



Syslogic White Paper

pSLC (Pseudo Single Level Cell): Was taugt die neue Flash-Technologie?

1. Einleitung

2. Funktionsweise von NAND-Flash-Speichern

2.1 Allgemeine Funktionsweise von NAND-Flash-Speichern

2.2 Funktionsweise von SLC- und MLC-NAND

3. MLC-Speicher in Fast Page Mode

4. MLC-Speicher mit pSLC-Technologie

5. Zusammenfassung

1 Einleitung

NAND-Flash-Speicher sind im Gegensatz zu Harddisks unempfindlich gegen Schocks und Vibrationen. Dadurch eignen sie sich ideal für Industrieanwendungen. Nachteilig sind hingegen die beschränkten Schreib- und Lesezyklen von NAND-Speichern. Trotzdem eignen sie sich für Anwendungen, die eine lange Lebensdauer verlangen. Vorausgesetzt die Speicher werden bedarfsgerecht evaluiert.

Lange wurden für anspruchsvolle Industrieanwendungen ausschließlich SLC-NAND-Speicher (Single Level Cell) eingesetzt. Gerade bei großen Speicherkapazitäten sind SLC-Speicher aber recht teuer. Nachdem es Speicherherstellern gelungen war, mit ausklügelten Algorithmen MLC-Speicher deutlich langlebiger zu machen, wurden vermehrt MLC-Speicher in der Industrie eingesetzt. Allerdings reichen diese niemals an die Langlebigkeit von SLC-Speichern heran.

Neu mischt die pSLC-Technologie (Pseudo Single Level Cell) den industriellen Flash-Markt auf. Vereinfacht gesagt, wird bei der pSLC-Technologie (Pseudo Single Level Cell) nur ein Bit pro MLC-NAND-Zelle anstelle von zwei Bits gespeichert. Dadurch wird die Lebensdauer der MLC-NAND-Zelle verlängert. Warum das nur die halbe Wahrheit ist und was pSLC wirklich taugt, erfahren Sie in unserem White Paper.

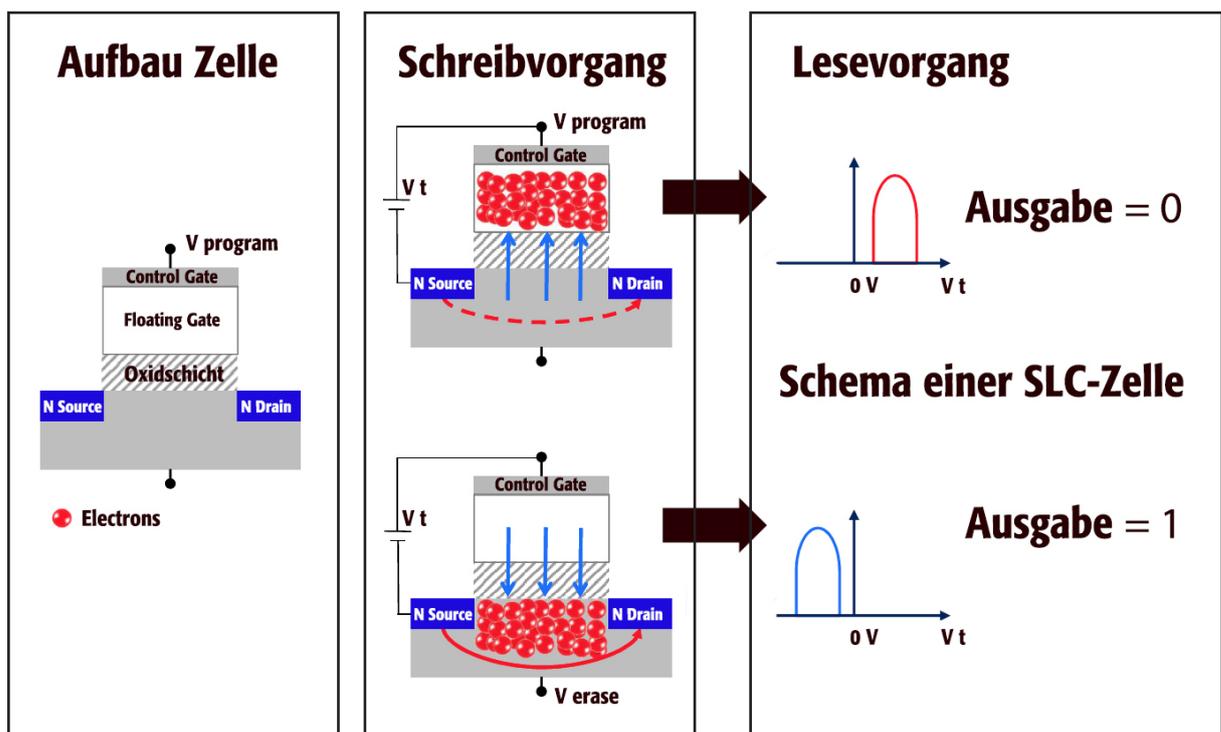
2.1 Die Funktionsweise von NAND-Flash-Speichern im Allgemeinen

