

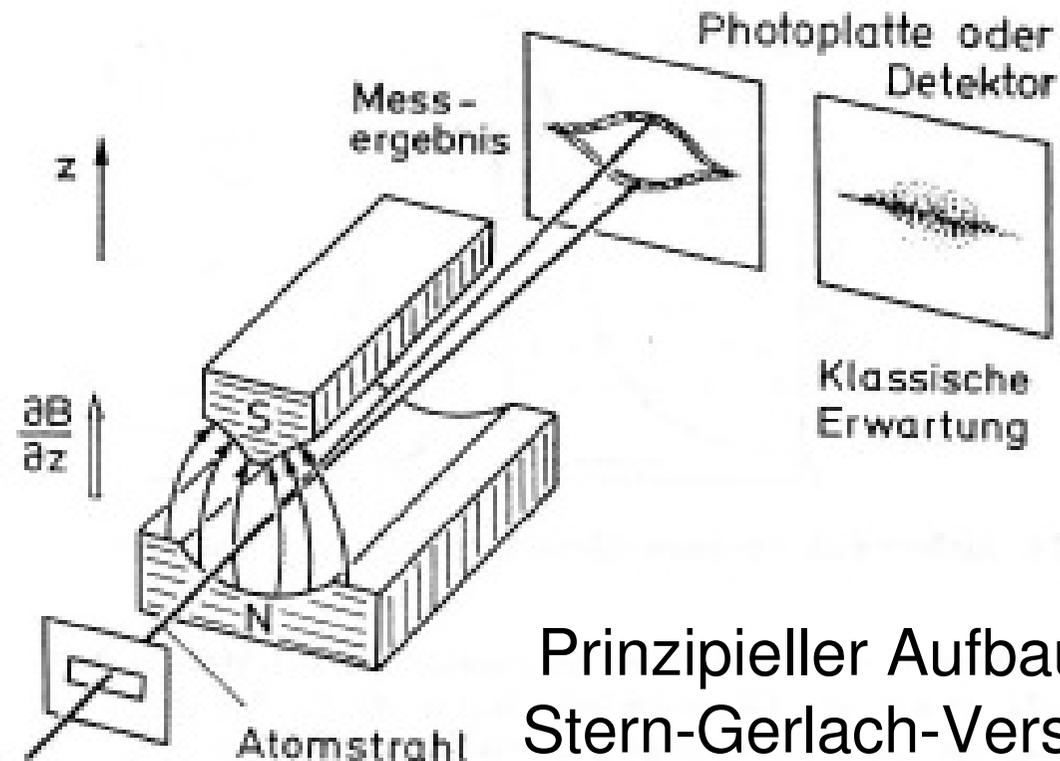
Nano-Spintronik

Dr. Heidemarie Schmidt

Forschungszentrum Dresden Rossendorf
Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung



Forschungszentrum
Dresden Rossendorf



Prinzipieller Aufbau des Stern-Gerlach-Versuches

→ Richtungsquantelung des Elektronenspins



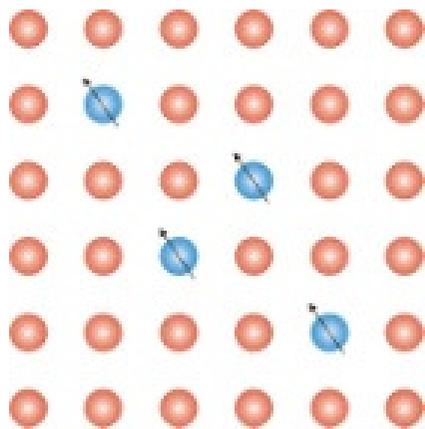
- Manipulation von Ladungen mittels elektrischer Felder in konventioneller Elektronik
- Nutzung des Elektronenspins in seiner makroskopischen Erscheinungsform, d.h. der Magnetisierung eines Ferromagneten in klassischen Technologien, z.B. Magnetfeldaufzeichnungen
- Steuerung und Manipulation von Spinströmen in Spintronik
 - Spintransfer
 - Halbleiter-Spintronik
 - Molekulare Spintronik
 - Einelektronen-Spintronik



Magnetische Halbleiter kombinieren Vorteile von Halbleitern und magnetischen Materialien

