



ZUKÜNFTIGE SPEICHERSYSTEME

Faisal Rashed

GLIEDERUNG

- Problematik
- Speicherzellen in Atomgröße
- Bits in Molekülgröße
- Elektrische Verfahren
 - FRAM/FeRAM
 - Phase-Change RAM
- Holographische Speichertechnik
- Magnetische Verfahren
 - Racetrack-Speicher
 - MRAM

PROBLEMATIK

- Der entwicklungsfortschritt der magnetischen Festplattentechnik hat sich verlangsamt
- Durch Superparamagnetismus wird eine physikalische Obergrenze gesetzt
 - Macht die Weiterentwicklung sehr Teuer und Aufwendig
- Es wird in allen möglichen Bereichen geforscht
 - Viele Techniken schaffen es nicht sich durchzusetzen

SILIZIUM-SPEICHERCHIP

- Speicherung von Informationen im Nanometer-Bereich
- Nutzung einzelner Atome zur Speicherung
- Franz Himpsel, Physikprofessor an der Universität von Wisconsin (USA) und sein Team entwickelten den Silizium-Speicherchip
- 20 Atome pro Bit
- Eine Speicherdichte von 250 Tbit/in² ist möglich



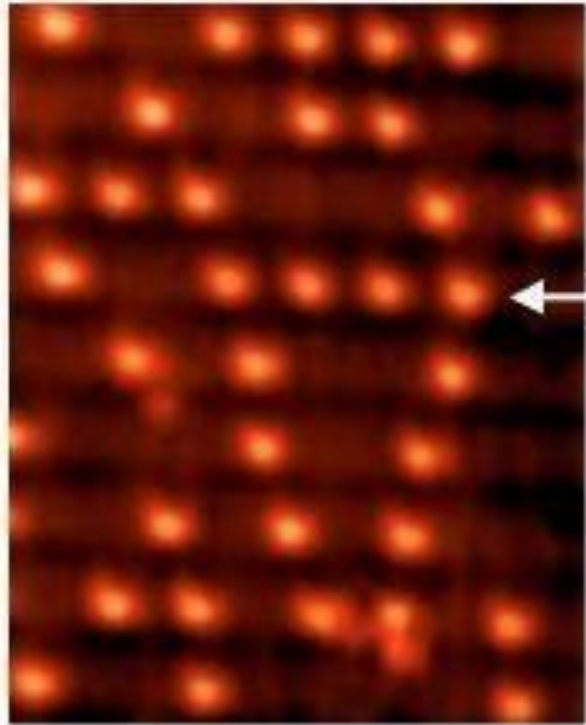
SILIZIUM-SPEICHERCHIP

- Aneinanderreihung von Silizium-Atomen in Längsrillen
- Erzeugung von Fehlstellen durch STM (Scanning Tunneling Microscope)
- Auswertung
 - Fehlstellen = NULL
 - Atom = EINS

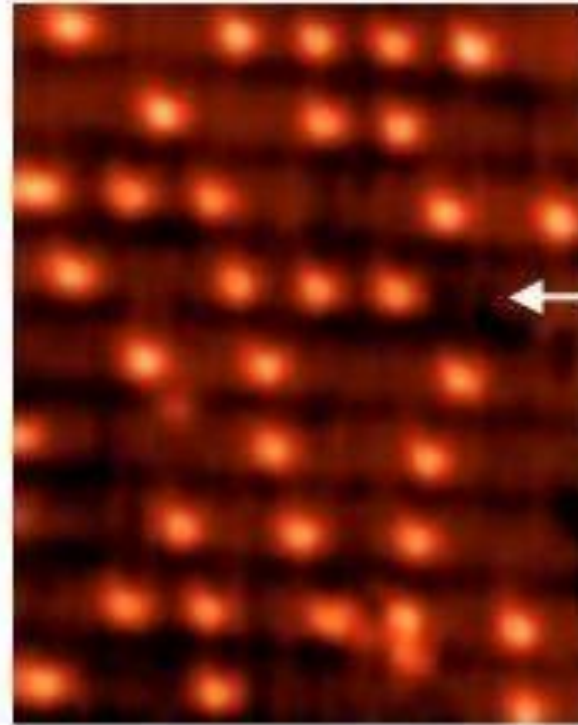


SILIZIUM-SPEICHERCHIP

Writing a Zero:



← Before



← After



SILIZIUM-SPEICHERCHIP

- Kommerzielle Nutzung wird noch Jahre dauern
- Speicherdichte ist enorm!
- Nachteile:
 - Es wird ein Vakuum benötigt
 - STM ist sehr langsam und teuer

MILLIPEDE



- Thermomechanischen Speichertechnik bei der Bits in Molekülgröße gespeichert werden
- Lochkartenprinzip im Nanometerbereich
 - Inhalte können auch gelöscht und Überschrieben werden
- Verspricht eine Speicherdichte von einem Terabit pro Quadratzoll

