

Aktueller Stand von Phase Change Memory

Nico Raschle Lars Hegland
FH-HTW Chur

nico.raschle@tet.htwchur.ch lars.hegland@tet.htwchur.ch

Zusammenfassung

Die Flashspeicher werden Ende dieses Jahrzehnts ihre physikalischen Grenzen erreicht haben. Deswegen wird intensiv nach neuen Speichertechnologien geforscht. Phase Change Memory ist eine mögliche Alternative zu herkömmlichen Speichertechnologien.

Im Gegensatz zu Flash sind die Grenzen bei PCM noch lange nicht erreicht. Der entscheidende Vorteil von PCM ist seine Skalierbarkeit. Dadurch verbessern sich die Eigenschaften bei kleiner werdender Zellgrösse.

Dieser Bericht geht auf den aktuellen Forschungsstand ein, zeigt die bestehenden Probleme auf und gibt einen kleinen Ausblick in die Zukunft dieser Speichertechnologie.

Einleitung

Der ständige Fortschritt ist ein wichtiges Merkmal unserer Zeit, welcher entweder mit neuen Technologien oder durch Weiterentwicklung von Bestehendem erreicht wird.

Bei elektronischen Speichermedien gibt es vier grundsätzliche Arten des Fortschritts, der offensichtlichste ist die Kapazität des Speichers. Dabei wird versucht immer mehr Daten auf immer kleinerem Raum abzulegen. Dafür wird bereits an Speicherchips auf Atomebene geforscht, jedoch wird diese Technologie noch nicht sehr bald zur Verfügung stehen. [1]

Die Geschwindigkeit des Speichermediums ist ebenfalls ein klares Zeichen für die Progression der Technologie. Dabei wird zwischen zwei Schreibvorgängen (setzen und zurücksetzen) und dem Lesevorgang unterschieden. Bei Flashspeicher ist z.B. die Schreibgeschwindigkeit viel langsamer als der Lesevorgang.

Die dritte Fortschrittsdimension ist die Haltbarkeit der Daten. Früher haben die Menschen für die Ewigkeit gebaut, so kennen wir auch heute noch die Jahrtausende alten Pyramiden der Ägypter mit ihren Hieroglyphen. Heute jedoch sind Speichermedien welche nur wenige Jahrzehnte überdauern keine Seltenheit mehr. Es muss jedoch auch unterschieden werden ob das Speichermedium flüchtig ist das heisst, dass die Daten verloren gehen sobald keine Versorgungsspannung mehr vorhanden ist. Wie zum Beispiel beim D-RAM.

Eine letzte grundlegende Angriffsfläche für den Fortschritt bietet die Leistungsaufnahme des Speichermediums. Auch hier wird, wie bei der Geschwindigkeit, zwischen den drei bereits genannten Vorgängen unterschieden. Da immer mehr elektronische Geräte tragbar sind, ist das ein zunehmend wichtiger Faktor.

Zurzeit wird an verschiedenen neuen Technologien geforscht um diesen Fortschritt zu erreichen. Ein Kandidat für die nächste Generation von Speicherchips ist Phase Change Memory, kurz PCM. Diese Technologie greift vor allem Flashspeicher an, welche im Embedded Bereich den Markt dominieren.

Stand der Entwicklung

1920 wurde erstmals beobachtet, dass der elektrische Widerstand bei einer Strukturänderung eines Chalkogenids (Phasenänderndes Material) ebenfalls variiert.

1968 wurde Phase Change Memory als mögliches Speichermedium in Betracht gezogen. Jedoch war die Technologie noch nicht genug ausgereift um mit anderen Speichermedien (Flash, D-/S-RAM) mithalten zu können.

Die Chalkogenide wurden jedoch in der optischen Speicherung weiter erforscht und fanden mit der CD-/DVD-RW einen Markt. Dank diesen Forschungen rückte Phase Change Memory, welches nicht optisch sondern rein elektrisch betrieben wird, wieder in den Blickpunkt der Forschung. [2]

Bei der Optischen Anwendung wird mit einem Laser ein Punkt auf einer CD erhitzt sodass dieser Punkt seinen Zustand ändert (Amorph zu Kristallin und wieder zurück). Beim Phase Change Memory hingegen wird das Chalkogenid mit einem Stromimpuls zur Phasenänderung angeregt.

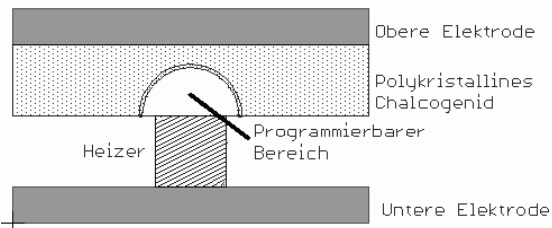


Abb. 1 PCM-Zelle

Durch das Wechseln des Zustands, ändert sich der elektrische Widerstand. So kann zwischen zwei, oder auch mehr, Zuständen unterschieden werden. Durch das Unterscheiden von mehr als zwei Zuständen kann noch mehr Information in einer einzigen Zelle gespeichert werden. Dies bringt jedoch Probleme bei der Auswertung der Zustände mit sich, da diese näher beieinander liegen.

