



SrTiO₃/LaAlO₃-Grenzflächen Grundlagen

07.07.2010

Anna Horsche



Vorneweg...

Institut für Physik, Lehrstuhl EP6

$\text{SrTiO}_3 = \text{STO}$

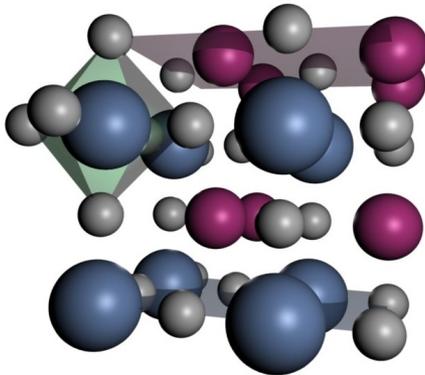
$\text{LaAlO}_3 = \text{LAO}$

Gepulste Laserablation = PLD

Beugung hochenergetischer Elektronen bei
Reflexion = RHEED



- Materialeigenschaften der Komponenten
 - Struktur
 - Elektronische Eigenschaften
- Herstellung der Grenzfläche (Überblick)
 - Terminierung des STO-Substrats
 - Gepulste Laserablation von LAO
- Phänomene
 - Messgrößen
 - Leitfähigkeit
 - » Einschub: Strukturierung und Kontakte
 - Feldeffekt
 - Memoryeffekt
 - Supraleitung

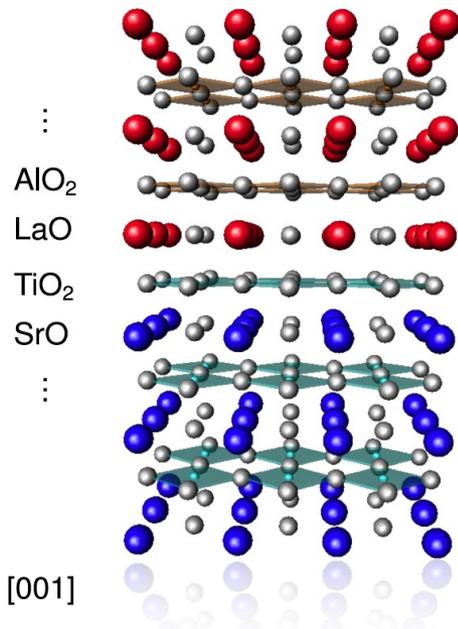
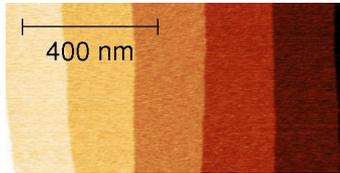
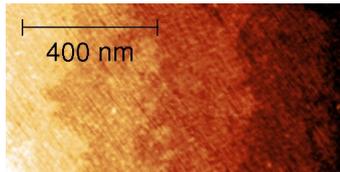


Pink: A-Kation
Blau: B-Kation
Grau: Sauerstoff

- Perowskitstruktur ABO_3
 - AO- und BO_2 -Ebenen:
 - je nach Oxidationszahl der Kationen polar oder unpolar
 - STO: Sr +II, Ti +IV ► elektron. neutral
 - LAO: La +III, Al +III ► alternierend geladen
 - Strukturelle Übergänge: Verkippung der Sauerstoffoktaeder
 - STO: $T < 105K \rightarrow$ Rot. um [001]-Richtung
 - LAO: $T < 800K \rightarrow$ Rot. um [111]-Richtung
 - Gitterparameter (300K):
 - STO: 3,905 Å • LAO: 3,798 Å

