

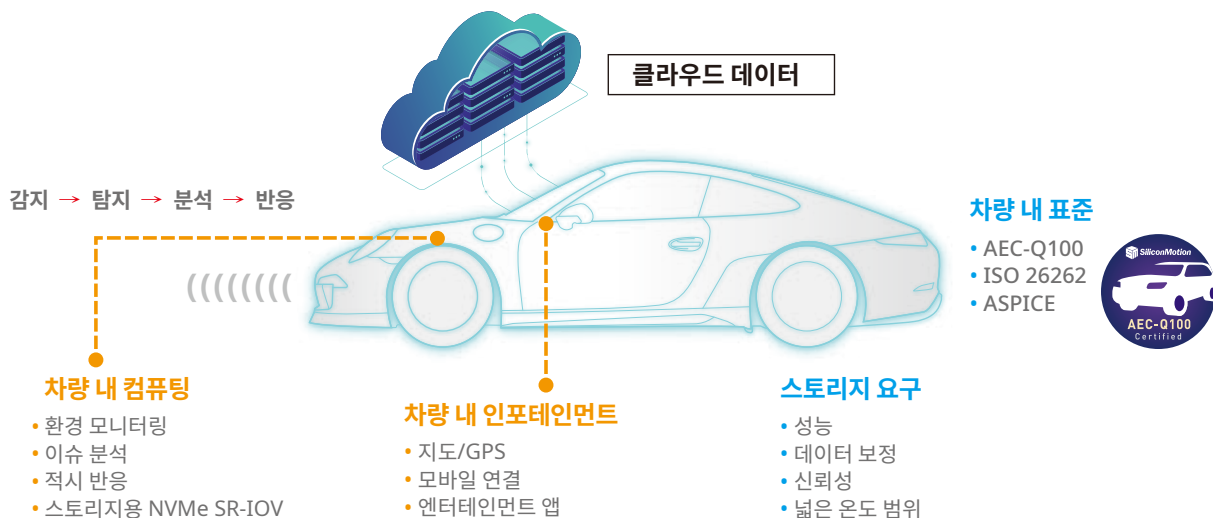
Silicon Motion의 Ferri계열

AEC-Q100 인증을 받은 내장형 스토리지

고온 운영 차량 애플리케이션에서도 높은 수준의 신뢰성을 제공하는 최신 NAND 플래시 기반 스토리지 장치의 비기

차세대 승용차 기술 도입으로 자동화, 안전 및 내비게이션 시스템이 더욱 정교해지고 있습니다. 카메라, 레이더(RF) 및 LiDAR(광학) 거리 측정 시스템, 센서 및 기타 감지 시스템으로 지원되는 첨단 운전자 지원 시스템(ADAS)는 방대한 양의 디지털 데이터를 생성 및 처리합니다. 인포테인먼트 시스템의 경우에도, 우수한 내비게이션 및 정보 시스템에 대한 운전자의 요구와 차량 전실/후실에서 제공되는 더 많은 엔터테인먼트 옵션에 대한 동승자의 기대에 따라 그 코드 크기가 증가하고 있습니다.

기능적인 측면에서 볼 때, 자동차는 바퀴 달린 데이터 센터가 되고 있으며 데이터 센터처럼 대용량 데이터 저장 용량에 대한 고속 액세스를 요구합니다. 자동차 제조업체는, 신뢰성 문제에 따라, 제한적인 수명과 기계적 오류에 취약한 기존 하드 디스크 드라이브(HDD) 저장 장치의 사용을 중단했습니다.



오늘날의 자동차 시스템 디자이너들은 SSD, eMMC 드라이브 또는 UFS 장치와 같은 NAND 플래시 메모리 기술 기반의 대용량 저장 장치를 선호합니다. NAND 플래시는 높은 메모리 밀도와 고성능의 가치 있는 조합을 제공한다는 점에서 SSD 뿐만 아니라, 휴대폰, 노트북 컴퓨터 및 기타 소비자 장치의 대용량 저장 장치에 선호되는 기술로 자리잡았습니다. 즉, 작은 패키지로도 막대한 데이터 저장 용량을 제공할 수 있고 저장 데이터에 대한 빠른 액세스와 빠른 데이터 저장 속도의 이점을 제공합니다.