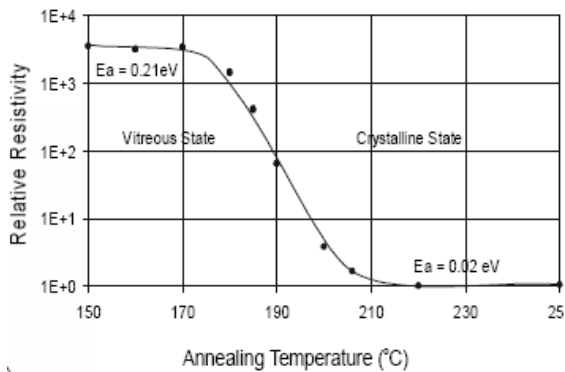


Abb. 2 Relativer Widerstand im Verhältnis zum Zustand

Zurzeit existieren bereits verschiedene Prototypen von Phase Change Memory. Samsung, weltweit führender Speicherbaustein Hersteller, stellte bereits 2006 einen 512Mbit Baustein vor. 2007 wurde auch von Intel ein PCM-Chip angekündigt mit 128Mbit Kapazität. Dies ist im Vergleich zu Flash-Speicher noch sehr wenig.

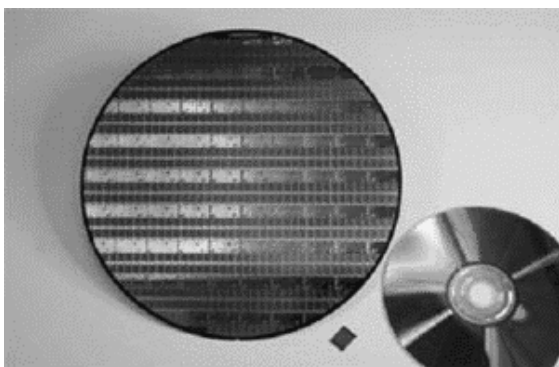


Abb. 3 PCM Wafer mit 90nm Zellgrösse (und CD)

Skalierbarkeit

Verschiedene Tests versprechen Phase Change Memory eine gute Zukunft, so sollen sich die Eigenschaften mit kleiner werdenden Grösse verbessern. So wird weniger Strom benötigt, da weniger Material erhitzt werden muss, aber auch die Geschwindigkeit soll sich erhöhen.

	Isotropic Scaling	Aggressive Scaling
Parameters		
GST/Electrode Contact Area	$1/k^2$	$1/k^2$
GST Layer Thickness	$1/k$	1
Electrical/Thermal Resistance	k	k^2
Power Dissipation	$1/k$	$1/k^2$
Current	$1/k$	$1/k^2$
Voltage	1	1
Current Density	k	1

Abb. 4 Skalierungseigenschaften von PCM

Wie in Abb. 4 zu sehen verbessern sich die meisten Eigenschaften von PCM je kleiner die Zellen werden. Der elektrische Widerstand schrumpft jedoch ebenfalls mit der Grösse. Dadurch wird es schwieriger die Zustände voneinander zu unterscheiden.

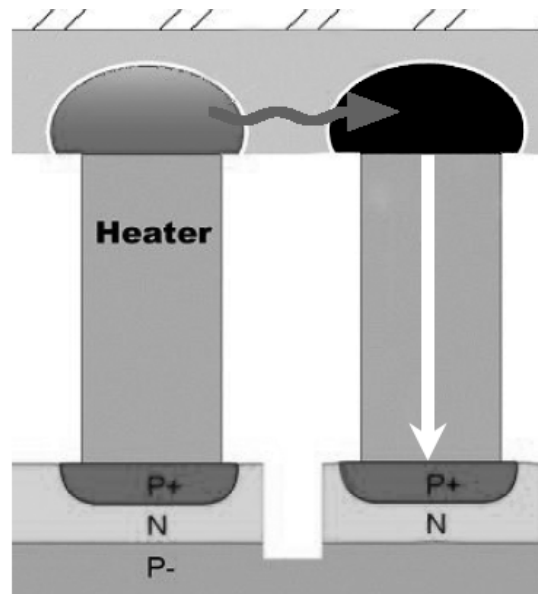


Abb. 5 Thermales Übersprechen zwischen zwei Zellen

Ein Problem, welches automatisch mit kleiner werdender Zellgrösse verschwindet, ist das thermale Übersprechen auf andere Zellen.

Die Skalierungseigenschaften von PCM sind allgemein viel versprechend, da einige Probleme durch Verkleinerung automatisch gelöst werden. Die Forschung profitiert davon, da Sie sich auf

andere, eventuell auftretende Probleme konzentrieren kann.