Um die pSLC-Technologie (Pseudo Single Level Cell) zu erklären, ist es wichtig, die Funktionsweise eines NAND-Flash-Speichers zu kennen. NAND-Zellen funktionieren mittels eines Transistorkanals (Source–Drain) und zwei Gates, einem Control Gate und einem Floating Gate. Das Floating Gate ist mittels einer Oxidschicht von Control Gate und Transistorkanal isoliert. Werden mittels Speicherspannung Elektronen durch die Oxidschicht hindurch in das Floating Gate gedrückt (Tunneleffekt), werden sie dort permanent gehalten, auch ohne Spannung.

Zum Auslesen der Speicherzelle wird eine Lesespannung an den Transistor gelegt und der Strom, der zwischen Source und Drain fließt, gemessen. Ist das Floating Gate geladen, es befinden sich also viele Elektronen im Floating Gate, wird der Zustand Null ausgelesen. Das, weil kein Strom zwischen Source und Drain fließt.

Mittels Löschspannung können die Elektronen wieder freigesetzt werden. Befinden sich also wenig Elektronen im Floating Gate, wird der Zustand Eins ausgelesen, weil Strom zwischen Source und Drain fließt.

Alle NAND-Zellen nützen sich mit der Zeit ab und die Oxidschicht zersetzt sich. Je dicker die Oxidschicht ist, desto langsamer schreitet dieser Prozess voran. Entsprechend sind NAND-Speicher mit großen Shrink langlebiger als solche mit kleinen Shrink. Die Zeit, in der eine einmal eingespeicherte Information fehlerfrei bleibt, heißt Retention. Eine hohe Retention erreichen also NAND-Zellen mit einer dicken Oxidschicht.



2.2 Funktionsweise von SLC- und MLC-NAND

SLC-Speicher kennen nur zwei Ladungszustände, fast keine oder sehr viele Elektronen im Floating Gate. Bei MLC-Speichern werden mit unterschiedlichen Spannungsniveaus vier verschiedene Ladungszustände pro Zelle gespeichert, das entspricht 2 Bits.

SLC-NAND mit Abnutzungserscheinungen sind wesentlich länger auslesbar als MLC-NAND mit Abnutzungserscheinungen. Bei nur zwei Ladungszuständen fällt die Zuordnung leicht, selbst wenn der Ladungszustand nicht mehr so deutlich ausfällt wie bei einer neuwertigen Zelle. Bei vier Ladungszuständen (MLC NAND) ist die Zuordnung im Vergleich wesentlich schwieriger. Bereits kleine Abnutzungserscheinungen reichen und die Ladungszustände können nicht mehr zugeordnet werden. Entsprechend lassen SLC-Speicher eine vielfach höhere Anzahl an Schreib- und Lesezyklen pro Flash-Zelle zu als MLC-Speicher. Zudem sind SLC-Speicher durch die klaren Spannungsunterschiede wesentlich schneller als MLC-Speicher.

