

SSD - Solid State Drive

Proseminar „Speicher- und Dateisysteme“

Sven Schefer

Universität Hamburg
Fachbereich Informatik

2. März 2011

Inhaltsverzeichnis

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Funktion

Fazit

① Einleitung

② Physik

③ Funktion

④ Fazit

Kapitel 1

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Geschichte
Eigenschaften
Performance

Physik

Funktion

Fazit

- 1 Einleitung
 - Geschichte
 - Eigenschaften
 - Performance

- 2 Physik

- 3 Funktion

- 4 Fazit

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

SSD - Solid State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Geschichte

Eigenschaften

Performance

Physik

Funktion

Fazit

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

Hybridfestplatte (HHD)

Kombination aus SSD- und herkömmlicher Festplattentechnik.

Performance

SSD - Solid State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Geschichte

Eigenschaften

Performance

Physik

Funktion

Fazit

	SSD	HDD
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}	∞	∞
N_{write}	0,01 - 5 Mio pro Zelle	∞
Euro	1,39 pro GB	0,06 pro GB

Quelle: www.ssd-test.de

Kapitel 2

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Festkörper
QM
Tunneleffekt

Funktion

Fazit

① Einleitung

② Physik

Festkörper
Quantenmechanik
Tunneleffekt

③ Funktion

④ Fazit

Tunneleffekt, Zitat aus Wikipedia.org

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

Was ist ein Festkörper

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Festkörper

QM

Tunneleffekt

Funktion

Fazit

Festkörper

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

Halbleiter

- Diamantenstruktur
- Kovalente Bindung
- Dotierung

Abb. 01: Diamantenstruktur

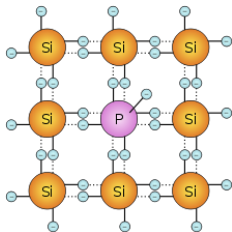


Abb. 02: n-Dotierung von Si

Quantenmechanik $\Leftrightarrow$ Tunneleffekt

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Festkörper
QM

Tunneleffekt

Funktion

Fazit

- 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

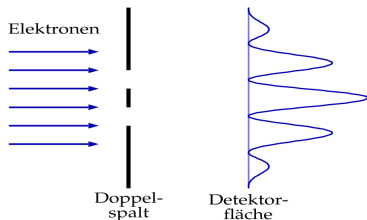


Abb. 03: Schrödingers Katze

Abb. 04: Doppelspaltexperiment

Tunneleffekt

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Festkörper

QM

Tunneleffekt

Funktion

Fazit

- 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**

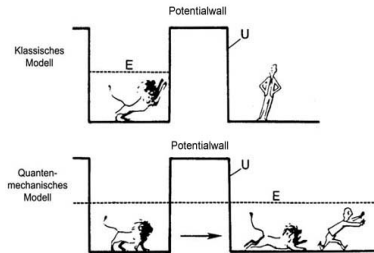


Abb. 05: Tunneleffekt 1

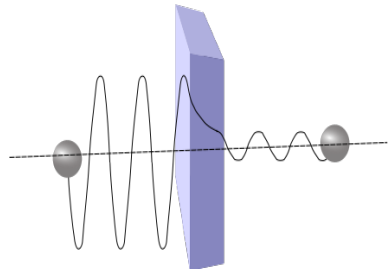


Abb. 06: Tunneleffekt 2

Kapitel 3

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Funktion

SSD

Flash

Flash-Zelle

Flash (wrd)

Fazit

① Einleitung

② Physik

③ Funktion

Solid State Drive

Flash-Speicher

Flash-Speicherzelle

Flash-Speicher: Write, Read, Delete

④ Fazit

SSD - Aufbau und Funktion

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Funktion

SSD

Flash

Flash-Zelle

Flash (wrđ)

Fazit

- Speichereinheit und Controller (Co.)
 - Speicherzellen besitzen einen Counter
 - Zwei Tabellen zur Datenposition
 - HDD: Flash als „VIP-Speicher“
-
- Speicherung als „Stromzustände“
 - Countererhöhung nach Löschen
 - Schnellzugriff dank PBA
 - Co. übernimmt „Wear Leveling“

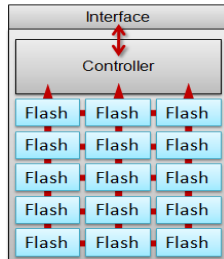


Abb. 07: Schema SSD

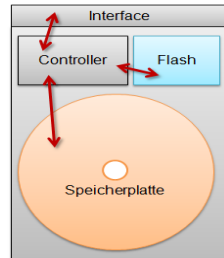


Abb. 08: Schema HDD

SSD - „Wear Level“ (Verschleißgrad)