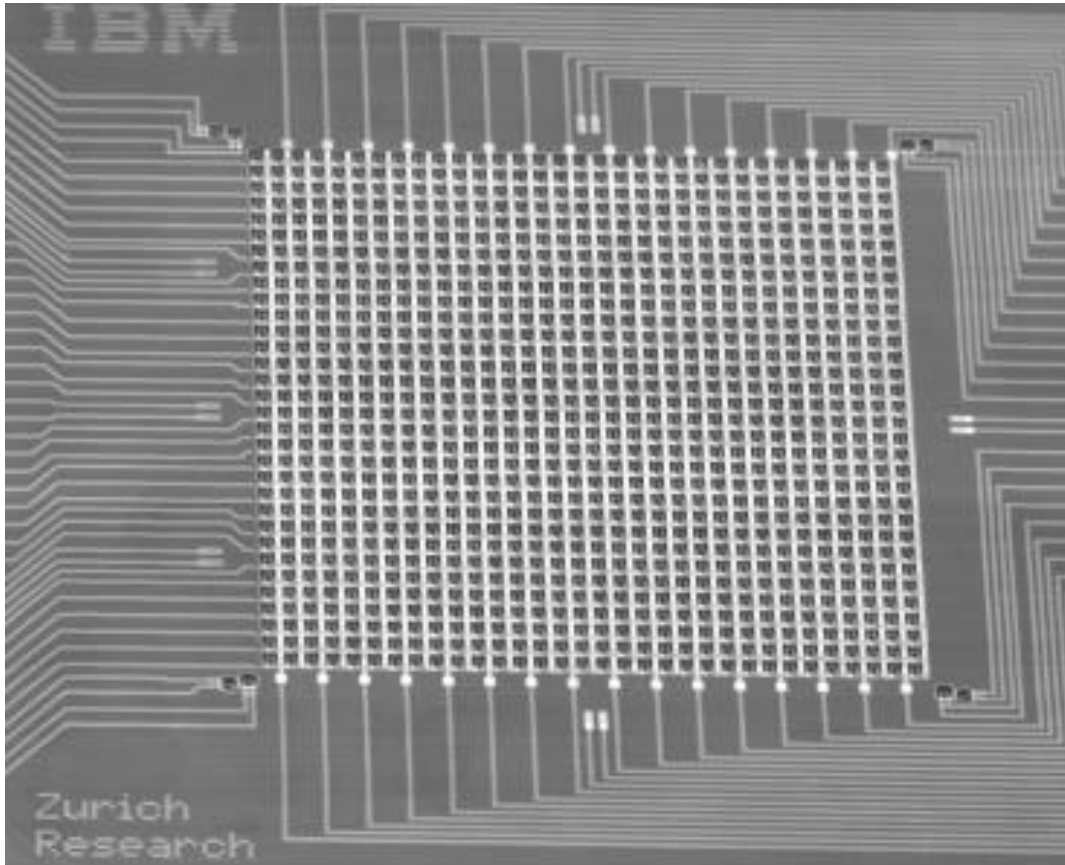


MILLIPEDE

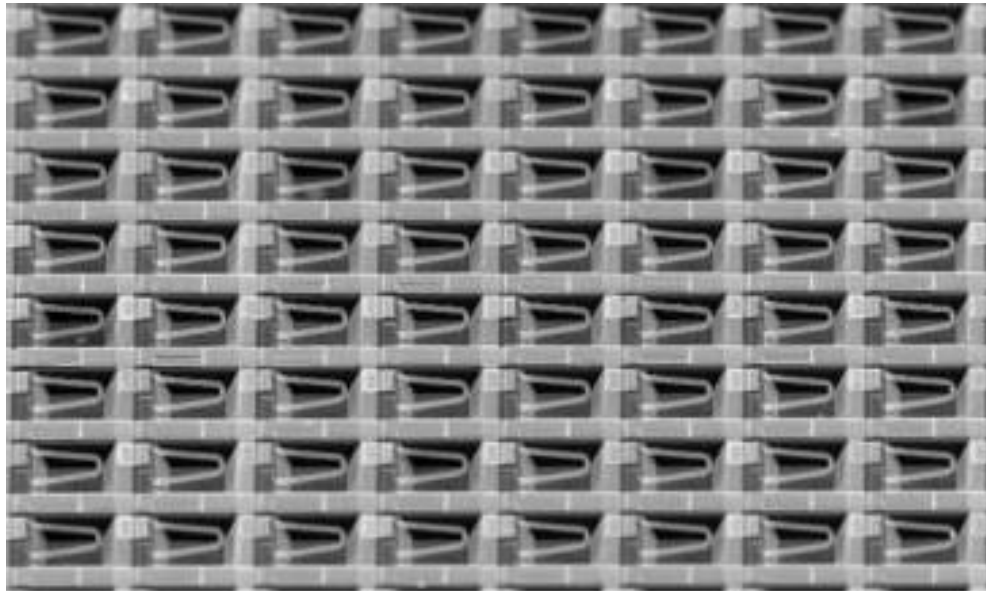
- Hebelarme (Kantilever) die $0,5 \mu\text{m}$ dünn und $70 \mu\text{m}$ lang sind bewegt sich über eine Polymerfilm
- Durch die Siliziumspitze der Hebelarme können Löcher in das Polymermaterial gebrannt werden
- Gelesen wird dann:
 - Loch = EINS
 - Kein Loch = NULL



