



Ausbildungsnetzwerk
zur Förderung der Mikrosystemtechnik
Statusseminar 2004

Aus- und Weiterbildung am IHW
Mitwirkung im Ausbildungsverbund

Mitwirkung im Ausbildungsverbund

- **Einrichtung einer Ausbildungsstelle für den Beruf Mikrotechnologe/Mikrotechnologin am IHW**
 - **Besetzung der Stelle zum 1. August 2003**
 - **Einrichtung einer zweiten Ausbildungsstelle für 2005 geplant**
 - **Mitarbeit im Prüfungsausschuss**
 - **Ausarbeitung von Lehrmaterialien**
- **Mitarbeit in der Arbeitsgruppe „Ausbildungsmodule MST“**
- **Durchführung Lehrstätten übergreifender Lehrgänge**

Durchführung Lehrstätten übergreifender Lehrgänge

- **Stand der Planung Statustreffen 2003**
 - **Funktionsanalyse ausgewählter Halbleiterwerkstoffe
(3 tägiger Lehrgang, erstmalige Durchführung Mai 04)**
 - **Veränderungen der Leitfähigkeit durch Dotierungsverfahren
(3 tägiger Lehrgang, erstmalige Durchführung 2005)**

**Lehrmaterialien für die beiden Lehrgänge werden in Zusammenarbeit
mit der BBS Neustadt a. Rbge. erstellt.**

Durchführung Lehrstätten übergreifender Lehrgänge

Änderungen zum Stand 2003

- **Lehrfelder 3 und 6 werden in einem Lehrgang zusammengefasst**
- **Termin wird auf Ende 2004 verschoben**
- **3 tägiger Lehrgang, erstmalige Durchführung Dezember 04**
Funktionsanalyse ausgewählter Halbleiterwerkstoffe
und Vergleich von Funktionseinheiten diskreter und integrierter Schaltungen
- **Vorführung „Elektronenstrahlolithografie“ wurde mit aufgenommen**

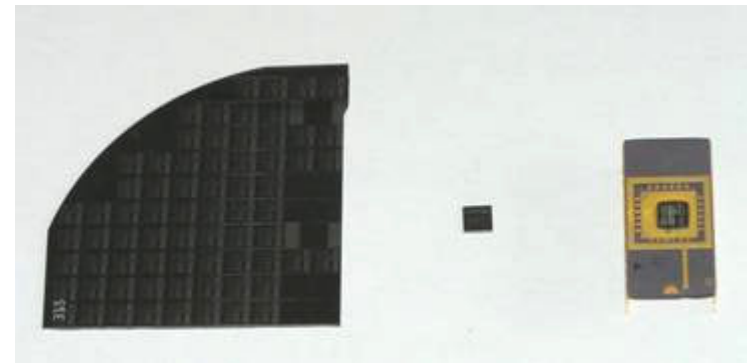
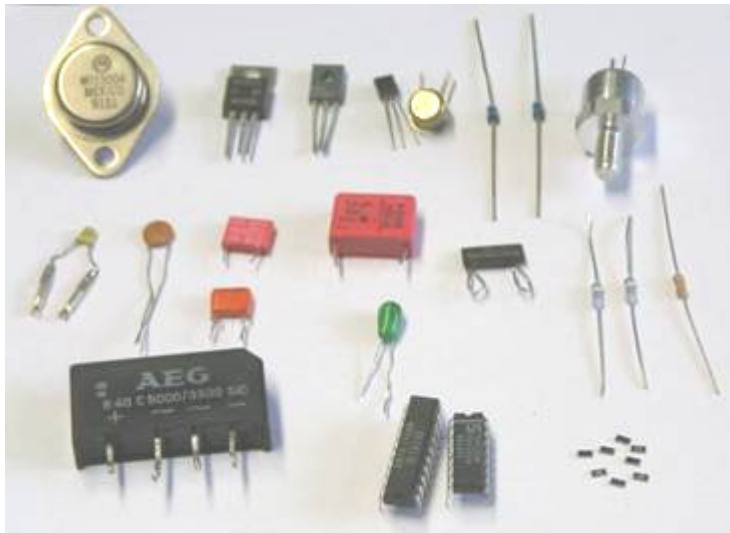
Funktionsanalyse ausgewählter Halbleiterwerkstoffe und Vergleich von Funktionseinheiten diskreter und integrierter Schaltungen

