

# SSD - Solid State Drive

Proseminar „Speicher- und Dateisysteme“

Sven Schefer

Universität Hamburg  
Fachbereich Informatik

2. März 2011

# Inhaltsverzeichnis

① Einleitung

② Physik

③ Funktion

④ Fazit

# Kapitel 1

- ① Einleitung
  - Geschichte
  - Eigenschaften
  - Performance
- ② Physik
- ③ Funktion
- ④ Fazit

# Entwicklungsstufen

## 1970er

- Erste elektronisch löschbare ROMs (General Instruments)
- 1 GB RAM SSD  $\approx$  1 Million Dollar

## 1980er

- Erste SSD für einen PC
- Erste Generation von Speicherkarten

## 1990er

- Einsatz in Servern
- Viele Firmen steigen in das SSD Geschäft ein

## 2000er

- 2001: 3,5" Flash SSD mit 14 GB  $\approx$  42.000 Dollar
- 2006: Einsatz in Notebooks
- 2007: SSD ist marktreif

- Bereit für den flächendeckenden Endkundenmarkt
- Stagnierende Verbreitung
- Marktstrategisches Verhalten der Hersteller
  - Herkömmliche Unterscheidungsmerkmale entfallen (Hitze, Geräusche, Energiebedarf)
  - Neue Merkmale entstehen (Software, Schmutzschutz, Controller)
- Kapazitäten bis rund 2 TB
- Hybridfestplatten (HHD)

### Übernahme

Die SSD wird die herkömmliche Festplatte wohl ablösen.

# SSD - Festkörperlaufwerk

- Besteht aus Halbleiterbausteinen
- Flüchtige & nicht flüchtige Datenspeicherung
- Keine beweglichen Komponenten
- Sehr geringe Hitzeentwicklung
- Keine Geräusentwicklung
- Sehr kurze Zugiffszeiten
- Niedriger Energieverbrauch
- Zwei Arten von Speicherchips (Flash, SDRAMs)

## Hybridfestplatte (HHD)

Kombination aus SSD- und herkömmlicher Festplattentechnik.

## Performance

	<b>SSD</b>	<b>HDD</b>
$V_{read}$	510 MB/s	150 MB/s
$V_{write}$	480 MB/s	150 MB/s
$t_{read}$	0,2 ms	3,5 ms
$t_{write}$	0,4 ms	3,5 ms
$W_{wait}$	0,05 - 1,3 W	4 W
$W_{work}$	0,5 - 3 W	6 W
$T_{work}$	-55 - 95 °C	-40 - 70 °C
$N_{read}$	$\infty$	$\infty$
$N_{write}$	0,01 - 5 Mio pro Zelle	$\infty$
Euro	1,39 pro GB	0,06 pro GB

Quelle: [www.ssd-test.de](http://www.ssd-test.de)

# Kapitel 2

## 1 Einleitung

## 2 Physik

Festkörper

Quantenmechanik

Tunneleffekt

## 3 Funktion

## 4 Fazit

Tunneleffekt, Zitat aus [Wikipedia.org](https://de.wikipedia.org/wiki/Tunneleffekt)

„... Technische Anwendungen des Tunneleffekts sind beispielsweise ... und der **Flash-Speicher**“.



# Was ist ein Festkörper

## Festkörper

- Materie im festen Aggregatzustand
- Amorphe und kristalline Festkörper
  
- Eigenschaften
  - Elektrische Leitfähigkeit
  - Deformierbarkeit & Reaktivität
  - Wärmeleitfähigkeit

