

# muRata MEMS Sensor

한국무라타전자  
김형규 대리





- 1** MEMS 센서 정의 & 원리
- 2** muRata MEMS Sensor 특징
- 3** 라인업 & 활용 Application
- 4** muRata 기술지원



# **1** MEMS 센서 정의 & 원리

# muRata전자 소개



muRata는 세계 최고의 측정 정확도와 측정 재현성, 소형화, 높은 신뢰성과 고성능을 바탕으로 **MEMS 센서를 설계, 개발, 제조, 테스트 및 공급**합니다.



## 연구 개발

MEMS, ASIC 및 패키징의 내부 설계를 포함하여 새로운 기술 및 제품 개발에 대한 업계 최고의 전문 기술



## MEMS 제조

최첨단 클린룸(ISO 4, 5, 8)에서 MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 공정을 이용하여 매년 6천만개 이상의 실리콘 기반 커패시터 센서 소자를 제조



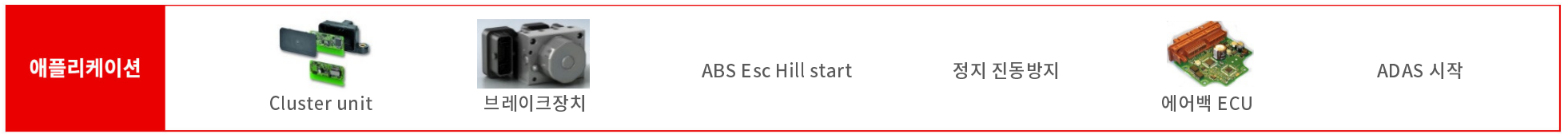
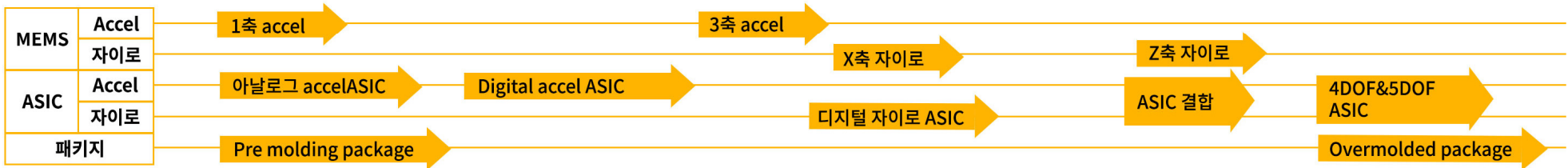
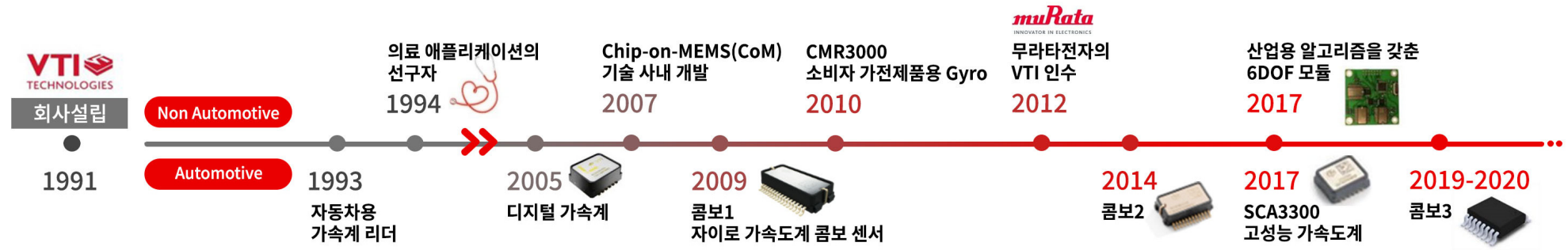
## 조립 및 테스트

센서 부품의 조립은 ISO 7 및 8 클린룸에서 진행되며, EPA\* 영역에서 테스트 진행

\*EPA=정전기 방전 보호 영역



# muRata 전자 센서의 역사



**MCU가 있는 6dof**

새로운 기능:  
구성 요소 수준에서 6dof(HPCa) + MCU + 알고리즘 통합  
이유: 알고리즘으로 더 높은 기능성/고부가가치 (1세대 무연제품)

```

class Dynamic_inclinometer:
def __init__(MCU, sensor):
self.MCU=MCU
self.sensor=sensor
def calibrate(gyro, acc):
    
```

**“Northfinder 부품”**

새로운 기능:  
· 저소음 자이로 + Northfinder 알고리즘 (capacitive or piezo)  
· 새로운 저소음 ffb acc 아키텍처

이유: 1.0초 이내에 지구 회전에서 북쪽 찾기

# MEMS 소개

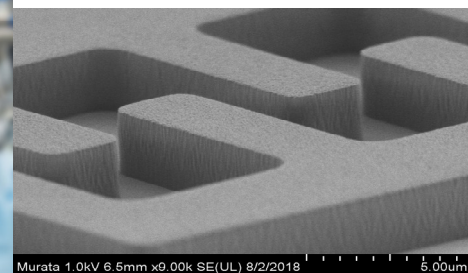
**MEMS**는 센서의 핵심 기술입니다.