- **Leitungsmechanismen in Metallen und Halbleitern**
- **Widerstandsmessungen**
 - Temperaturabhängigkeit
 - Schichtwiderstand
- **Passive Bauelemente**
 - Widerstand, Kondensator, Spule
 - Diode
- **Aktive Bauelemente**
 - Bipolartransistor
 - MOS-Transistor
- **Einfache Verstärkerschaltung (Analogtechnik)**
- **Inverter (Digitaltechnik)**

Funktionsanalyse ausgewählter Halbleiterwerkstoffe und Vergleich von Funktionseinheiten diskreter und integrierter Schaltungen

Praktische Aufgabe:

Messung der Temperaturabhängigkeit des Widerstandes von Halbleitern mit unterschiedlicher Dotierung und eines Metalls (Pt100- Widerstandsthermometer)

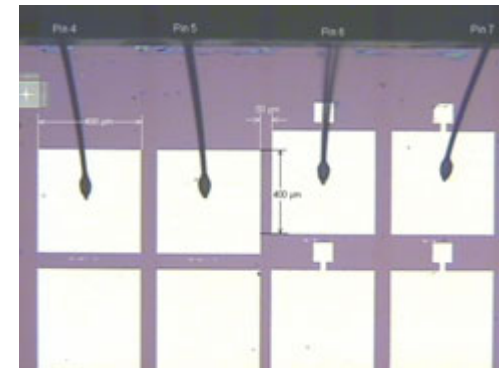


Transistoren, Dioden, Widerstände, Kondensatoren kann man kaufen

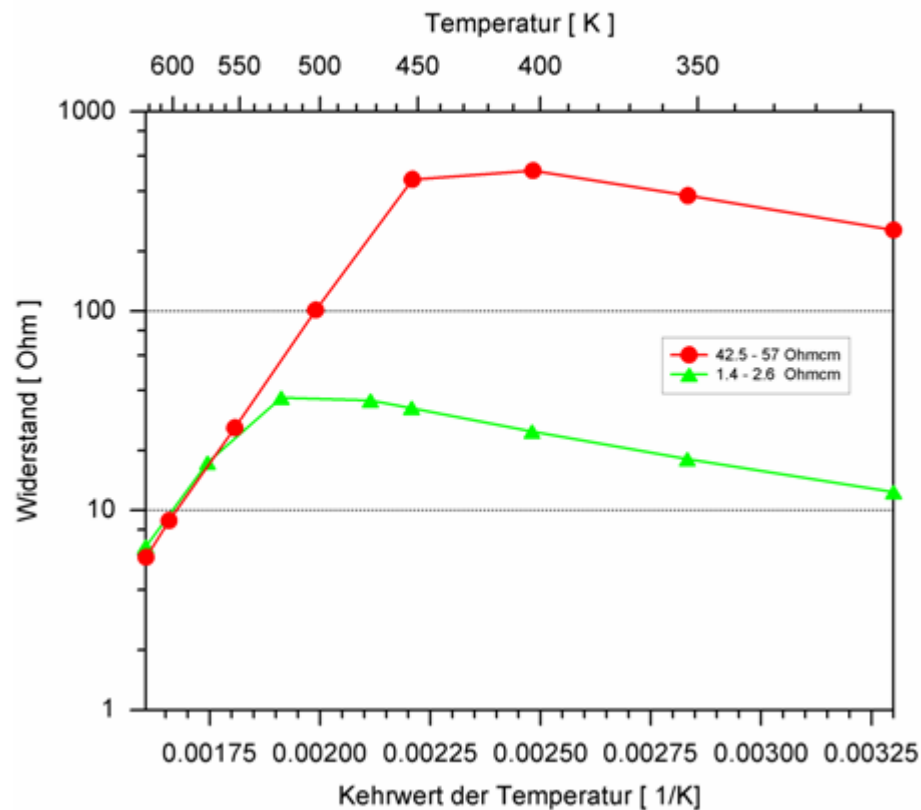
Proben zur Widerstandsmessung von dotierten Halbleitern sind nicht kommerziell erhältlich