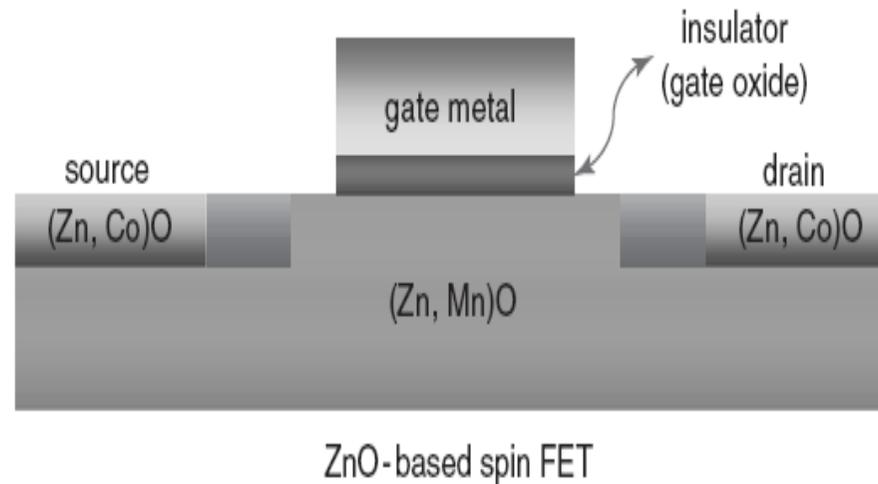
Vorteile: Lange Spinkohärenzzeiten und Propagation der Spinpolarisation über große Entfernungen

Nachteil: Schwacher Ferromagnetismus bei Raumtemperatur (z.B. ZnO, GaN)



Gitterstruktur eines magnetischen Halbleiters
mit Atomen mit magnetischem Moment



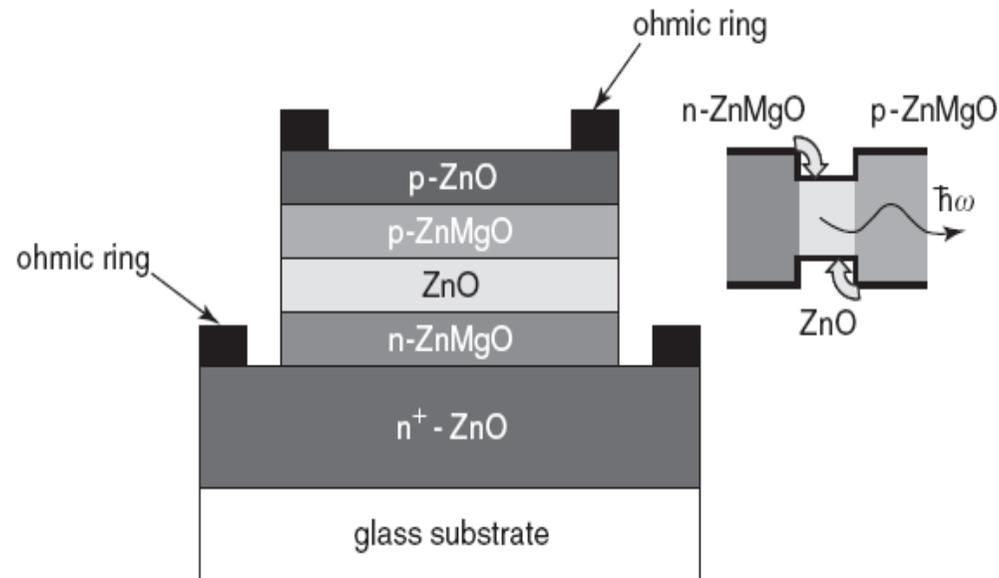


- Detektion des Spinzustandes ohne elektrischen Strom
 - Nichtflüchtiger Speicher der halbpermanenten Elektronenspins
- Vorteil gegenüber herkömmlichem FET

* S.J. Pearton et al., IEE Proc.-Circuits Devices Syst. **152** (2005)



**Forschungszentrum
Dresden Rossendorf**



- Emission von zirkular polarisiertem Licht aufgrund strahlender Rekombination von spinpolarisierten Elektronen
- Umwandlung magnetischer Information in optisches Signal
→ Vorteil gegenüber herkömmlicher LED