이러한 특성은 자동차 제조업체에게도 중요합니다. 그러나 자동차 부문에서의 응용을 위해서는 자동차 제조사들이 NAND 저장 장치의 선택 시 제기하는 다양한 질문을 포괄할 수 있도록 다음의 특수 요구 사항을 반드시 해소해야 합니다.

- **성능:** 운전자 보조 주행 및 네비게이션과 같은 사용 사례의 경우 지연은 주요한 지표가 됩니다. 자동차 제조사들은 빠른 읽기 및 쓰기 속도와 높은 데이터 처리량을 요구합니다.
- **데이터 무결성:** 모든 읽기 및 쓰기 작업에는 데이터 손실이나 오염을 일으키는 비트 오류의 위험이 존재합니다. 신뢰성은 자동차 응용에 있어, 그리고 스토리지 장치에 있어서도, 중대한 요소이며 데이터 무결성은 신뢰성의 중요 지표가 됩니다.
- **데이터 보존:** 스마트폰과 같은 소비자 장치와는 달리 차량은 최소 10년의 수명이 기대됩니다. 자동차 제조사들은 NAND 스토리지 장치가 이러한 차량의 수명에 걸쳐 데이터를 유지할 수 있다는 확신을 필요로 합니다.

자동차 산업의 관점에서 대용량 저장 장치와 같은 전자 부품의 장기적인 신뢰성과 수명은 중요한 기준이 됩니다. 자동차 산업에서는 자동차 전자 제어 장치(ECU)에 사용되는 집적 회로에 AEC-Q100 표준에 따른 엄격한 인증 테스트를 적용하고 있으며 85°C 이상의 온도에서도 긴 수명 동안 무결점의 달성을 요구합니다.

차량은 수명이 길고 많은 부품을 포함하고 있으며 출시된 차량의 알려진 결함을 수정할 경우 제조사의 평판 손상은 물론, 막대한 비용이 소요된다는 점을 모두 고려할 때, 제조사들이 제시하는 부품 결함률 0%의 목표의 중요성은 납득이 됩니다.

요점을 이해하기 쉽도록 1,000개의 부품으로 구성된 ECU가 있다고 가정해 보겠습니다. ECU 제조사가 만약 1ppm의 결함률을 허용한다면, 이 ECU 하나만으로도 1백만 대의 차량에서 1,000개의 결함이 발생하는 셈이 됩니다. 분석 전문 기업인 IHS Markit의 2019년 보고에 따르면, 고급 차량 신차 한 대에는 최대 150개의 ECU가 포함됩니다.

이것이 바로 자동차 산업에서 무결점 목표를 추구하는 이유입니다. 이러한 목표에 도달하는 전략은 다양한 AEC-Q10x 표준에 코드화 된 구성 요소 검증 프로세스를 적용하는 것입니다.

예를 들어 AEC-Q100 인증 기준은 매우 엄격하며 여러 테스트 매개 변수를 사용하여 구성품의 신뢰성을 검증합니다. 주요한 신뢰성 시험은 다음과 같습니다.

- 가속 환경 스트레스 시험
- 가속 생명주기 시뮬레이션 시험
- 포장 및 조립 시험
- 다이 제작 시험
- 전기적 검증
- 결함 검사
- 패키지 상태 시험



이 인증 절차는 철저하며 잠재적 결함을 가진 부품을 효과적으로 선별하는 것으로 입증됐습니다. 이러한 시험을 통과하여 AEC-Q100 인증을 획득한 부품은 까다로운 환경 및 적용 조건에서 매우 높은 수준의 신뢰성과 무결성을 입증한 것입니다.