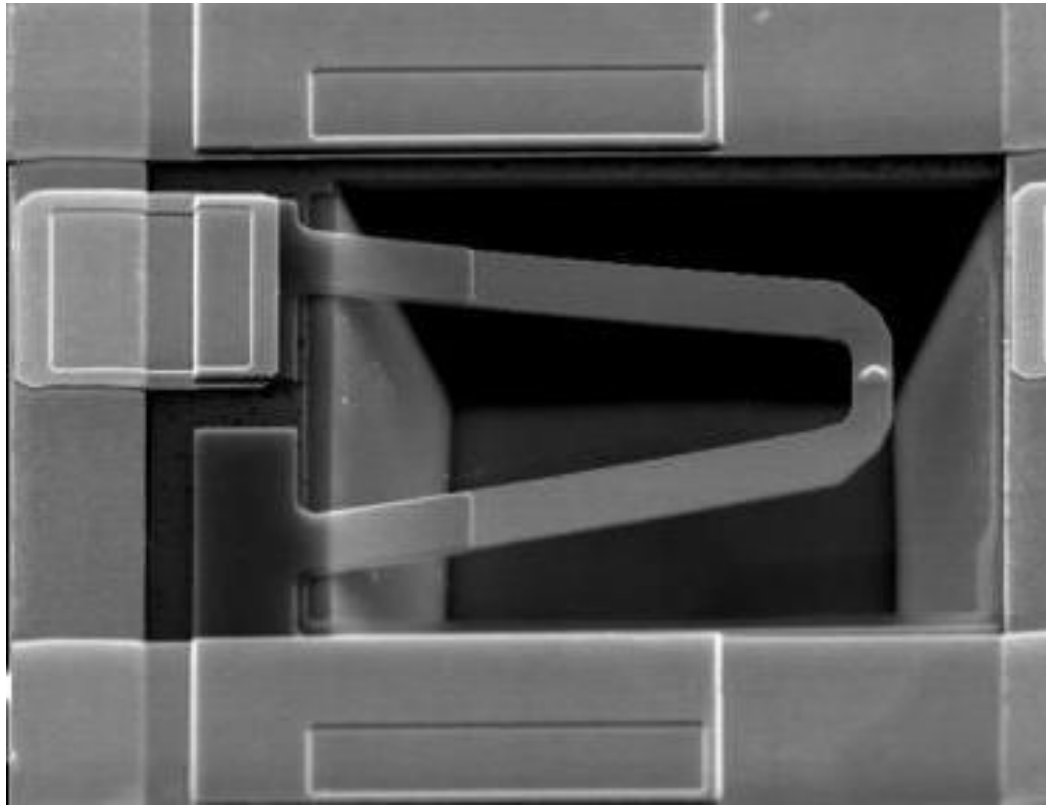
32 X 32 ELASTISCHEN FEDERZUNGEN



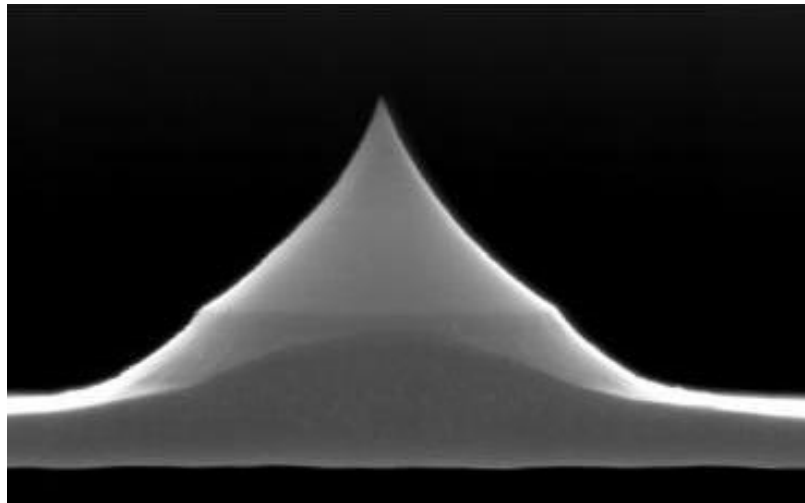
FEDERZUNGEN



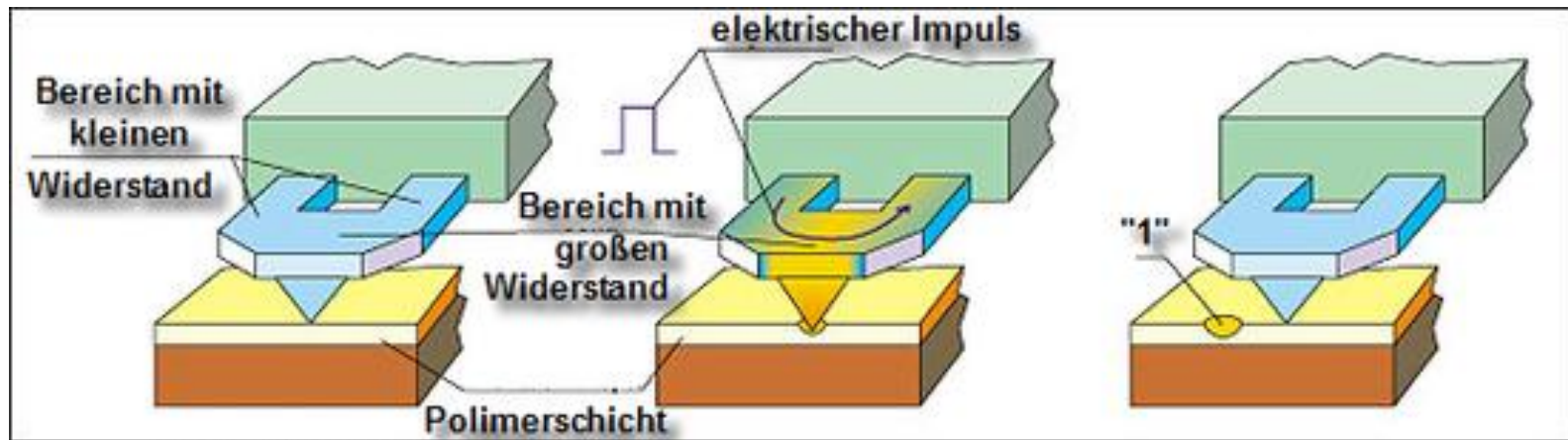
KANTILEVER



KEGELSPITZE



SCHREIBVORGANG



MILLIPEDE

- Beim Eintauchen der spitze in einen Krater wird der Wärmeaustausch erhöht was zu einer Verringerung des elektrischen Widerstands führt
- 100.000 Überschreib-Zyklen
 - ➔ Kein WORM
- Könnte als Ersatz für Flash-Speicherkarten dienen
- Technologie könnte innerhalb von 2-3 Jahren auf den Markt kommen