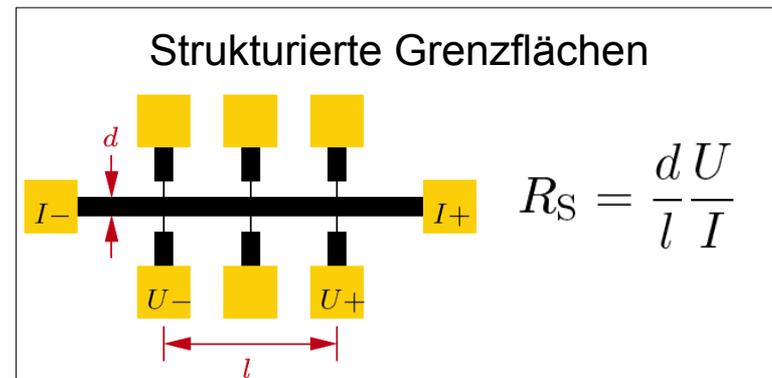
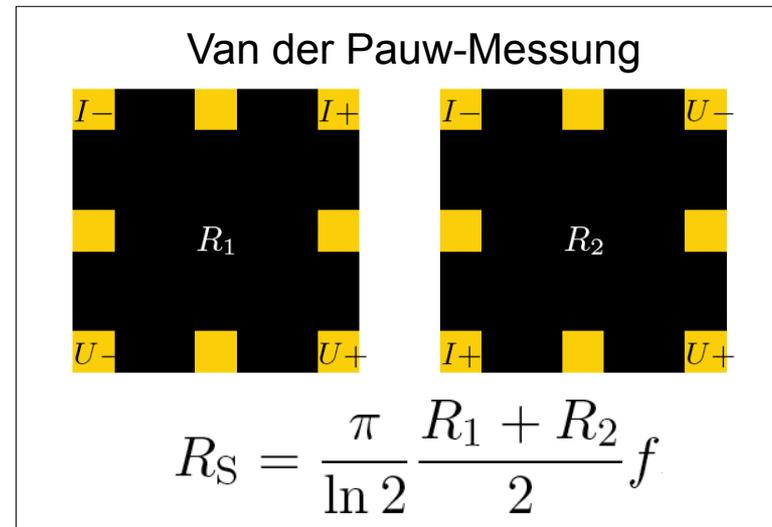


- Elektronische Eigenschaften
 - Bandisolatoren
 - LAO: $\approx 5,6$ eV Bandlücke
 - STO: $\approx 3,2$ eV Bandlücke
 - Besonderheiten bei STO
 - Änderung der Materialeigenschaften durch Dotierung oder Sauerstofffehlstellen
 - Kann Isolator, Halbleiter, Metall oder Supraleiter sein
 - Sauerstofffehlstellen z.B. durch Ar-Ionenbeschuss, Temperaturen $> 900^\circ\text{C}$ in Sauerstoffarmer Atmosphäre



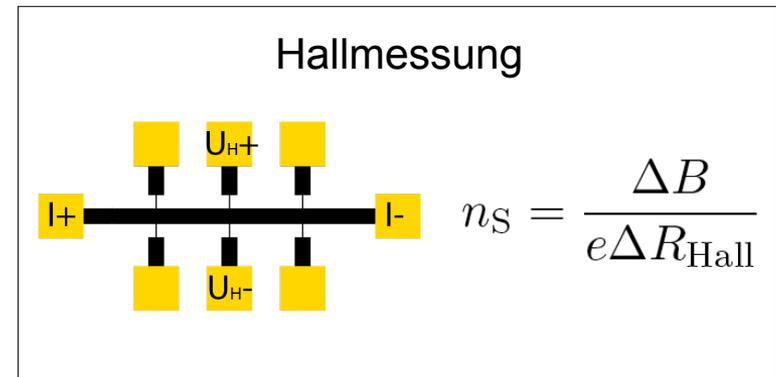
- Terminierung des Substrates:
 - Ultraschall in bidestilliertem Wasser → SrO reagiert zu SrCO₃ bzw. Sr(OH)₂
 - Entfernung mittels gepufferter Flusssäure (HF:NH₄F) → TiO₂-terminierte Oberfläche
- PLD von LAO, EZ-genaue Kontrolle der Filmdicke mittels RHEED-Oszillationen