NAND 플래시 기반 스토리지 제품에 있어, AEC-Q100 인증의 가장 어려운 부분 중 하나는 고온 및 가속 수명 시뮬레이션 시험입니다. 스토리지 시스템은, AEC-Q100의 Grade 3 인증의 경우 최대 85°C, Grade 2의 경우 105°C의 연속 온도 조건에서 안정적인 작동을 유지해야 합니다. 그리고 Silicon Motion의 Ferri 계열과 같은 최신 제품을 수용한 소형 칩 형태의 패키지의 경우, 컴퓨터에 사용되는 일반 독립형 SSD 인클로저보다 더 제약이 큰 열 경로 조건에서 시험을 수행합니다.

자동차용 저장 장치의 안정적 작동과 데이터 무결성을 유지하기 위해 Silicon Motion은 NAND 플래시 메모리 제어에 대한 오랜 경험을 바탕으로 다양한 고유 기술을 적용하고 있습니다. 이러한 Silicon Motion의 기술적 이해가 반영된 NAND 플래시 기반 저장 장치는 자동차 시스템 설계자들에게 차량용으로 사용하기에 충분히 견고하고 신뢰할 수 있다는 확신을 제공할 것입니다.

고온 조건 하의 NAND 플래시 셀

NAND 플래시 셀에 높은 온도가 미치는 영향을 처리하는 기술을 이해하려면 이러한 셀이 작동 원리를 이해하는 것이 중요합니다. 플래시 메모리에서 데이터 비트는 셀에 저장된 전하(전자)로 표현합니다. NAND 플래시 기술이 처음 출시되었을 때 메모리 어레이는 SLC(Single-Level Cell) 요소로 구성되었습니다. SLC NAND에서 하나의 셀에는 1 비트의 데이터(1 또는 0)가 저장됩니다.

기술 발전에 따라 NAND 플래시 칩 제조사들은 셀 하나에 2비트를 저장하는 MLC(Multi-Level Cell) 기술과 3비트를 저장하는 TLC(Triple-Level Cell) 기술을 개발하여 더 높은 메모리 밀도에 대한 요구에 대응했습니다(그림 1 참조). 다시 말해, 새로운 세대의 NAND 플래시가 나올 때마다 비트 당 셀 볼륨은 감소했습니다. 반도체 제조 공정이 이전 공정 노드에서 최신의 10nm 미만 노드의 수준으로 발전함에 따라, NAND 셀 크기 또한 소형화됐습니다.

오늘날 TLC NAND 플래시 장치의 높은 메모리 밀도 기술은 Silicon Motion의 FerriSSD®와 같은 저장 장치가 단 20mm x 16mm의 작은 공간(footprint)을 가진 표면 실장 BGA 패키지로도 최대 480GB의 데이터 용량을 제공할 수 있는 이유입니다.

NAND 플래시 유형



그림 1 - 여러 NAND 플래시 칩 제조사는 셀 하나당 2비트를 저장하는 MLC 기술 및 셀 하나당 3비트를 저장하는 TLC 기술을 개발했습니다.

그러나 작은 크기의 TLC 셀은 SLC 셀보다 더 빨리 마모된다는 의미이며, 이는 저장 장치에 내장형 플래시 컨트롤러를 고려해야 할 필요성을 시사합니다. 모든 프로그램/지우기(P/E) 사이클은 P/E 작업이 수행되는 셀의 산화 층에 약간의 악화를 수반합니다. 더 작은 TLC 셀은 더 큰 SLC 셀보다 산화 층이 얇기 때문에 더 빨리 분해되며 평균적으로 견딜 수 있는 P/E 사이클의 수가 더 적습니다. 아래에서 설명된 바와 같이, Silicon Motion의 자체 개발 기술인 NANDXtend는 Ferri 계열의 저장 장치에 적용되어 이러한 문제를 해결합니다.

NAND 플래시 셀은 또한 시간의 경과에 따라 전자 누출이 발생합니다. 셀에서 너무 많은 전하가 누출되면 더 이상 데이터를 읽을 수 없게 됩니다. 데이터 보존 기간(데이터를 셀에 저장할 수 있는 기간)은 P/E 주기가 수행될수록 감소합니다. 또한 전자 누출은 열에 의해 가속화되므로 그림 2에서와 같이 온도가 상승할 경우 데이터 보존 기간 또한 빠르게 감소하게 됩니다.