## Halbleiter

- Diamantenstruktur
- Kovalente Bindung
- Dotierung

Abb. 01: Diamantenstruktur

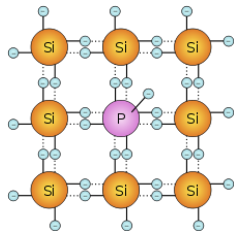


Abb. 02: n-Dotierung von Si

# Quantenmechanik $\Leftrightarrow$ Tunneleffekt

- Physikalische Theorie
- Unschärferelation  $\Delta p \Delta q \geq \hbar/2$  (Heisenberg, NP 1932)
- Pauli-Prinzip (NP 1945)
- Messungen verändern den Zustand eines Systems
- Schrödingergleichung  $i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\Psi(t)\rangle = \hat{H} |\Psi(t)\rangle$  (NP 1933)
- Doppelspaltexperiment

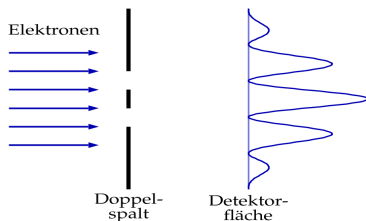


Abb. 03: Schrödingers Katze

Abb. 04: Doppelspaltexperiment

# Tunneleffekt

- Durchdringen einer Barriere ist klassisch verboten
- Schrödingergleichung  $\Rightarrow$  Teilchen-Welle-Dualismus
- QM-Teilchen kann eindringen mit exponentiellen Abklang
- Endliche Breite  $\Rightarrow$  Durchtunnelung
- Anwendung: **FLASH-Speicher**

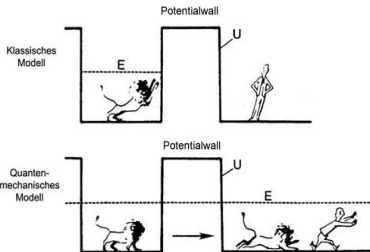


Abb. 05: Tunneleffekt 1

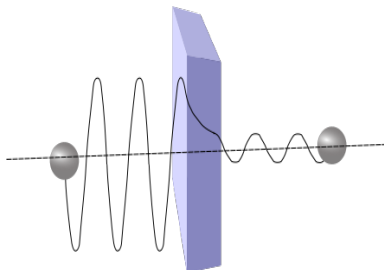


Abb. 06: Tunneleffekt 2

# Kapitel 3

① Einleitung

② Physik

③ Funktion

Solid State Drive

Flash-Speicher

Flash-Speicherzelle

Flash-Speicher: Write, Read, Delete

④ Fazit

# SSD - Aufbau und Funktion

- Speichereinheit und Controller (Co.)
- Speicherzellen besitzen einen Counter
- Zwei Tabellen zur Datenposition
- HDD: Flash als „VIP-Speicher“

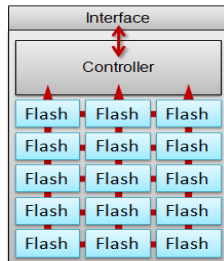


Abb. 07: Schema SSD

- Speicherung als „Stromzustände“
- Countererhöhung nach Löschen
- Schnellzugriff dank PBA
- Co. übernimmt „Wear Leveling“

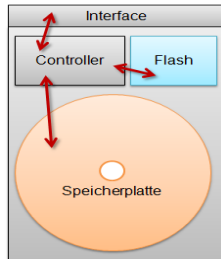


Abb. 08: Schema HDD

# SSD - „Wear Level“ (Verschleißgrad)

## Dynamisch

- Keinen Einfluss auf Schreibgeschwindigkeit
- Geringe Lebensdauererhöhung (Faktor 25)
- Schreiben
  - Vergleich von allen Countern aller freien Zellen
  - Schreiben in die Zelle mit dem niedrigsten Counter

## Statisch

- Mehr Controller-Aktionen ( $V_{write}, W_{write}$ )
- Maximierte Lebensdauer (Faktor 100)
- Schreiben
  - Vergleich von **allen** Countern
  - Schreiben in die Zelle mit dem niedrigsten Counter
  - Verschiebt häufig benutzte (nicht geänderte) Daten in Zellen mit einem hohen Counter