FERROELECTRIC RANDOM ACCESS MEMORY

- Nichtflüchtiger elektronischer Speichertyp
- Verkleinerung der Bitzelle steht dabei im Vordergrund
- Es soll eine Speicherdichte von 4 Pbit/in² erreicht werden
 - ➔ Schon in Produktion bei Fujitsu

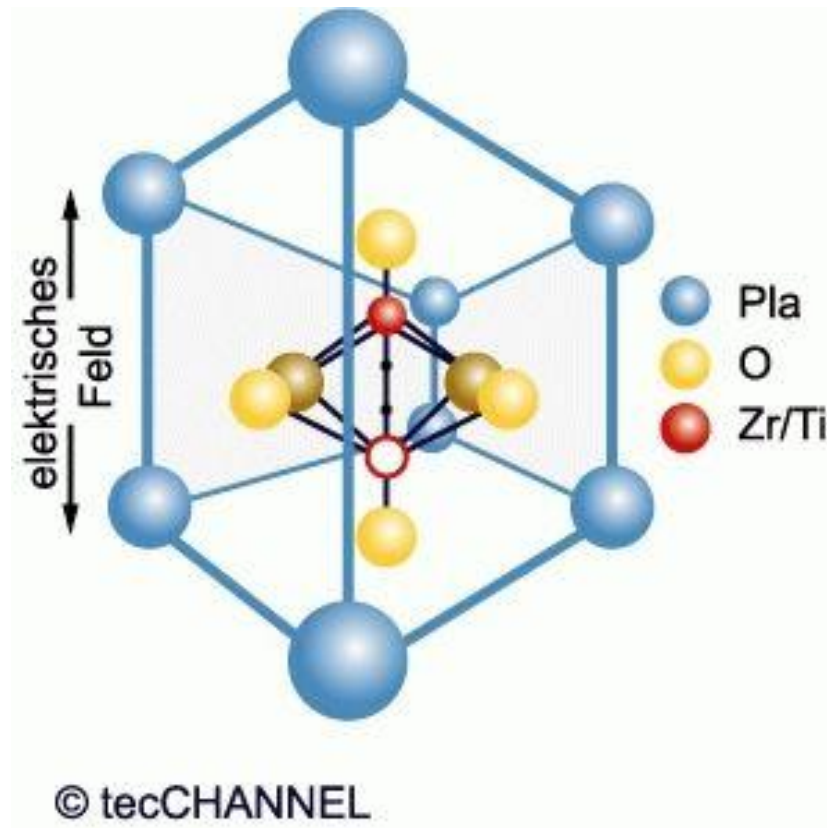


FRAM/FERAM

- Verwendung eines Kondensators mit ferroelektrischen Eigenschaften
- elektrischer Dipol hält die Information
- Speicherung von Informationen durch Änderung der Polarisationsrichtung
- Neubeschreibung der Bitzelle nach dem Lesevorgang