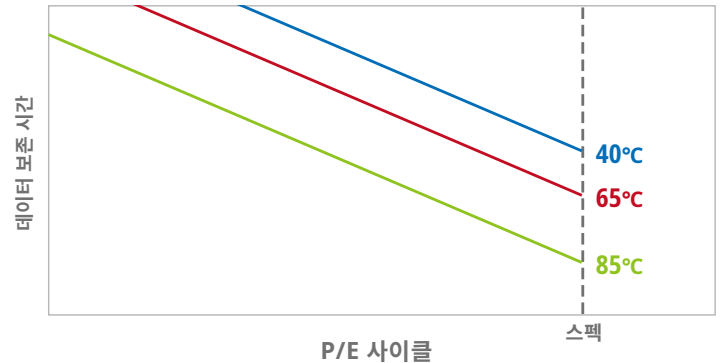


그림 2 - NAND 플래시 셀의 데이터 보존 수준은 온도 상승에 따라 크게 감소합니다. (이미지 출처: Silicon Motion)

이것이 바로 인포테인먼트 시스템과 같은 자동차 애플리케이션 용 NAND 플래시 기반 저장 장치가 해결해야 할 문제입니다. 자동차의 센터 콘솔 내에 구성되는 인포테인먼트 ECU는 85°C 만큼 높은 온도에서도 작동을 보장해야 할 수 있습니다. 물론 지도 및 내비게이션과 같은 인포테인먼트 애플리케이션의 경우, 데이터 손실은 허용될 수 없습니다. 또한 AEC-Q100 표준에서는 최대 85°C의 온도(Grade 3의 경우) 시험에서 결함률 0%를 요구합니다.

Silicon Motion 스토리지 컨트롤러와 해당 컨트롤러의 펌웨어를 사용하면 이 문제를 해결할 수 있습니다.

스토리지 컨트롤러의 핵심 역할

NAND 플래시 기반의 스토리지 시스템은 다음 두 가지 기본 요소로 구성됩니다.

- NAND 플래시 어레이
- NAND 플래시 컨트롤러 IC

컨트롤러의 기본 역할은 NAND 플래시 셀과 메모리에서 읽고 쓰는 호스트 프로세서 사이를 연결하는 것입니다. 컨트롤러는 셀 주소에 대한 비트 매핑을 관리합니다.

Silicon Motion은 NAND 구성 요소를 관리하는 특수 컨트롤러 IC를 개발한 20년 이상의 경험을 갖고 있습니다. NAND 특성에 대한 이러한 깊은 이해를 토대로 Silicon Motion은 고도로 최적화된 IC 및 관련 펌웨어 컨트롤러 플랫폼을 모두 설계할 수 있습니다. 실제로 인텔, Kioxia, 마이크론, 삼성, SK 하이닉스, Western Digital 및 YMTC가 제공하는 3D 플래시 제품을 포함하여, Silicon Motion의 컨트롤러는 다른 업체의 컨트롤러가 지원하는 것보다 더 많은 수의 NAND 플래시 컴포넌트를 지원하고 있습니다.

고온 조건에서의 NAND 플래시의 동작에 대한 Silicon Motion의 이해와 노하우는 Ferri 계열의 스토리지 제품의 작동 원리를 구성하며, 이러한 제품은 모두 AEC-Q100의 Grade 3 또는 Grade 2 인증 버전을 제공합니다.