Herstellung der Proben zur Messung der Temperaturabhängigkeit des Widerstandes von dotiertem Silizium

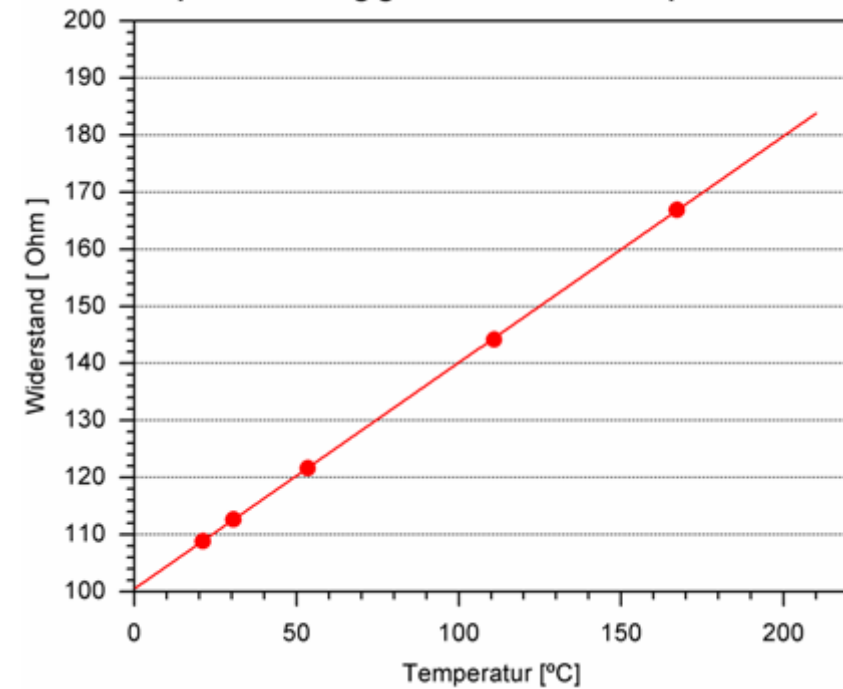
- Ausgangsmaterial: 4“-Wafer Si-100 p-Dotierung 50 bzw. 2 Ωcm
- 315 nm thermische Oxid herstellen
- Fotolithografie und Öffnen von Kontaktlöchern
- Ionenimplantation von BF₂ zur Herstellung ohmscher Kontakte
- Aktivierung und Ausheilung
- 400 nm Aluminium abscheiden
- Fotolithografie und Strukturierung des Aluminiums
- Separieren der Chips
- Montage der Teststrukturen in 24 polige Keramikgehäuse
- Bonden