FRAM/FERAM



FRAM/FERAM

- Werden seit fast 30 Jahren bei Ramtron in Colorado Springs, USA, entwickelt
- Es wurden bereits mehr als 40 Millionen FRAM-Chips produziert
- Verfall durch
 - Depolarisierung
 - Imprint

PHASE-CHANGE RAM

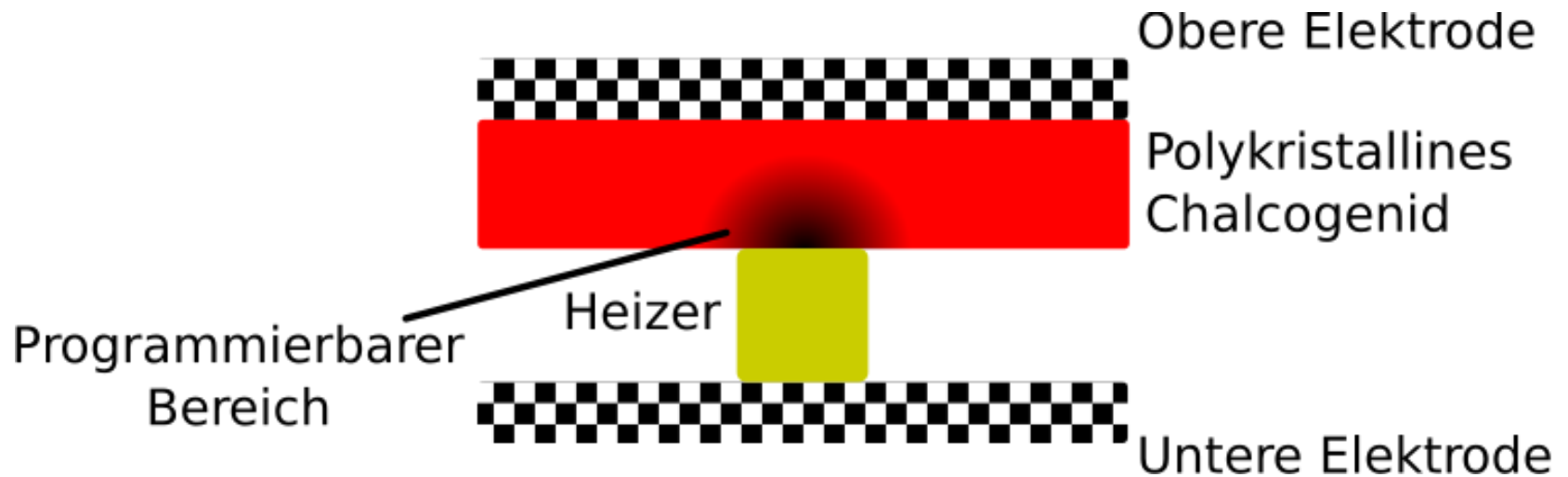
- Nichtflüchtiger Speicher
- Speicherprinzip: thermisch gesteuerte Änderung des elektrischen Widerstandes des Speichermaterials
- Wechsel zwischen amorphem (hoher Widerstand) und kristallinen Zustand (geringer Widerstand)
 - Durch Messung der Stromstärke erkennbar

PHASE-CHANGE

- Speichermaterial besteht aus einer Chalkogenid-Legierung



PHASE-CHANGE SPEICHERVERFAHREN



PHASE-CHANGE

- Eignet sich als Random Access Memory
- Möglicher Ersatz für:
 - DRAM
 - SRAM
 - und Flash-Speicher (OUM)
- Massenproduktion seit April 2010 durch Samsung und Numonyx