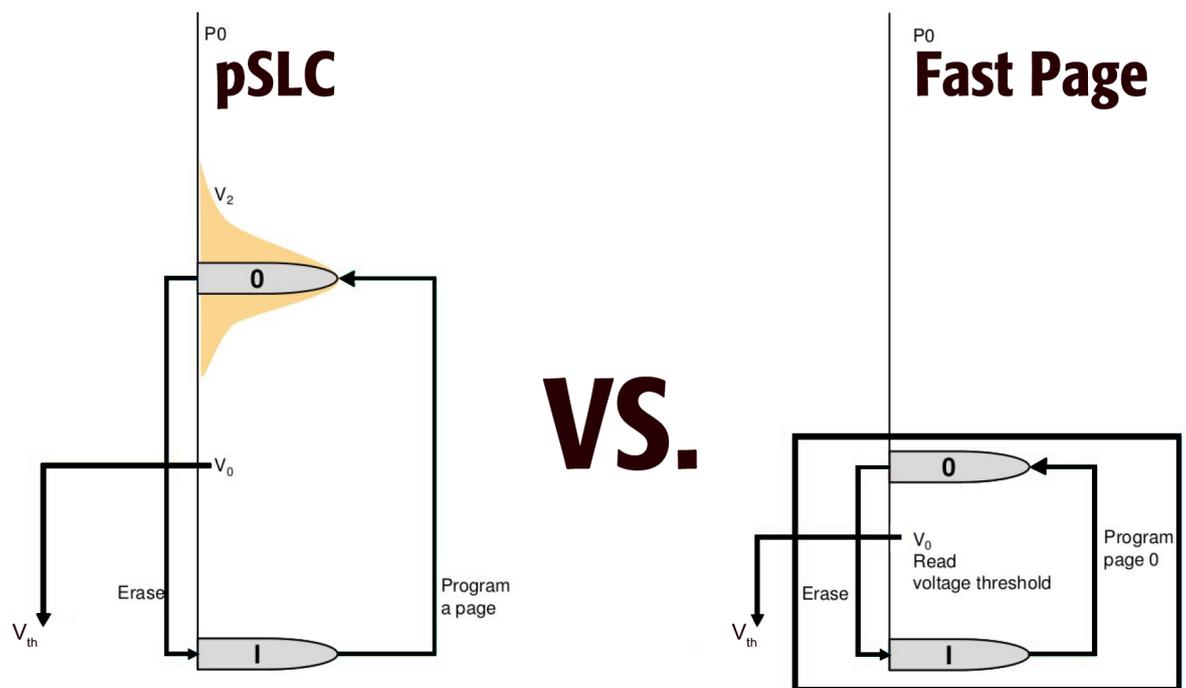
3 **Fast Page Mode ist nicht pSLC**

Es gibt die Möglichkeit, MLC-NAND zu nutzen aber nur ein Bit darauf zu speichern. Für diesen Ansatz gibt es die Bezeichnung Fast Page Mode, einige Hersteller sprechen von MLC+ oder Turbo Mode. Der Vorteil des Fast Page Mode liegt wie der Name schon sagt, vor allem in der Geschwindigkeit. Lese- und Schreibgeschwindigkeit werden zu Lasten der Speicherkapazität erhöht. Sämtliche MLC-NAND-Speicher können im Fast Page Mode betrieben werden, ohne dass Anpassung an der Firmware nötig werden. Der Nachteil ist, dass die Lebensdauer (Endurance) der einzelnen Flash-Zelle (NAND) gegenüber herkömmlich genutzten MLC-Speichern nur unwesentlich höher ist. Zwar werden im Fast Page Mode nur zwei Ladungszustände abgespeichert, doch ist der Unterschied der Spannungsniveaus gleich klein wie bei vier Ladungszuständen. Entsprechend kommen die oben erwähnten Nachteile von MLC-NAND zum Tragen: Fehleranfälligkeit durch schwierige Zuordnung der Spannungsniveaus, beschränkte Schreib- und Lesezyklen, daher beschränkte Lebensdauer.