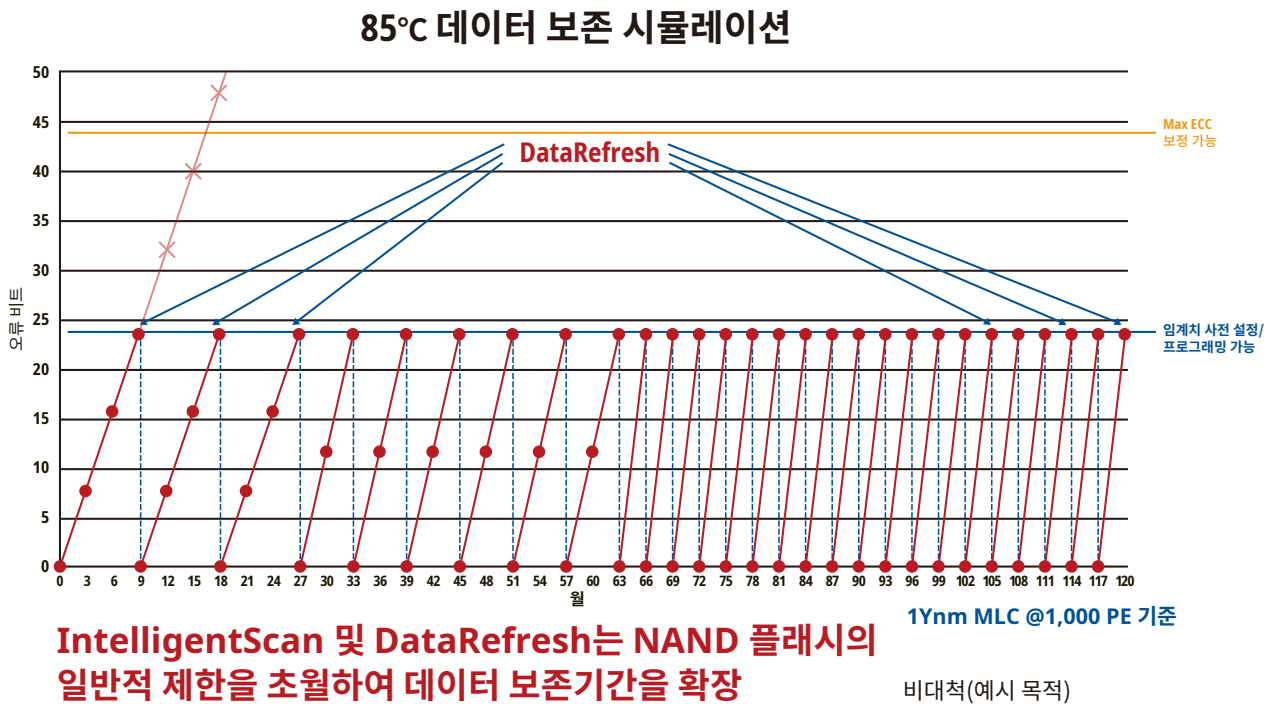
데이터 보존을 연장시키는 컨트롤러 기술

그림 2에 나타난 바와 같이, 고온 조건에서는 NAND 플래시 메모리 셀의 전자 누출이 가속화되며, 이로 인해 데이터 보존 기간은, 정격 최대 P/E 주기를 경험한 MLC 셀의 경우, 85°C에서 최대 2일까지 떨어질 수 있습니다.

Silicon Motion의 솔루션은 어레이의 모든 셀에서 전압을 모니터링하여 위험한 수준의 누출이 진행된 셀을 감지하고 위험한 상태의 셀을 다시 프로그래밍합니다. 이 기술을 구현하는 Ferri 제품의 기능은 IntelligentScan + DataRefresh라고 하는데, NAND 플래시 어레이 수명을 플래시 제조사가 지정한 공칭 P/E 주기 수명보다 훨씬 더 길게 연장합니다(그림 3 참조). 또한 IntelligentScan 기능은 온도에 자동으로 반응하며, 고온 운전 시 보다 빈번한 검사를 수행합니다.

셀의 산화물 층이 너무 저하되어 충분한 재충전이 더 이상 불가능할 경우, IntelligentScan 기능이 복구(가능할 경우) 또는 폐기를 직접 처리하여 데이터 무결성과 관련한 위험을 회피합니다.

Ferri 제품의 컨트롤러는 또한 첨단 전역 마모 평준화 기능을 제공하여, P/E 작업과 이에 따른 마모가 전체 어레이에 균등하게 할당되도록 처리합니다.



