geändert werden. Ränder oder Bruchkanten sind hierfür gut geeignet.

6. Datenspeicher

Durch Drücken der Taste "4" im Hauptmenü werden die gespeicherten Daten aufgerufen. In diesem Menü können die gespeicherten Daten angesehen werden.



Durch Drücken der Taste "1" können die Daten aus den Widerstandsmessungen angesehen werden. Es erscheinen die gespeicherten Messwerte mit Datum und Uhrzeit. Mit den Pfeiltasten "←→" und "↑↓" können die einzelnen Datensätze durchgesehen werden.

Das gleiche gilt für die Daten aus den PN-Messungen. Mit der Taste "2" gelangt man in das entsprechende Menü und mit den Pfeiltasten "←→" und "↑↓" können die einzelnen Datensätze durchgesehen werden.

6.1. Daten Transfer via USB

Der vierte Menüpunkt erlaubt einen Transfer der gespeicherten Daten zu einem PC. Dazu muss das Messgerät mit dem USB-Kabel an den PC angeschlossen werden. Um Daten übertragen zu können muss vorher der Treiber installiert werden.

Der Treiber kann unter folgender Internetadresse runtergeladen werden:

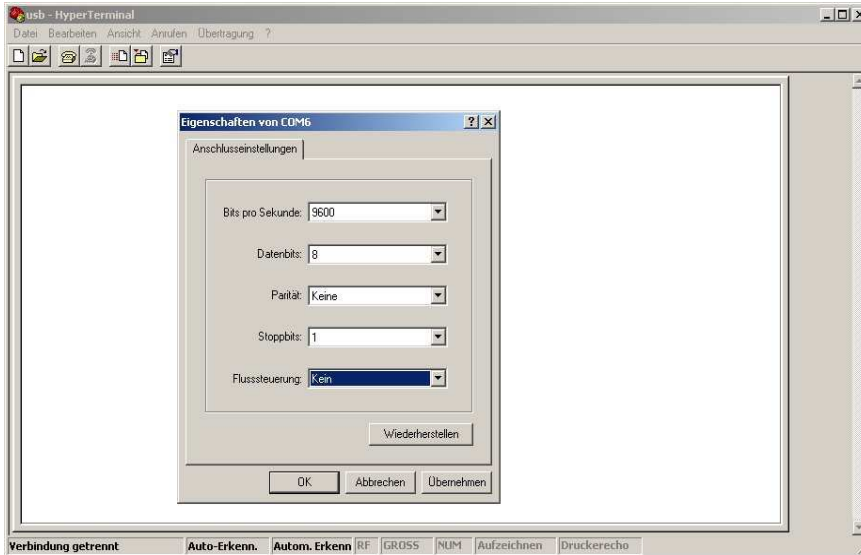
<http://www.ftdichip.com/Drivers/CDM/CDM%202.02.04%20WHQL%20Certified.zip>

Mit diesem Treiber wird ein virtueller "COM" Port eingerichtet. Die Daten können dann mit einem beliebigen Terminalprogramm ausgelesen werden. Dabei werden folgende Einstellungen verwendet:

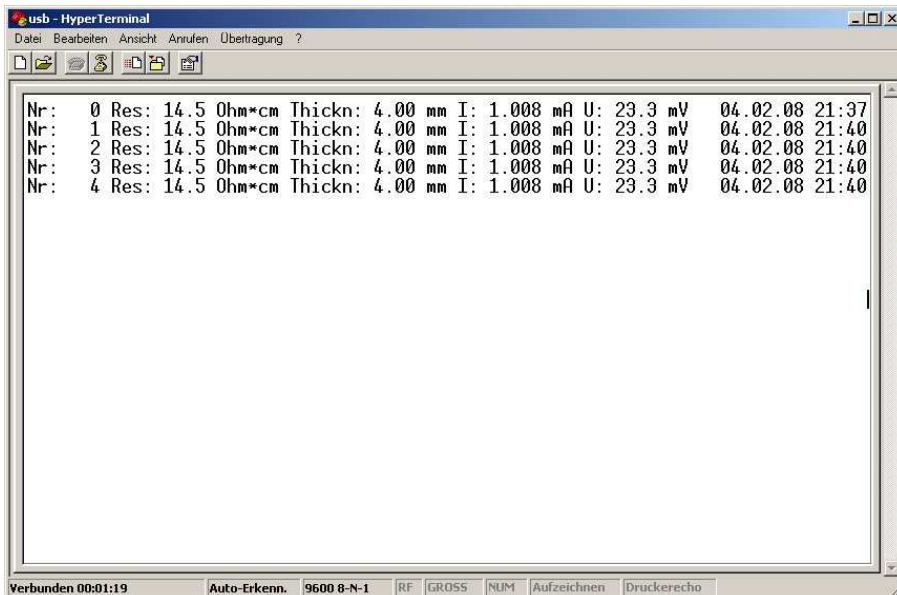
- **9600Bit/s**
- **8 Datenbit**
- **1 Stoppbit**
- **Keine Parität**
- **Keine Flusskontrolle**