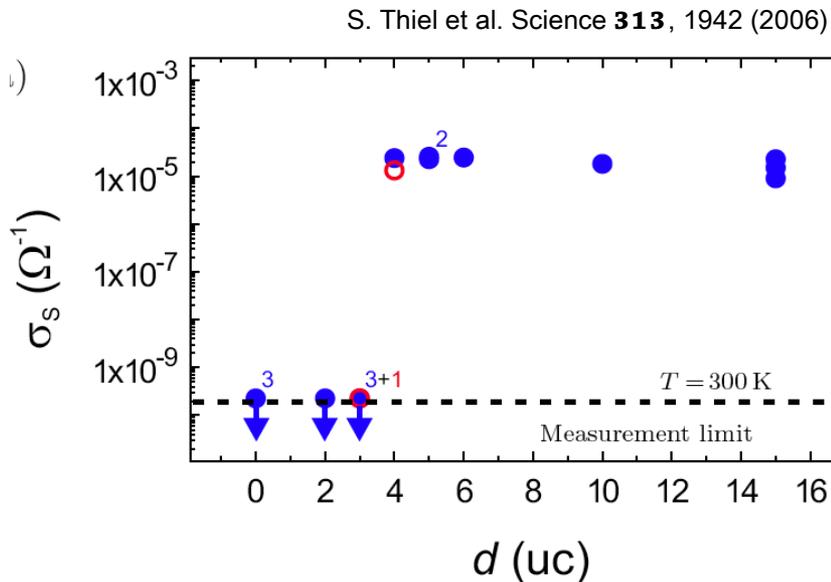
- Wichtige Messgrößen:
 - Schichtwiderstand R_S in Ω/\square
 - Van der Pauw-Messung
 - Messung an strukturierten GF
 - Kehrwert: Schicht-Leitfähigkeit σ_S in Ω^{-1}



Gelb: Kontakte - Schwarz: leitfähige GF

- Ladungsträgerdichte n_S in cm^{-2}
 - An strukturierten Stegen
 - Über Hallwiderstand (also im Magnetfeld)
 - Annahme: Ladungsträger sind Elektronen
- Alle Größen abhängig von Temperatur, Magnet- und elektrischem Feld („Gate-Spannung“)





- Leitfähigkeit

- Keine Leitfähigkeit für LAO-Schichtdicken < 3 EZ
- Photoleitfähigkeit bereits bei 3 EZ LAO

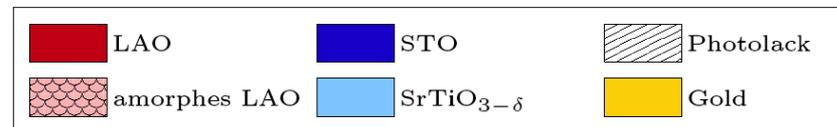
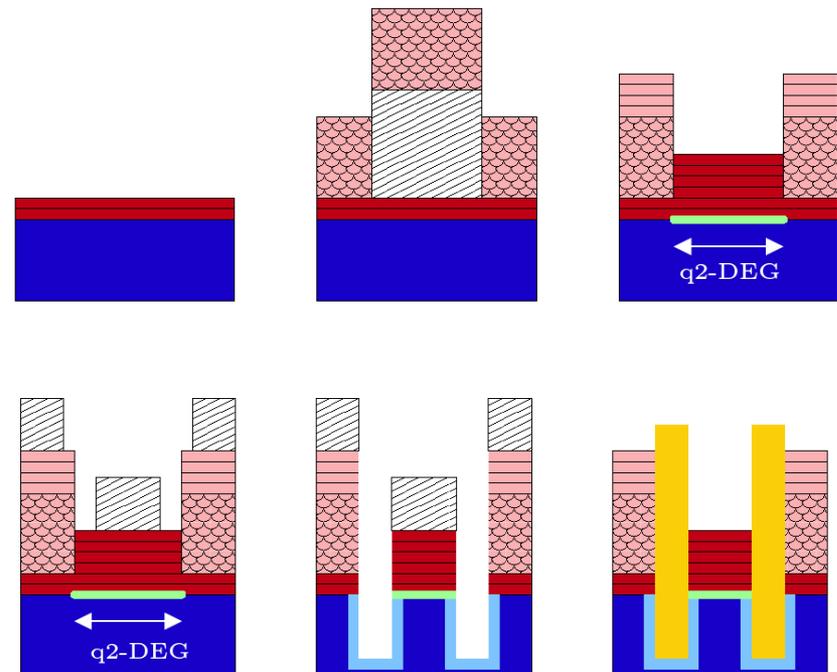
- Restleitfähigkeit nach 24h Dunkelheit bei ≥ 4 EZ LAO
 - $10\text{-}60 \text{ k}\Omega/\square$ @ $\sim 300\text{K}$
 - $100\text{-}500 \text{ }\Omega/\square$ @ $\sim 4\text{K}$
- Typ. Ladungsträgerdichte $\sim 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ für alle Temp.