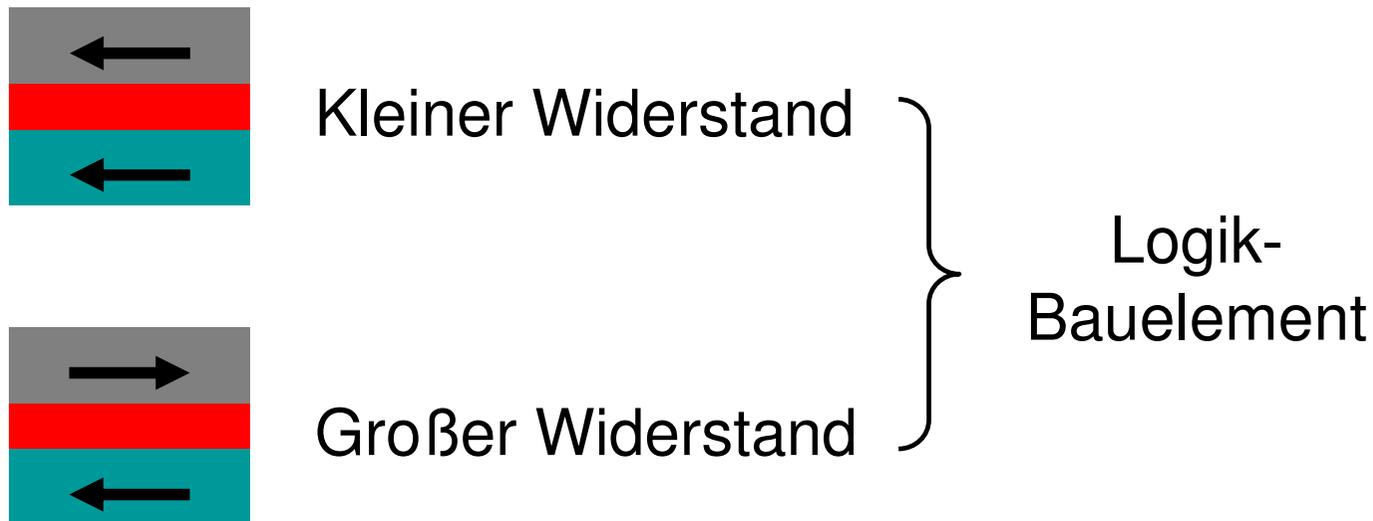
* S.J. Pearton et al., IEE Proc.-Circuits Devices Syst.152

(2005)



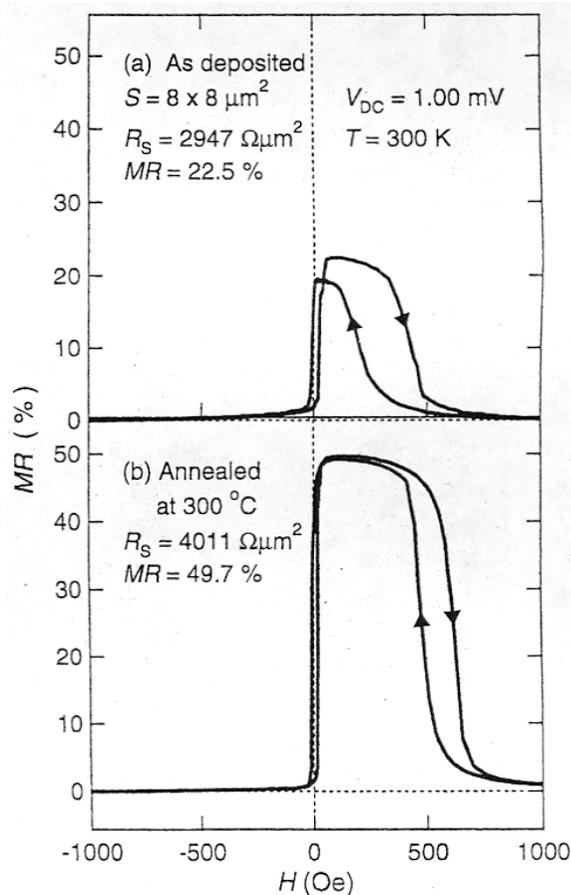
Forschungszentrum
Dresden Rossendorf

Der Tunnelwiderstand ändert sich um Größenordnungen, wenn sich die relative Magnetisierungsrichtung der Vorderseitenelektrode und **Rückseitenelektrode** ändert.