Die folgenden Screenshots zeigen es am Beispiel vom Hyperterminal. Durch Drücken der Taste "4" werden die Daten zum PC übertragen. Die Ausgabe erfolgt in Textform. Somit kann eine weitere flexible Auswertung zum Beispiel in Excel leicht realisiert werden.

Daten Transfer 1:



Daten Transfer 2:



7. Displaybeleuchtung

Im Hauptmenü wird durch Drücken der Taste "5" die Beleuchtung im Display ein- bzw. ausgeschaltet.

7.1 Messkopf – Spitzenabstand

Unter Menüpunkt , 1 , kann der Spitzenabstand des 4 – Punkt-Tasters eingestellt werden.

Standardmässig ist 1 mm eingestellt.

8. Einstellungen

Im Hauptmenü wird durch Drücken der Taste “0“ das Menü für die Einstellungen aufgerufen. In diesem Menü können die nachfolgend aufgeführten Einstellungen vorgenommen werden.



8.1. Messkopf-Spitzenabstand

Unter Menüpunkt “1“ kann der Spitzenabstand des 4-Punkt-Tasters eingestellt werden. Standardmässig ist dieser auf 1mm eingestellt.



8.2 Kalibrierung

Unter Menüpunkt “2“ kann eine interne Kalibrierung durchgeführt werden. Während des Vorgangs muss die 4-Punkt-Sonde auf einem Stück Metall kurzgeschlossen werden. Bei der Kalibrierung wird man hierzu aufgefordert. Der Rest erfolgt automatisch.



8.3 Datenspeicher löschen

Unter dem Menüpunkt "3" im Datenmenü kann der Datenspeicher gelöscht werden. Dabei werden Widerstands- und Typdatenspeicher gelöscht.

8.4 Datum / Uhrzeit

Unter dem Menüpunkt "4" kann man das Datum und die Uhrzeit einstellen. Dabei muss folgendes Format verwendet werden: DDMMYYhhmm (0402082212, für den 04.02.08 22:12)

Bei unvollständiger Eingabe verändern sich die Einstellungen nicht.



8.5 Signalton

Unter dem Menüpunkt "5" kann ein Schwellwert zur Signalisierung angegeben werden. Wird dieser Wert bei der Widerstandsmessung unterschritten, wird ein Signalton ausgelöst.



9. Akku laden

Der Akku wird geladen, sobald ein USB-Kabel an einen Computer oder eine Steckdose angeschlossen wird. Bei manchen Computern muss der Treiber installiert werden um das Gerät mit Strom zu versorgen.

Die Akkuspannung wird in der ersten Zeile des Hauptmenüs angezeigt. Diese ist allerdings sehr temperaturabhängig und schwankt bei Temperaturunterschieden. Die Akkuspannung soll nur ein Hinweis auf den Ladezustand sein. Der exakte Ladezustand lässt sich bei den verwendeten Akkutypen nicht bestimmen.

Ein kompletter Ladezyklus dauert ca.14 Stunden. Da der Ladezustand im Betrieb nicht ermittelt werden kann, wird nach Ladebeginn ein 14-Stunden-Timer gestartet, der unabhängig vom Ladezustand ist. Das Messgerät kann jederzeit von der USB- Versorgung getrennt werden.



10.Live – Messwertanzeige am Computer

10.1 Funktionsweise

Das Messgerät verfügt über eine USB – Schnittstelle.Damit ist es möglich die Messwertdaten direkt zu einem Computer zu übertragen und dort anzuzeigen.Es wird eine Emulation der seriellen Schnittstelle verwendet.Zur Installation muss neben der eigentlichen Software zur anzeige der Treiber installiert werden.

10.2 Installation der Software

10.2.1. Treiber

Folgender Treiber stellt einen virtuellen COM – Port bereit.Der Treiber muss nach der Anleitung der FTDI installiert werden.Treiber und Installationsanleitung sind auf der folgenden Internet-Seite zu finden:

<http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm>

10.2.2. Java - Umgebung

Die Visualisierungssoftware wurde mit der Programmiersprache Java erstellt. Für die Ausführung wird eine Java-Virtuell-Maschine verwendet. In den meisten Fällen ist eine Java – Umgebung bereits installiert. Falls dies nicht der Fall ist kann eine Java- Umgebung unter folgender Internet – Seite installiert werden.