Kritische Schichtdicke des LAO für Strukturierung nützlich:

- Terminiertes STO
- 2 EZ LAO
- Photolack + amorphes LAO
- Lift Off
- X EZ LAO

Kontakte:

- Photolack + Ionenätzen
- Sputtern (Au/Ti)
- Lift Off



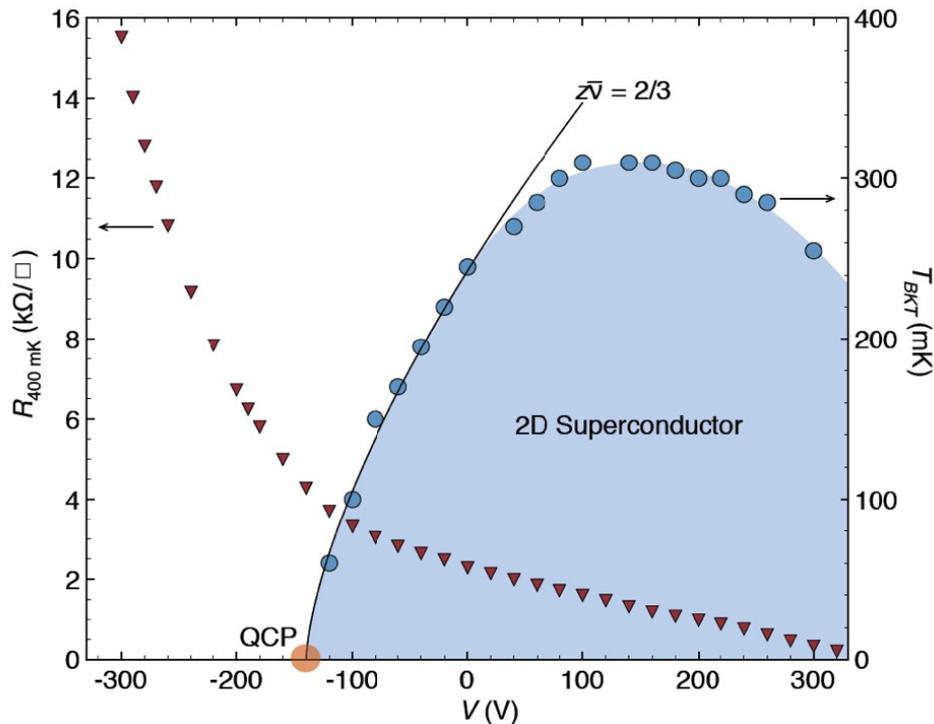


- Feldeffekt
 - Elektrisches Feld durch Gatespannung
 - Konvention: Minuspol an der GF
 - Zwei Konfigurationen:
 - Backgate: Spannung zw. Substrat-Rückseite und GF
 - Topgate: Spannung zw. Elektrode auf der LAO-Schicht und GF
 - ▶ zusätzliches Dielektrikum auf dem LAO möglich
 - Effekt abhängig von der Dicke des LAO:
 - ≥ 4 EZ: Leitfähigkeit kann moduliert werden
 - 3 EZ: Leitfähigkeit kann induziert werden



- Memory-Effekt:
 - Für Proben mit 3 EZ LAO
 - Durch Feldeffekt induzierte Leitfähigkeit bleibt auch nach Abschalten der positiven Gatespannung bestehen
 - Isolierender Zustand erst nach Anlegen einer negativen Gatespannung
 - ! Probe muss wg. Photoleitfähigkeit im Dunkeln bleiben

A. Caviglia et al. Nature **456**, 624 (2008)



- Supraleitung
 - Sprungtemperatur
~ 200mK
 - Feldstärkeabhängig
 - Anzeichen für BKT-Übergang
 - ▶ 2D Supraleiter