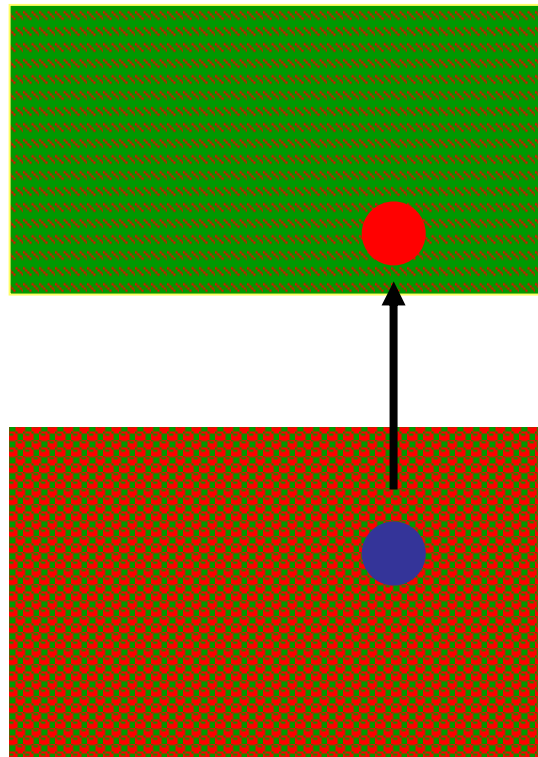
Temperaturabhängigkeit des Widerstandes von p-100 Silizium
mit unterschiedlicher Dotierung



Temperaturabhängigkeit eines Pt100-Tempersensors



Halbleiter



**Freies
Elektron**

Loch

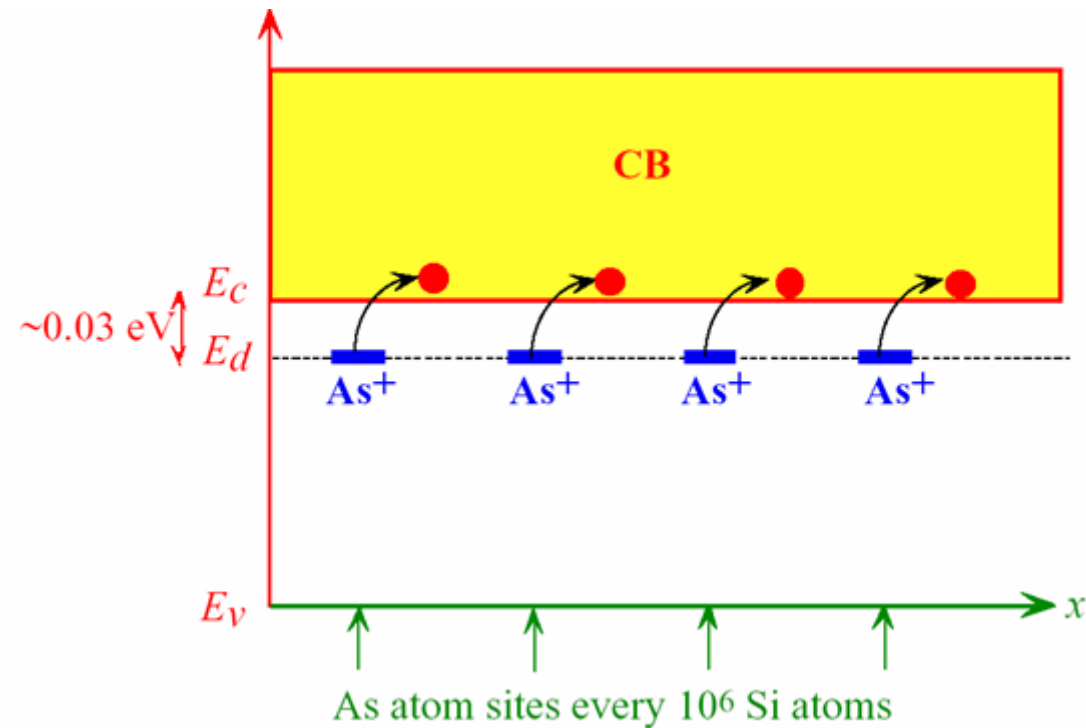
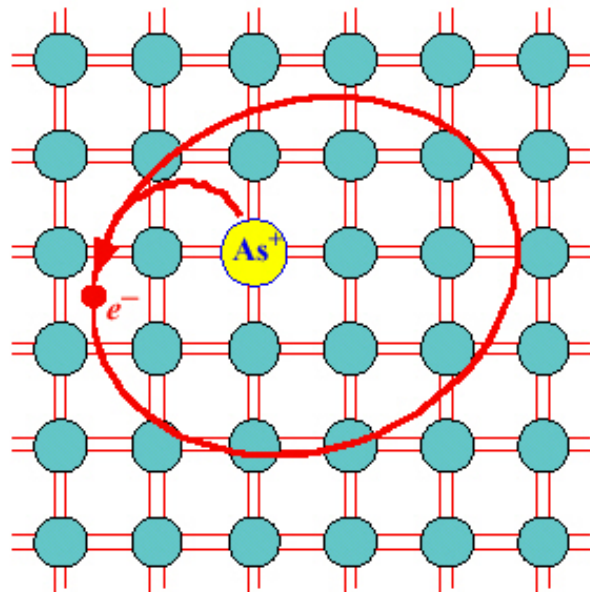
Bandabstand für Si: $\sim 1.1 \text{ eV}$