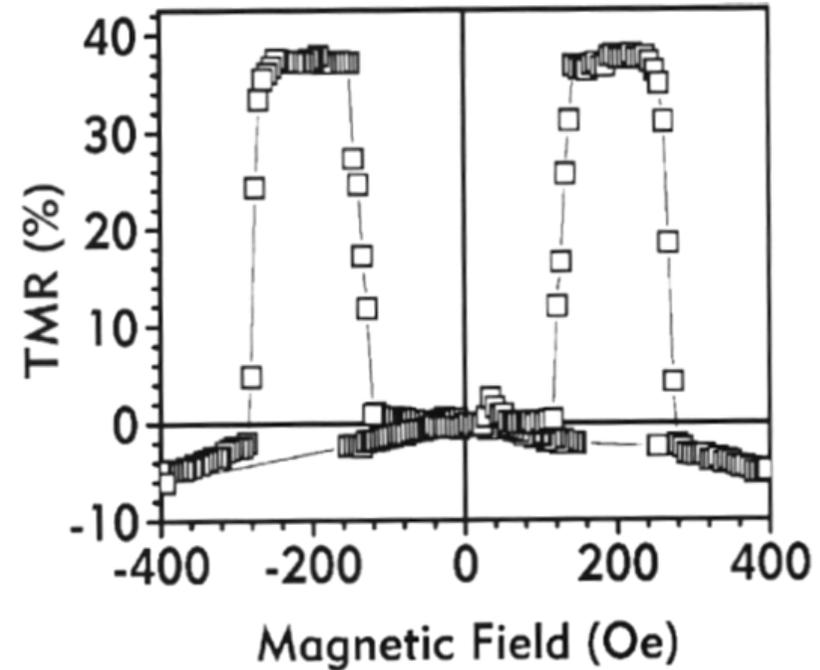
Metall*

4 nm $\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$ /0.8 nm Al_2O_3 /
4 nm $\text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}$



300 nm $\text{Ga}_{95.3}\text{Mn}_{4.7}\text{As}$ /1.7 nm AlAs /
30 nm $\text{Ga}_{94.6}\text{Mn}_{5.4}\text{As}$

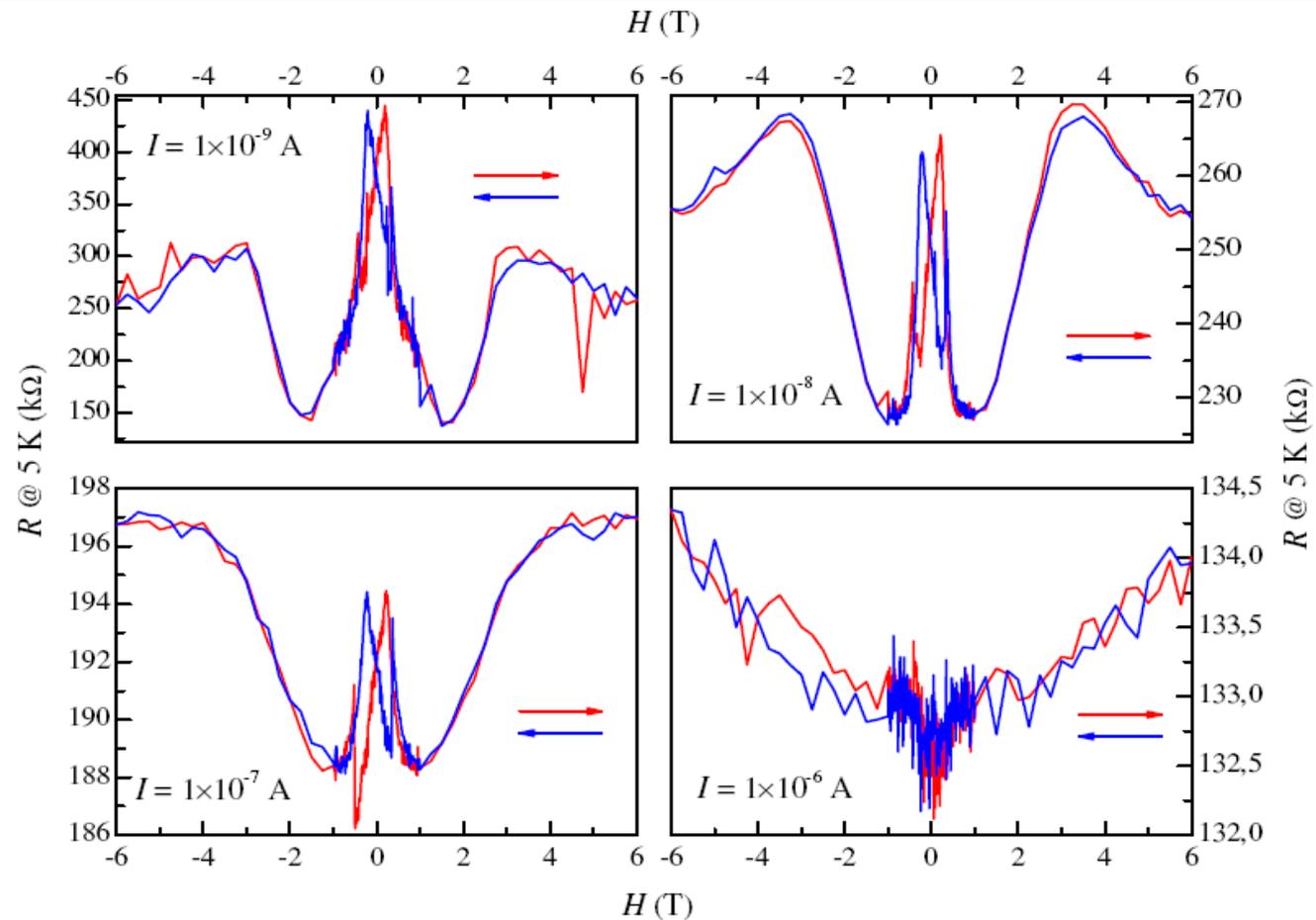
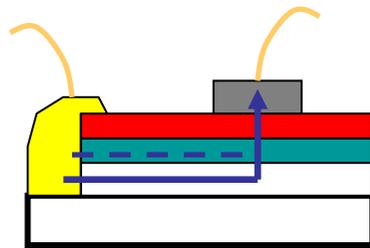
Halbleiter**