## Flash

- Nicht flüchtiger Speicher auf kleinstem Raum
- Etwas langsamer als ein ROM (read-only-memory)
- Entstehung eng mit der Digitalkamera verbunden
- 1994: SanDisk stellt erste 4 MB CompactFlash vor
- Bits werden in einer Speicherzelle gespeichert
- Speicherzelle: „Floating Gate“



Abb. 09: Samsung SSD



Abb. 10: SanDisk Flash

# Flash - Speicherzelle

- „Floating Gate“ Modell - Isoliertes Gate (Oxidschicht)
- Oxidschicht ist die Tunnelbarriere
- Elektronenbewegung in der Oxidschicht → Alterung
- Speicherzellenstruktur
  - NAND: seriell, Zugriff: blockweise
  - NOR: parallel, Zugriff: einzeln

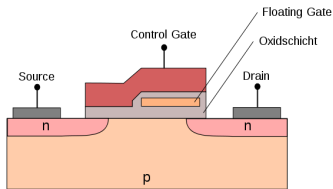


Abb. 11: FET einer Speicherzelle

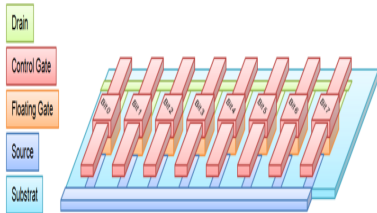


Abb. 12: 1 Byte = 8 Bit in NAND-Struktur



## Flash - Schreiben

- Spannung am Control Gate ( $U \approx +12V$ )
- Spannung am Drain ( $U \approx +6V$ )
- Source-Drain-Stromfluss über NPN-Verbindung
- Elektronen tunneln wegen  $U_{ControlGate}$  ins Floating Gate
- Elektronen sind im Floating Gate „gefangen“

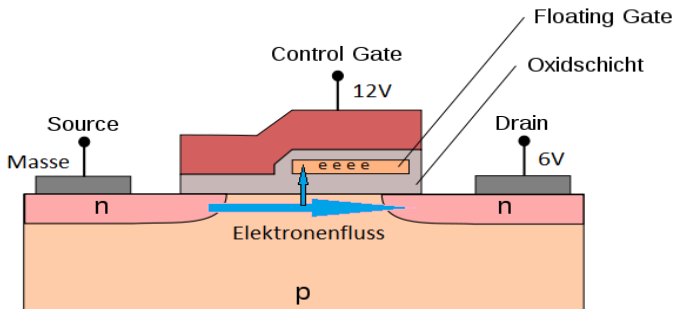


Abb. 13: Flash Schreiben

## Flash - Lesen

- Spannung am Control Gate ( $U \approx +5V$ )
- Spannung am Drain ( $U \approx +1V$ )
- Floating Gate beeinflusst S-D-Stromfluss (Potential)
- FG geladen: Potential wirkt entgegen  $\rightarrow$  Zustand 1
- FG ungeladen : Stromfluss mgl.  $\rightarrow$  Zustand 0

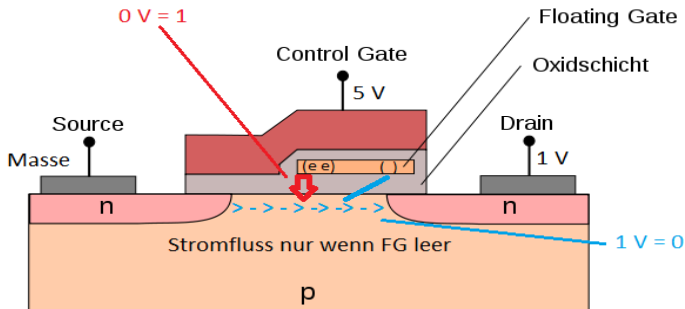


Abb. 14: Flash Lesen

## Flash - Löschen

- Spannung am Control Gate ( $U \approx 0V$ )
- Spannung am Drain ( $U \approx +12V$ )
- Exakte Umkehrung des Speicherprozesses
- Elektronen tunneln zur S-D-Strecke
- FG ist nun wieder ungeladen