Thermische Energie von Elektronen
bei Raumtemperatur: $\sim 0.025 \text{ eV}$

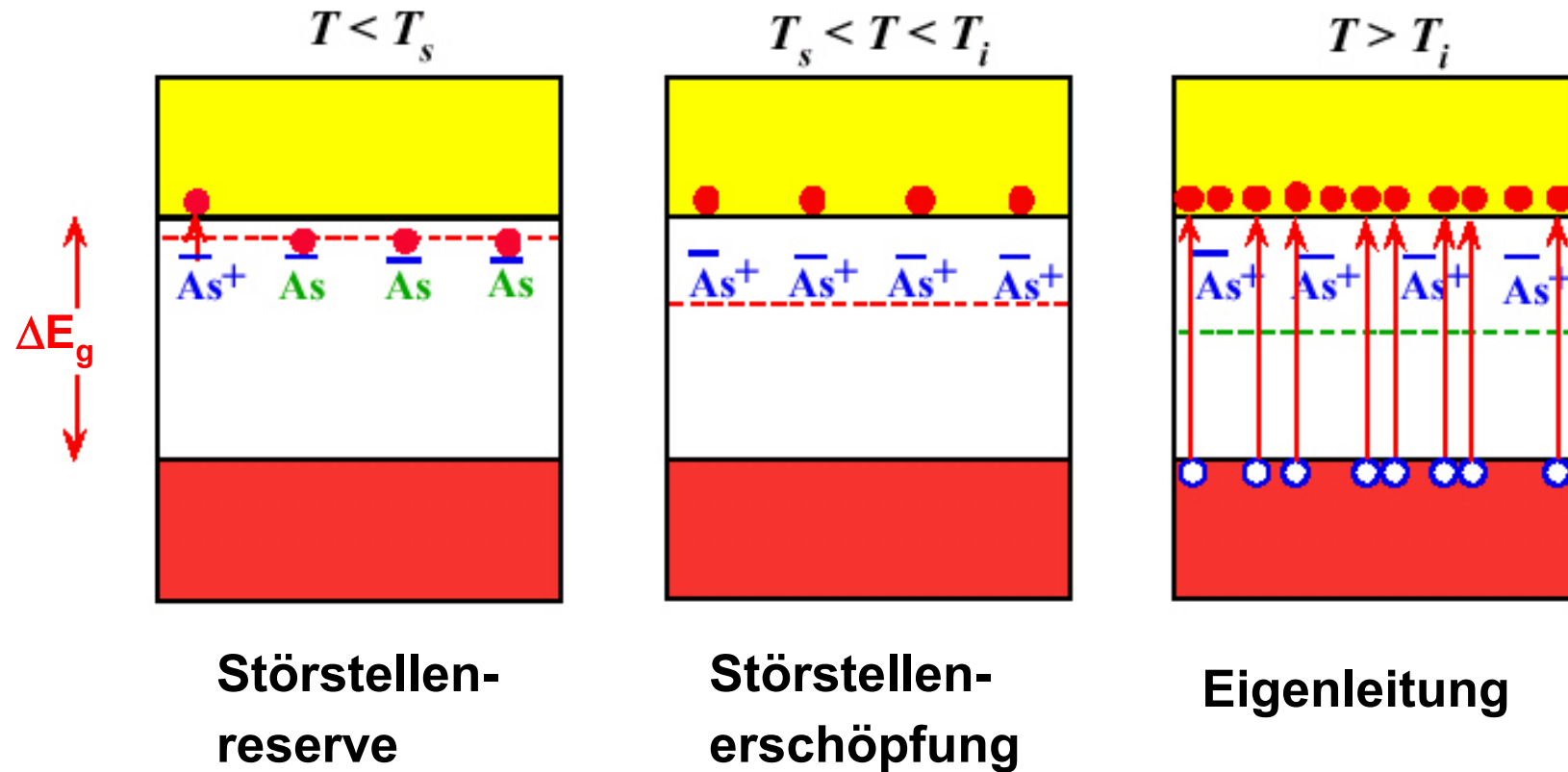
→ Nur durch die statistische
Verteilung der thermischen Energie
können einige Elektronen die
Bandlücke überwinden.