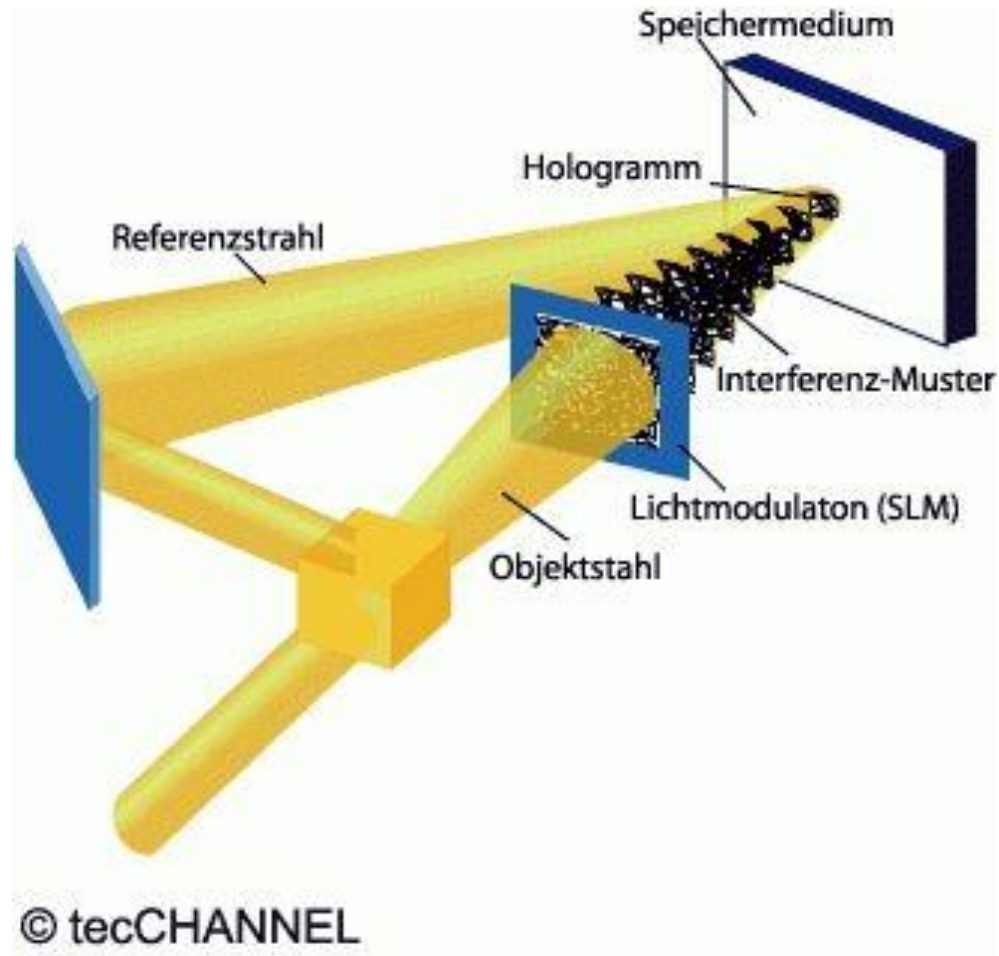
OVONIC-UNIFIED-MEMORY

- Beruht auf der Phase-Change Technik
- Gespeichert wird auf einer Legierung aus Germanium, Antimon und Tellur
- Möglicher Flash-Nachfolger
 - Doppelt soviel Speicherzyklen
 - Geringer Platzbedarf
 - Schnellerer Phasenwechsel
 - Geringerer Strombedarf (1V)