*X. F. Han et al., Jpn. J. Appl. Phys. 39 (2000)

**R. Mattana et al., Phys. Rev. Lett. 90 (2003)



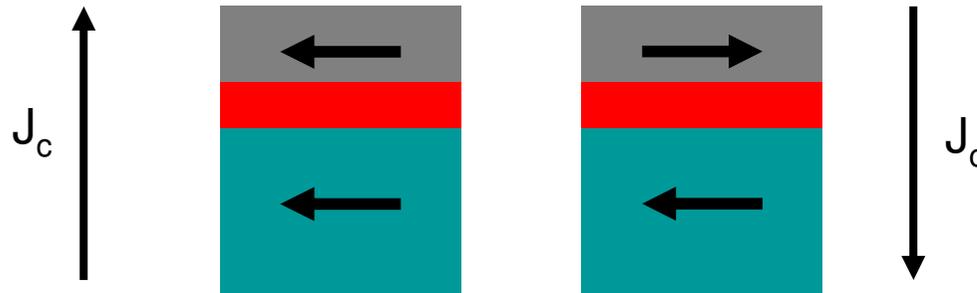


*Q. Xu, H. Schmidt et al., Phys. Rev. Lett. 101 (2008) 076601



Forschungszentrum
Dresden Rossendorf

J_c : Strom zum Schalten der dünneren Vorderseitenelektrode



$$J_c(\text{Metall}) = 10^7 - 10^8 \text{ A/cm}^2 \gg J_c(\text{Halbleiter}) = 10^5 - 10^4 \text{ A/cm}^2$$

STT-RAM: nichtflüchtig, weniger Strom zum Datens Schreiben als Flash-RAM, geringere Zellgröße (6-20 F^2) als bei MRAM (16-40 F^2), schnell wie DRAM (2-20 ns Schreib/Lesezeit)
Zellgröße: Flächenbedarf einer zwei Bit abdeckenden Einheitszelle
 F^2 : technologisch erreichbare Strukturgröße



- Wärmeproduktion durch elektrischen Strom begrenzt weitere Zunahme der Signal-Geschwindigkeit und die Miniaturisierung der Bauelemente
- Reiner Spinstrom erzeugt im Idealfall keine Wärme
- Erzeugung, Manipulation und Detektion von Spinströmen in Halbleitern ist Schwerpunkt zahlreicher wissenschaftlicher Aktivitäten der Spintronik
- Neuartige Bauelemente der Nano-Spintronik nutzen Ladung und Spin der Elektronen als Informationsträger (Spin-FET, Spin-LED)