Bei 20°C in Silizium:

ca. 1 Elektron-Loch-Paar auf 10^{13} Atome



- ➔ Die Energieniveaus der Donatoren liegen dicht unterhalb des LB-Minimums in der Bandlücke
- ➔ Der Abstand ist gering (**flache Störstelle**)



Equipment zur Durchführung der Messungen



Messungen bis 350°C an
gehäusten Strukturen



Manueller Spitzenmessplatz



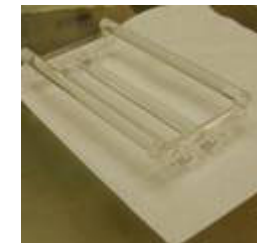
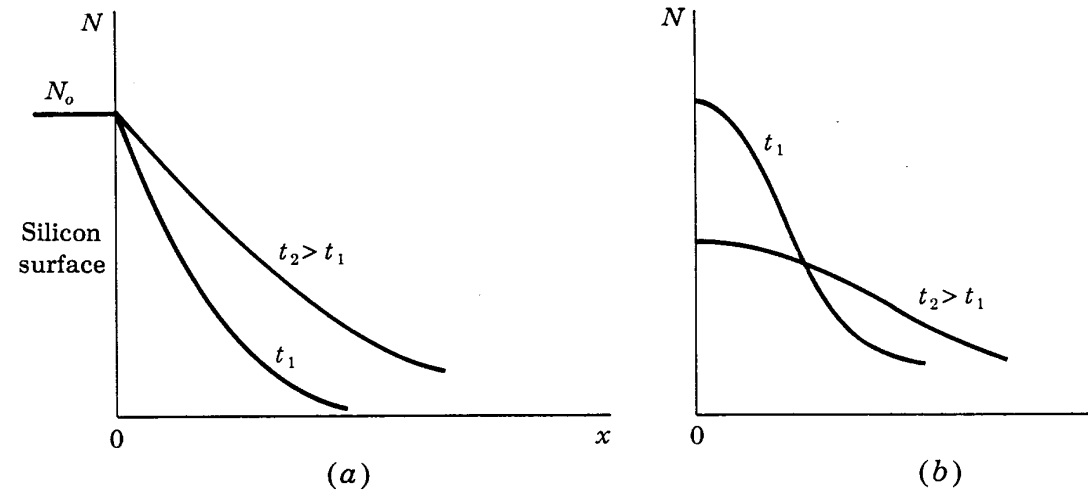
Rechner gesteuerter
Parametermessplatz