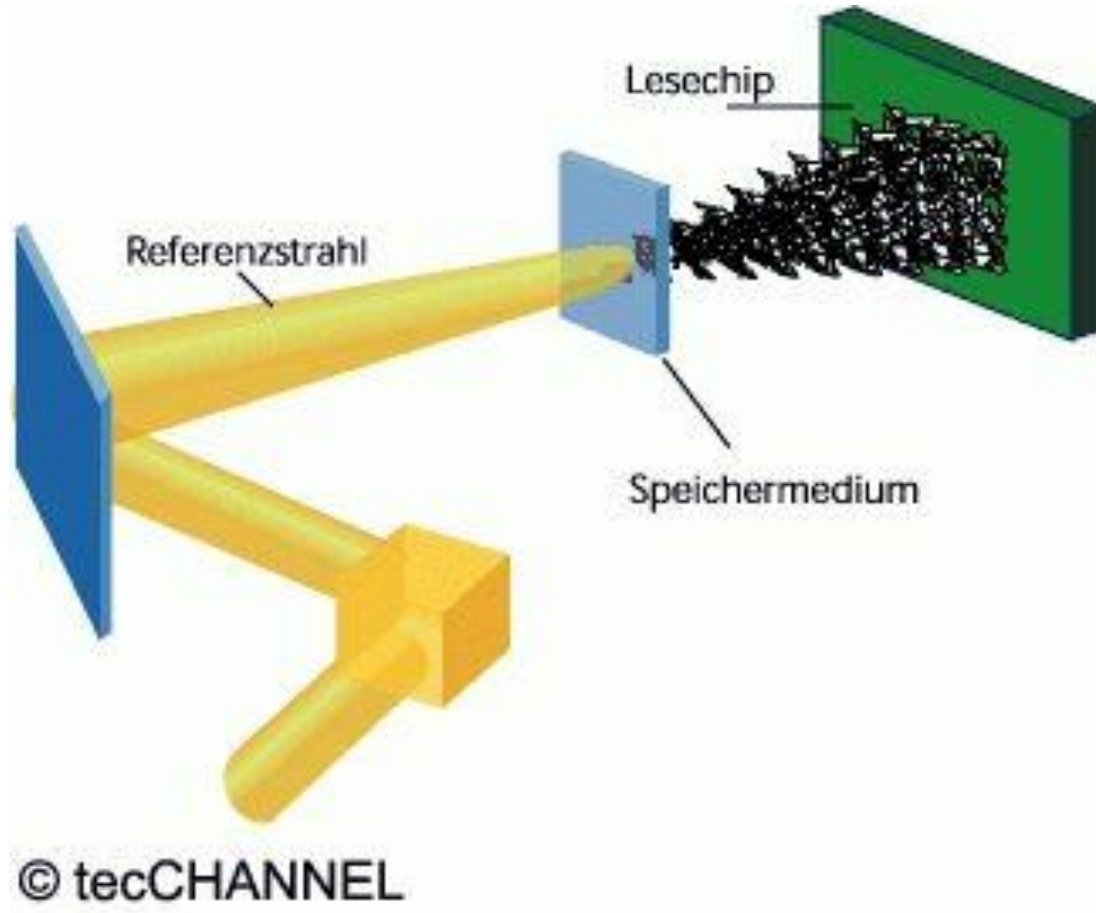
HOLOGRAPHISCHE SPEICHERTECHNIK

- Ermöglichen hohe Speicherdichten
 - Durch 3D-Nutzung von Speichermedien
- Seit ca. 50 Jahren in Entwicklung
- Erzeugung von Hologrammen durch Überlagerung von zwei Lichtstrahlen
 - Diese verändern den Zustand des Speichermaterials

HOLOGRAPHISCHE SPEICHERTECHNIK



HOLOGRAPHISCHE SPEICHERTECHNIK



HOLOGRAPHISCHE SPEICHERTECHNIK

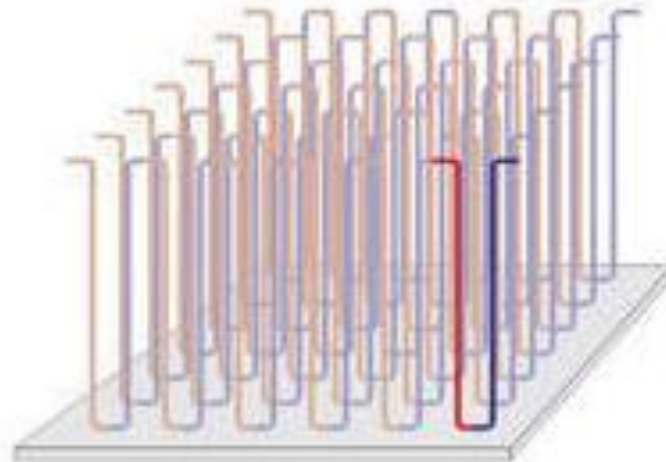
- Ganzer Datensatz wird auf einmal gespeichert oder ausgelesen
 - Kein serieller Bitstrom
- Mehrere Abbildungen ineinander sind möglich
- Hindernisse für die Einführung:
 - Bereitstellung eines passenden Speichermediums
 - Störende Interferenzen

TAPESTRY 300R

- Der Tapestry 300r der Firma InPhase hat eine
 - Kapazität von 300 GB
 - Schreibgeschwindigkeit von 20 MB/s
 - Transferrate von 160 Mb/s
- Die Haltbarkeit des Mediums wird mit 50 Jahren angegeben
- Es handelt sich um eine WORM-Disc (write once read many)

RACETRACK-SPEICHER

- Möglicher Ersatz für die Festplatte
 - Geringere Zugriffszeit
 - Höhere Speicherdichte
- Auf Nanodrähten aus ferromagnetischem Material werden die Bits nebeneinander gespeichert
- Produktionsreife soll 2020 erreicht werden



Racetrack Storage
Array

MRAM

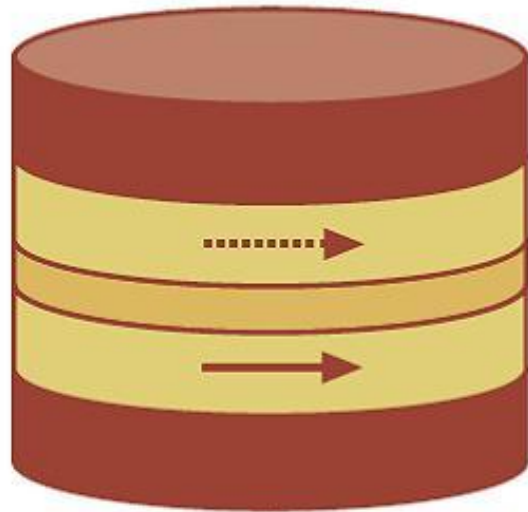
- MRAM-Speicher (Magnetoresistive Random Access Memory) Alternative zu DRAM und SRAM
- Das Grundelement ist eine MRAM-Zelle, diese besteht aus zwei ferromagnetischen Schichten
- Die Speicherung der Daten erfolgt durch die Magnetisierungsausrichtung der zwei ferromagnetischen Schichten
- Das Auslesen der Daten über die Messung des Widerstandes