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Funktion

SSD

Flash

Flash-Zelle

Flash (wrd)

Fazit

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

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Funktion

SSD

Flash

Flash-Zelle

Flash (wrđ)

Fazit

- 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

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Funktion

SSD

Flash

Flash-Zelle

Flash (wrd)

Fazit

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

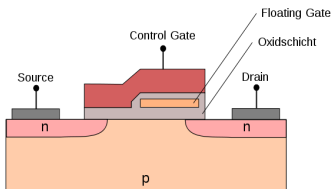


Abb. 11: FET einer Speichzelle

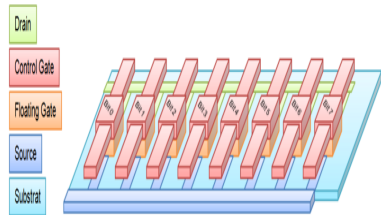


Abb. 12: 1 Byte = 8 Bit in NAND-Stuktur

Flash - Schreiben

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Funktion

SSD

Flash

Flash-Zelle

Flash (wrd)

Fazit

- 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“

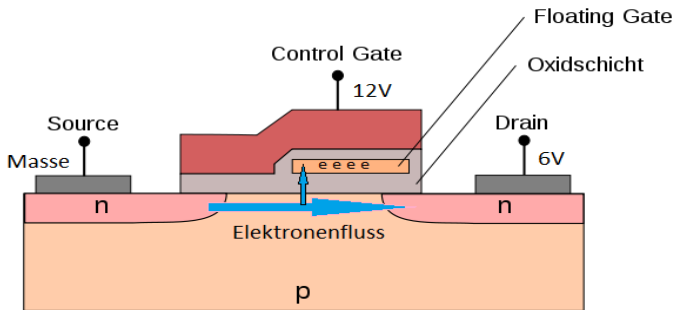


Abb. 13: Flash Schreiben

Flash - Lesen

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Funktion

SSD

Flash

Flash-Zelle

Flash (wrd)

Fazit

- 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

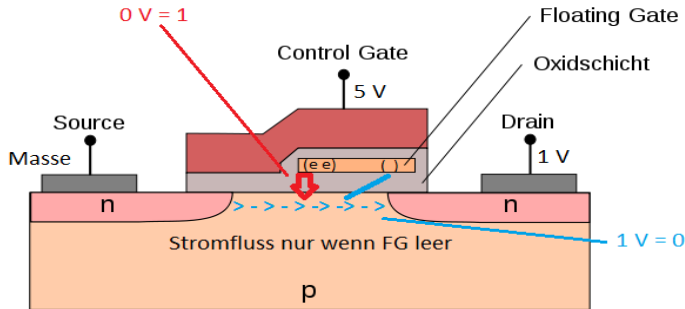


Abb. 14: Flash Lesen

Flash - Löschen

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Funktion

SSD

Flash

Flash-Zelle

Flash (wrd)

Fazit

- 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

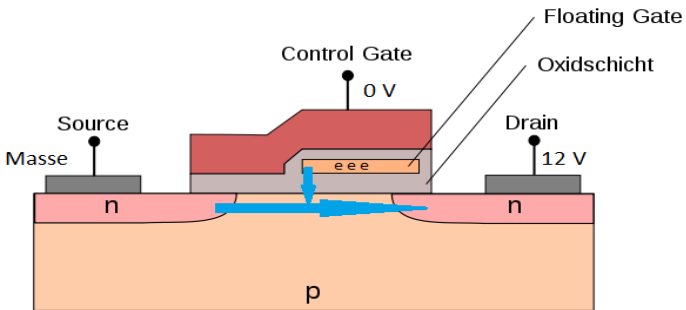


Abb. 15: Flash Löschen

Kapitel 4

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Funktion

Fazit

Zukunft
Zsfg.
Quellen

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: „Zukünfte Speichersysteme“

Zusammenfassung

SSD - Solid
State Drive

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Funktion

Fazit

Zukunft

Zsfg.

Quellen

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

**SSD - Solid
State Drive**

Sven Schefer

Einleitung

Physik

Funktion

Fazit

Zukunft

Zsfg.

Quellen

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
- 05: <http://de.enc.tfode.com/Quantentunnel>
- 06: http://home.degnet.de/metten_gym/physik/Facharbeit1.htm
- 07,08,12: 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
- 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.wi-fom.de/index.php/Entwicklungspotenziale_der_Solid_State_Drives
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Solid-State-Drive>
- <http://www.storageesearch.com>
- <http://www.ssd-test.de>
- <http://www.hardware-infos.com/news.php?news=2666>