Anwendungsgebiete

Durch die 30 Mal höhere Schreib- und Lesegeschwindigkeit im Vergleich zu Flash eignet sich PCM als Ersatz für heute übliches RAM wie DRAM oder SRAM.[3] Zudem hat PCM viel weniger Abnutzungserscheinungen, wie sie etwa bei Flash durch Verschleiss der Oxidschicht am Floating-Gate auftreten können.

Mit PCM als Ersatz von herkömmlichem RAM würde das bisherige Booten von Computern entfallen. Da die Daten im Speicher nicht mehr flüchtig sind, wären nach einem An/Ausschaltvorgang noch alle Daten vorhanden. Dies hätte zum Einen den Vorteil, dass Zeit und Strom gespart werden könnten und zum Zweiten gäbe es keine Datenverluste mehr durch einen Absturz des Betriebssystems oder Stromausfalles. Leider hat auch dieser Aspekt des PCM einen Nachteil, den Datenschutz. Schon bei flüchtigen Speichern ist es gelungen, mittels Kältespray, die Daten für einige Minuten „haltbar“ zu machen, um dann Systempasswörter auslesen zu können [1]. PCM leistet diesem Sicherheitsloch Vorschub indem die Daten nicht mehr flüchtig sind. Es ist somit noch einfacher möglich an vertrauliche Daten im RAM zu kommen.

Mobile Geräte mit PCM anstatt Flash wären kleiner oder hätten mehr Speicherplatz zur Verfügung. Der Stromverbrauch wird reduziert, was eine längere Akkulaufzeit garantiert.

Zukunftsaussichten

PCM wird seine Marktreife voraussichtlich ab ca. 2010 erreichen. Momentan ist es noch nicht möglich den Speicher klein genug herzustellen, damit er auch preislich mit Flash konkurrieren kann. Dies liegt vor allem daran, dass erst daran geforscht wird und noch keine grosse Produktion stattfindet. Die momentan vorliegenden Testprodukte befinden sich alle im 100-200nm Bereich. Die theoretische Grenze der Skalierbarkeit liegt jedoch bei unter 5nm.

Eines der grössten Probleme von PCM ist der hohe Schreibstrom. Dieser wird benötigt um eine Zustandsänderung des Chalkogenids hervorzurufen und liegt beim Reset-Vorgang bei bis zu 800 μ A. [5]

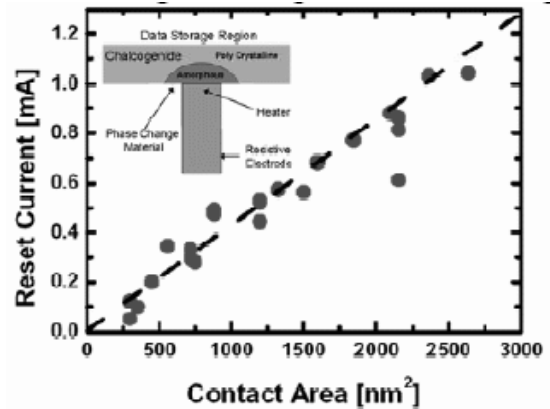


Abb. 6 Reset-Strom im Verhältnis zur Kontaktfläche

Dieser Strom ist jedoch für herkömmliche CMOS-Transistoren in Polysilizium-Gate-Technik zu hoch. Um das Problem zu umgehen gibt es verschiedene Ansätze. Erhöht man den Widerstand des Phasenwechselmaterials, sinkt in Folge des Ohmschen Gesetzes der Strom. Dies kann erreicht werden indem das Material mit z.B. Zinn dotiert wird. Der Einsatz von bipolaren Transistoren scheint logisch, ist aber infolge der immensen Kostensteigerung uninteressant. [4]

Fazit

Phase Change Memory ist ein vielversprechender Kandidat als zukünftiges Speichermedium. Es punktet in fast allen Bereichen. PCM hat schnelle Schreib- und Lesezyklen, eine lange Datenhaltbarkeit sowie ein nicht allzu hoher Energieverbrauch beim Betrieb. Desweiteren verspricht PCM weitaus kleinere Zellgrössen als aktuelle Technologien wie z.B. Flash.

Phase Change Memory muss sich jedoch noch in der Produktion beweisen, es muss zeigen, dass es sich auch in grosser Menge herstellen lässt. Ein Vorteil in dieser Hinsicht ist, dass es kompatibel mit aktuellen Herstellungsverfahren ist.

Quellen

- [1] Speichern auf molekularem Niveau
Letzter Aufruf am 30.05.2008
<http://www.heise.de/tr/Speichern-auf-molekularem-Niveau--/artikel/84937/0/6>
- [2] Phase-change random access memory
Letzter Aufruf am 30.05.2008
http://de.wikipedia.org/wiki/Phase-change_random_access_memory
- [3] Cold Boot Attacks on Encryption Keys.
Letzter Aufruf am 30.05.2008
<http://citp.princeton.edu/memory>
- [4] Quick Study: Phase-Change Memory
Letzter Aufruf am 30.05.2008
<http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&articleId=289776&pageNumber=1>
- [5] Greg Atwood & Roberto Bez (2005)
Current Status of Chalcogenide Phase Change Memory