4 pSLC dank deutlicher Spannungsunterschiede haltbarer als MLC im Fast Page Mode

Bei der pSLC-Technologie (Pseudo Single Level Cell), teilweise auch SLC Light genannt, werden die MLC-NAND ebenfalls mit nur einem Bit beschrieben. Gleichzeitig werden aber auch die Spannungsunterschiede zwischen den beiden Ladungszuständen vergrößert. Durch die deutlichen Spannungsunterschiede kommen die Vorteile von SLC-Speichern zum Tragen. Die Ladungszustände können einfacher zugeordnet werden als beim Fast Page Mode oder bei herkömmlich genutzten MLC-NAND, was mehr Schreib- und Lesezyklen erlaubt. Gleichzeitig sorgen die deutlichen Spannungsunterschiede für verminderte Anfälligkeit auf Datenfehler. Entsprechend sind die Datensicherheit und die Langlebigkeit von pSLC-Speichern deutlich besser als die von herkömmlichen MLC-Speichern oder von MLC-Speichern im Fast Page Mode.

Um die Spannungsunterschiede zwischen den Ladungszuständen zu vergrößern, muss der Speicherhersteller allerdings die Firmware anpassen. Im Gegensatz zum Fast Page Mode sind bei der pSLC-Technologie spezielle MLC-NAND nötig, welche die pSLC-Technologie unterstützen.



5 Lösen pSLC-Speicher SLC-Speicher ab?

Mit der pSLC-Technologie kann die Lebensdauer von MLC-NAND deutlich erhöht werden. Bei pSLC ist nur die Hälfte der physischen Speicherkapazität verfügbar. Ein 32-GB-pSLC-Speicher ist also rein physikalisch ein 64GB-MLC-Speicher. Die Lebensdauer wird aber durch die größeren Spannungsunterschiede der Ladungszustände nicht nur verdoppelt, sondern versechsfacht. Daher sind pSLC-Speicher für viele Anwendungen eine lohnende Investition.

In Puncto Lebensdauer kann pSLC klassischen SLC-Speichern aber nicht das Wasser reichen. pSLC basiert auf MLC-NAND-Technologie, dieser Umstand lässt sich nicht verbergen. Entsprechend erreichen echte SLC-NAND fünfmal mehr Schreib- und Lesezyklen als pSLC-NAND. Die SLC-Technologie bleibt also unangefochtene Spitzenreiterin in Puncto Lebensdauer und eignet sich für Industrieanwendungen am besten. Insbesondere wenn sehr hohe Speicherkapazitäten benötigt werden oder wenn sich die Schreib- und Löszyklen in Grenzen halten, greifen Industrieunternehmen auf pSLC- oder MLC-Speicher zurück. Bei kleinen und mittleren Kapazitäten zahlt sich die Investition in echte SLC-Industriespeicher aus. Auch wenn Flash-Speicher extremen thermischen Belastungen ausgesetzt sind, lohnt sich die Investition in SLC-Speicher, denn es gibt spezielle SLC-NAND, die für den erweiterten Temperaturbereich von -40 bis +90 Grad Celsius gefertigt werden. Bei MLC gibt es zwar ebenfalls Flash-Produkte für den erweiterten Temperaturbereich, doch im Gegensatz zu SLC werden diese erst als letzter Schritt vor der Auslieferung gescreent und sind daher weniger zuverlässig unter extremen Temperaturen.

Product Grade Selector

Product Grade	Industrial	OEM	Commercial
NAND Types	SLC Single Level Cell	pSLC Pseudo SLC	MLC Multi Level Cell
Bit/Cell	1	1	2
Endurance Cycles	100K / 80K / 50K	20K	3K
Reliability	● ● ● ● ●	● ◀	●
Data Retention	● ● ● ● ●	● ◀	●
Life Cycle	● ● ● ● ●	● ●	● ●
Locked-BOM	✓	✓	✓
Cost	\$\$\$\$	\$\$\$	\$\$

Die Speichertechnologien im Vergleich (Grafik: Cactus Technologies).