Veränderungen der Leitfähigkeit durch Dotierungsverfahren

- **Auswirkung der Dotierung auf die elektrische Leitfähigkeit**
- **Eigenschaften und Auswahl der Dotierstoffe**
- **Dotierverfahren**
 - **Diffusionsverfahren und Diffusionsanlagen**
 - **Ionenimplantationsverfahren und Implantationsanlagen**
- **Thermische Aktivierung der Dotierstoffe und Ausheilung von Kristallschäden**
- **Schichtwiderstandsmessung und Bestimmung der Dotierung**
- **Einfluss von Prozessparametern**

Diffusionsverfahren und Diffusionsanlagen

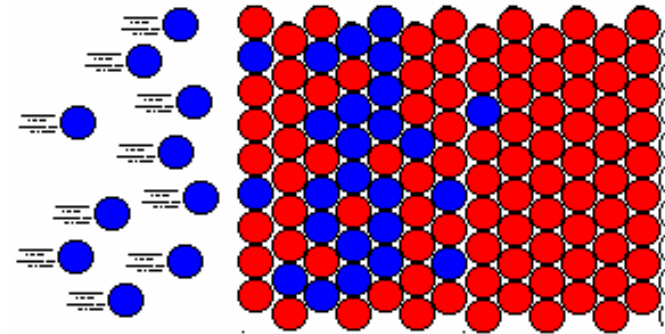
- Diffusionsgleichungen
- Diffusion aus unerschöpflicher Quelle
- Diffusion aus erschöpflicher Quelle
- Aufbau von Diffusionsanlagen
- Praktische Durchführung einer Diffusion im Horizontalofen
- Quelle: Spin-on-Dopant oder Planar Dopant Source
- Messung des Schichtwiderstandes



Ionenimplantationsverfahren und Implantationsanlagen

- Prinzip der Implantation
- Vor- und Nachteile der Implantation gegenüber der Eindiffusion
- Prinzipieller Aufbau eines Implanters
- Einfluss von Masse, Energie und Dosis
- Simulation von Implantationsprofilen
- Strahlenschäden
- Channeling
- Praktische Durchführung einer Implantation mit unterschiedlichen Dosen
- Arbeiten mit einem RTP-System
- Schichtwiderstandsmessung

Billard mit Atomen: Physik mit schnellen Ionen



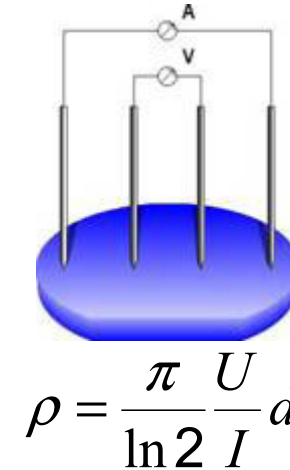
Veränderungen der Leitfähigkeit durch Dotierungsverfahren



RTO/RTP-System



Vierspitzenmessplatz zur Schichtwiderstandsmessung



Für diesen Lehrgang soll in Zusammenarbeit mit dem Learning Lab Lower Saxony (L3S) eine Unterrichtseinheit für das webgestützte Lehr- und Informationssystem ILIAS entwickelt werden

Weitere Aktivitäten des IHW

- Informationsveranstaltungen mit Institutsführung und Vorführungen für Abschlussklassen von Gymnasien
- Institutsführung und Vorführungen im Rahmen der Hochschulinformationstage (HIT) der UH
- Teilnahme am Tech-Buffer 2004 (zusammen mit dem IMT)
- Besuch von hochbegabten Grundschulern im Institut
- Beteiligung an der KinderUniHannover (KUH)



Kompetenzen des IHW im Ausbildungsverbund

- **Dünnschichttechnologie**
 - PVD (Aufdampfen, Kathodenzerstäubung)
 - CVD, PECVD
 - MBE
- **Vakuumtechnik (UHV)**
- **Dotiertechnologien**
 - Ionenimplantation
- **Elektrische Messtechnik**