**IntelligentScan 및 DataRefresh는 NAND 플래시의
일반적 제한을 초월하여 데이터 보존기간을 확장**

그림 3 - DataRefresh 기능은 NAND 플래시 셀의 노화 시 재충전 작업 빈도를 증가시킨다. (이미지 출처: Silicon Motion)

운전 최적화를 위한 NAND 플래시 셀의 구성

Silicon Motion AEC-Q100 인증 저장 장치에 내장된 컨트롤러는 사용자가 TLC NAND 플래시 작동을 구성하여 데이터 무결성을 확장할 수 있는 기능 또한 제공합니다. Ferri 제품에서 사용 가능한 SLCMode™ 기능은 사실상 TLC 또는 MLC 셀을 1 비트 SLC와 유사한 구성으로 그룹화합니다. 이는 공칭 스토리지 용량(TLC 모드의 경우)을 과도하게 지정한 경우에 이상적인 기능입니다. SLCMode 기능을 활성화 한 상태로 운영할 경우, 공칭 용량은 감소하지만 SLC와 유사한 수준의 데이터 보존 및 데이터 무결성 성능을 확보할 수 있습니다.

Ferri 제품은 MLC 모드와 SLC 모드를 제공하며 사용자는 데이터 무결성과 애플리케이션 용량 간의 이상적인 균형을 직접 결정할 수 있습니다. 또한 SSD의 상태를 자동으로 모니터링하는 SSDLifeGuard™ 기능을 제공하고 블록이나 페이지가 위험한 상태일 경우 컨트롤러를 가동하여 데이터 보호 및 오류 수정 작업을 실시합니다.

NAND 셀 수명을 10년 이상으로 연장

자동차용 저장 장치에 적용되는 AEC-Q100 인증은 고온 조건에서 무결점의 성능을 요구합니다. 85°C 이상의 고온 조건에서는 NAND 셀의 데이터 유출이 가속화되기 때문에, NAND 플래시 기반 장치의 입장에서 이는 매우 까다로운 요구 조건입니다. Silicon Motion의 Ferri 계열은 최대 105°C의 온도 조건에서 차량용 적합 판정을 받았으며, 이는 Silicon Motion이 NAND 플래시 어레이 관리를 위해 개발한 IntelligentScan + DataRefresh와 같은 그 고유 기술의 효과를 입증한 것입니다.

자동차 애플리케이션에 최적화된 이와 같은 스토리지 기술은 자동차 시장에 대한 Silicon Motion의 끊임없는 노력의 결과입니다. 이러한 노력은 IATF 16949, ASPICE 및 VDA 6.3을 포함한 자동차 산업의 관련 표준 전체에 대한 적합성 판정을 통해 이미 입증된 바 있습니다.

상용 SSD 컨트롤러 및 임베디드 저장 장치 부문에서 Silicon Motion이 선도적인 위치를 유지한다는 사실 또한 자동차 제조사들에게 확신을 줄 수 있을 것입니다. Silicon Motion은 NAND 플래시 컨트롤러 기술 분야의 선도적인 전문 제조사이며, NAND 컴포넌트를 관리하는 특수 프로세서 IC 개발에 20년 이상의 경험과 노하우를 보유하고 있습니다. Silicon Motion은 지난 10년 동안 60억 개 이상의 NAND 플래시 컨트롤러를 출하했으며, 이는 다른 어느 업체도 견줄 수 없는 수치입니다.

Silicon Motion Ferri 제품의 수명, 데이터 무결성 및 데이터 보존 성능은 10년 이상의 차량 수명에 대한 사용자의 기대를 충족할 수 있으며, 따라서 이제 자동차 제조업체는 이러한 확신을 토대로 차량 인포테인먼트 및 ADAS ECU에 견고한 SSD를 채택하도록 결정할 수 있을 것입니다.

IHS Markit 보고서 인용 기사:

<https://www.eenewsautomotive.com/news/number-automotive-ecus-continues-rise>