MRAM

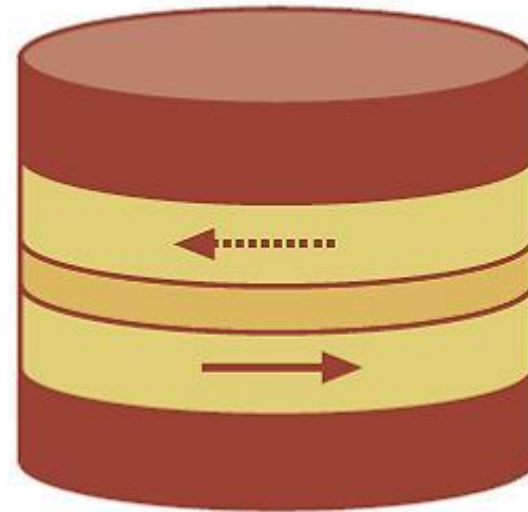
parallele Magnetisierung
von Referenz- und Speicherschicht:
niedriger Widerstand Digitale "0"

Antiparallele Magnetisierung:
hoher Widerstand Digitale "1"

Quelle: Hans Werner Schumacher, PTB



Speicherschicht
Tunnelbarriere
Referenzschicht



Strompuls zur Programmierung und zum Auslesen

MRAM

- Potenzial zum „Universal Memory“, durch
 - Schnelligkeit (schneller als DRAM)
 - Weniger Platzverbrauch
 - Hohe Zuverlässigkeit
 - Datenerhaltung ohne Strom
 - Großer Temperaturbereich

- Probleme bei der Massenproduktion durch
 - Kostenaufwand
 - Speichergröße

QUELLEN

- [http://www.tecchannel.de/storage/extra/402141/zukuenftige_speichertechnologien teil 1/](http://www.tecchannel.de/storage/extra/402141/zukuenftige_speichertechnologien_teil_1/)
- [http://www.tecchannel.de/storage/extra/402142/zukuenftige_speichertechnologien teil 2/](http://www.tecchannel.de/storage/extra/402142/zukuenftige_speichertechnologien_teil_2/)
- [http://www.tecchannel.de/storage/extra/402168/zukuenftige_speichertechnologien teil 3/](http://www.tecchannel.de/storage/extra/402168/zukuenftige_speichertechnologien_teil_3/)
- [http://winfwiki.wifo-fom.de/index.php/Zuk%C3%BCnftige Speichertechnologien und ihre Anwendungsfelder](http://winfwiki.wifo-fom.de/index.php/Zuk%C3%BCnftige_Speichertechnologien_und_ihre_Anwendungsfelder)
- [http://winfwiki.wifo-fom.de/index.php/Leistungsvergleich aktueller Speichertechnologien und zuk%C3%BCnftige Entwicklungen#Zuk.C3.BCnftige Entwicklungen](http://winfwiki.wifo-fom.de/index.php/Leistungsvergleich_aktueller_Speichertechnologien_und_zuk%C3%BCnftige_Entwicklungen#Zuk.C3.BCnftige_Entwicklungen)
- <http://www.bayer.de/de/die-zukunft-beginnt-heute.aspx>

QUELLEN

- 34: Zitat: http://de.wikipedia.org/wiki/Magnetoresistive_Random_Access_Memory
 - <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/com/0807111.htm>
- <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/com/1401031.htm>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Millipede>
- <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/com/0610041.htm>
- <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/com/1401031.htm>
- http://www.tecchannel.de/storage/komponenten/402129/holographische_speichertechnik/
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Superparamagnetismus>
- 29 übernommen: http://winfwiki.wifom.de/index.php/Leistungsvergleich_aktueller_Speichertechnologien_und_zuk%C3%BCnftige_Entwicklungen#Zuk.C3.BCnftige_Entwicklungen

ABBILDUNGEN

- 6: http://www.tecchannel.de/bild-zoom/402141/5/338059/IM_574F4555-D67B-0365-A41034A207B84C71/
- 8: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Feynman at Los Alamos.jpg&filetimestamp=20101202080030>
- 11,12,13: http://www.tecchannel.de/bild-zoom/402141/6/335054/IM_574F4617-9BD9-3970-6861F3F687049C2B/
- 14: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Miliped.png&filetimestamp=20051204152734>
- 18: http://www.tecchannel.de/bild-zoom/402142/2/338115/IM_574F5E04-99F0-AD7F-98E6AC7777C1DB52/
- 21: http://www.tecchannel.de/bild-zoom/402142/3/338094/IM_574F5E6B-0348-1592-224386D473069038/
- 22: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:PhaseChangeMemory.svg&filetimestamp=20080629115543>
- 26,27: http://www.tecchannel.de/storage/komponenten/402129/holographische_speichertechnik/index5.html
- 31: http://winfwiki.wifom.de/index.php/Zuk%C3%BCnftige_Speichertechnologien_und_ihre_Anwendungsfelder#Holografische_Speicher
- 33: http://winfwiki.wifom.de/index.php/Leistungsvergleich_aktueller_Speichertechnologien_und_zuk%C3%BCnftige_Entwicklungen#Zuk.C3.BCnftige_Entwicklungen