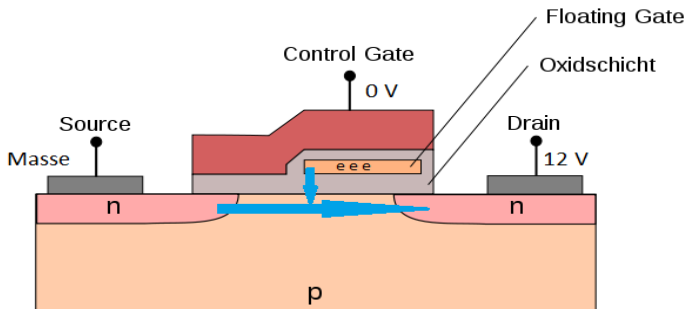


Abb. 15: Flash Löschen

# Kapitel 4

① Einleitung

② Physik

③ Funktion

④ Fazit

Zukunft

Zusammenfassung

Quellen

- Spinpolarisation
  - Elektronen haben eine Spin (up, down)
  - Drei „Stromzustände“ in der Halbleitertechnik
    - Zustand 0: „Strom aus“
    - Zustand 1u: „Strom an mit Spin up“
    - Zustand 1d: „Strom an mit Spin down“
- HDD → Laser-HDD
  - Polarisationsänderung durch Laserlicht
  - Übertragungsraten bis zu 12 TB/s
- Vortrag: „Zukünftige Speichersysteme“

## SSD - Eigenschaften

- Bekannt seit den 1970er, Ablösung der reinen HD
- Vorteile: Hitze, Geräusche, Energie, Abmaße (gering)

## SSD - Physik

- QM: Teilchen-Welle-Dualismus
- Tunneleffekt: Elektronen können Barriere durchtunneln

## SSD - Funktion

- „Wear Leveling“; Zyklus: Löschen → Schreiben
- Flash Speicher: Floating Gate Modell (Tunneleffekt)

# SSD - Solid State Drive

Vielen Dank!

## Abbildungen

- 01,02: <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki>
- 03: <http://homepages.physik.uni-muenchen.de>
- 04: [www.semibyte.de/dokuwiki/nat/graphiken/physik](http://www.semibyte.de/dokuwiki/nat/graphiken/physik)
- 05: <http://de.enc.tfode.com/Quantentunnel>
- 06: [http://home.degnet.de/metten\\_gym/physik/Facharbeit1.htm](http://home.degnet.de/metten_gym/physik/Facharbeit1.htm)
- 07,08,12: [http://winfwiki.wi-fom.de/index.php/Entwicklungspotenziale\\_der\\_Solid\\_State\\_Drives](http://winfwiki.wi-fom.de/index.php/Entwicklungspotenziale_der_Solid_State_Drives)
- 09: <http://www.golem.de/0607/46756.html>
- 10: [http://62.154.248.103/tipps/2003\\_2\\_27\\_10\\_17\\_52/index.html](http://62.154.248.103/tipps/2003_2_27_10_17_52/index.html)
- 11,13,14,15: <http://de.wikipedia.org/wiki/Flash-Speicher> (Bearbeitet)



## Literatur

- Demtröder - „Experimentalphysik 3“
- Ch. Kittel - „Einführung in die Festkörperphysik“
- Nolting - „Grundkurs Theoretische Physik 5/1“
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Flash-Speicher>
- <http://www.flash-speicher.at/aufbau/allgemeine-funktionsweise.html>
- [http://winfwiki.wifom.de/index.php/Entwicklungspotenziale\\_der\\_Solid\\_State\\_Drives](http://winfwiki.wifom.de/index.php/Entwicklungspotenziale_der_Solid_State_Drives)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Solid-State-Drive>
- <http://www.storagesearch.com>
- <http://www.ssd-test.de>
- <http://www.hardware-infos.com/news.php?news=2666>