<http://java.sun.com/javase/downloads/index.jsp> (Java SE Runtime Environment)

Zusätzlich wird ein Plugin für die Kommunikation mit dem installierten Treiber benötigt. Ermitteln sie den Ordner, in dem die Java-Umgebung installiert ist. Meistens ist dies zu finden in :

C:\Program Files\Java\jre1.6.0_xx

Kopieren sie die folgenden beiden Dateien in das Verzeichnis:

rxtxSerial.dll in das Verzeichnis C:\Program Files\Java\jre1.6.0_xx\jre\bin

Die Datei RXTXComm.jar muss in C:\Program Files\Java\jre1.6.0_xx\jre\lib\ext

kopiert werden.

Die Dateien sind neben dem Java Download auf einem im Lieferumfang enthaltenen USB -Stick enthalten.

10.2.3 Visualisierungssoftware „ Magnifier,,

Die Visualisierungssoftware Magnifier bedarf keiner Installation. Es genügt die Datei

Magnifier.jar herunterzuladen und auszuführen.

Auf dem USB Stick enthalten.

10.3. Verwendung

Führen sie folgende Schritte aus:

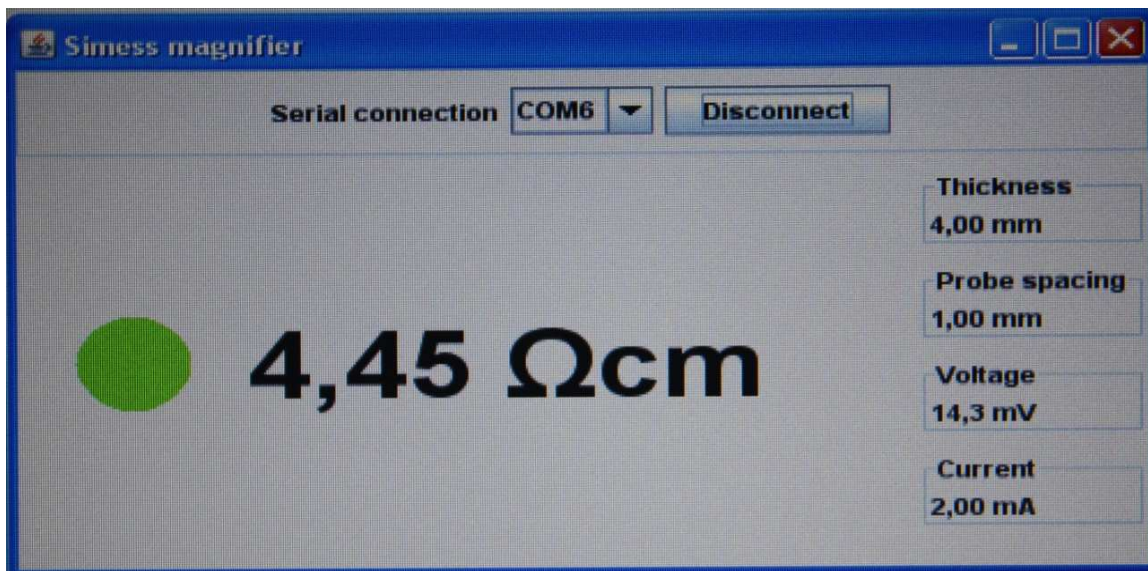
1. Schliessen sie das Messgerät mit dem mitgelieferten USB – Kabel an
2. Starten sie das Programm „magnifier,,
3. Wählen sie den COM – Port aus (meist der letzte)

4. Starten sie die Übertragung mit dem Connect –Button
5. Wählen sie am Messgerät das Menü 1, 2 , oder 3

Die Daten werden während der Messung automatisch übertragen.Auf der linken Seite zeigt der farbige Kreis,ob eine Messung gültig ist.Ist das Feld grün,sind alle Messwerte im gültigen Bereich.

In der Mitte wird der jeweilige Messwert angezeigt.Bei der Messung des spezifischen Widerstandes in Ohm/cm,bei der Messung der Dotierung N oder P.

Auf der rechten Seite werden die eingestellten Parameter und der gemessene Strom und die Spannung angezeigt.



11. Hinweise / Rechtliches

Die Entwicklung und Umsetzung erfolgte nach bestem Wissen und Gewissen. Dennoch können Fehler auftreten. Für eventuell auftretende Mängel Fehler oder Schäden jeglicher Art, die z.B. durch unsachgemäße Handhabung entstehen, kann keine Haftung übernommen werden. Die Nutzung, bzw. der Betrieb erfolgt auf eigene Gefahr.