**MEMS**  
(**Micro Electro Mechanical System**)  
소형전자기계장치

## 장점

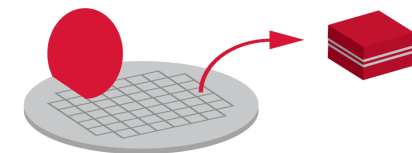
### 마이크로일렉트로닉스 산업

- 소형 디바이스 크기 및 큰 정전용량
- 구멍이 없는 3D 구조
- 고집적된 Comb 밀도 (50  $\mu\text{m}$  두께, 2  $\mu\text{m}$  간격)

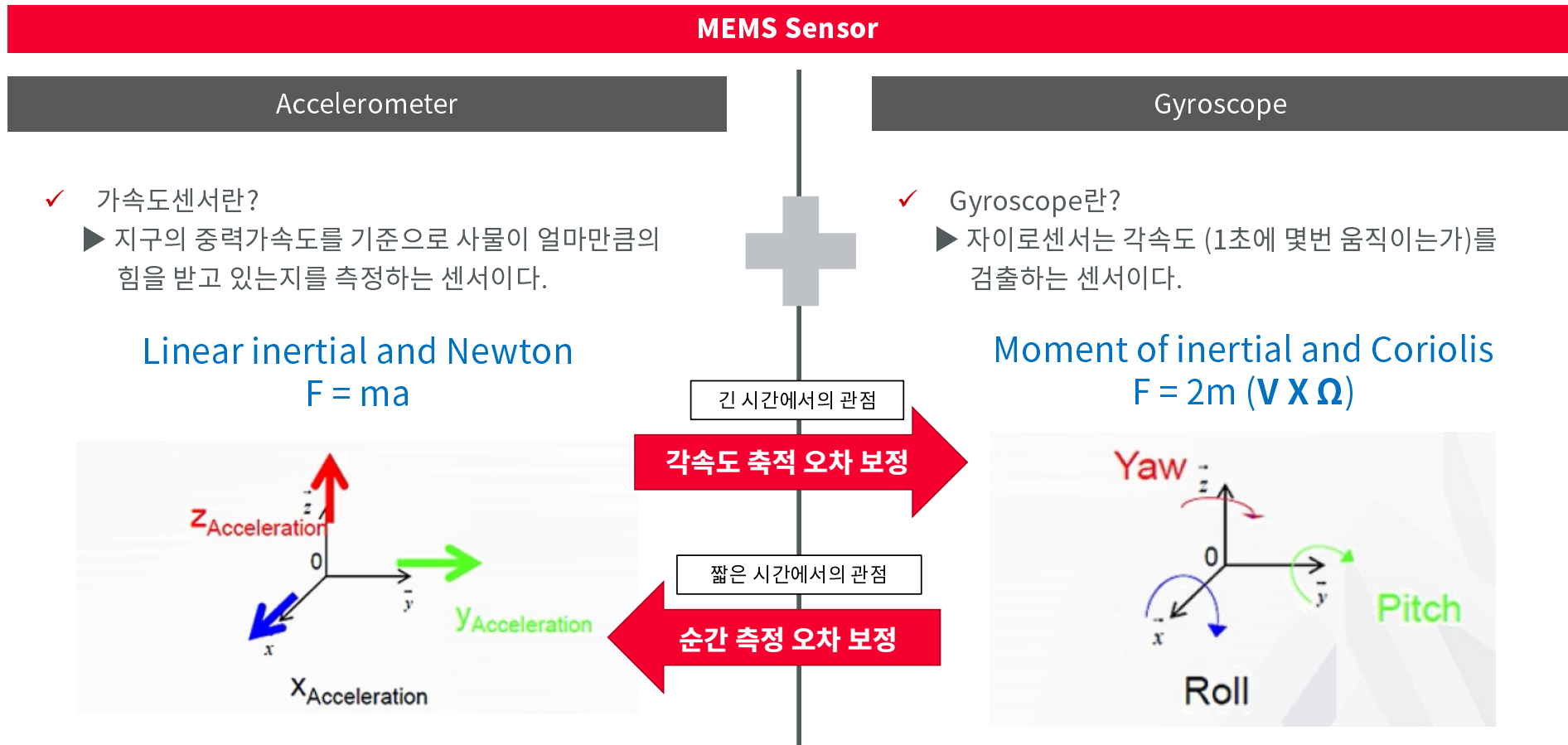


### 반도체 기술

- 실리콘 원료
- 실리콘 웨이퍼에서 양산
- 기계적인 부품은 식각, 필름, 포토 리소그래피에 의한 패터닝으로 실리콘으로 가공된다.



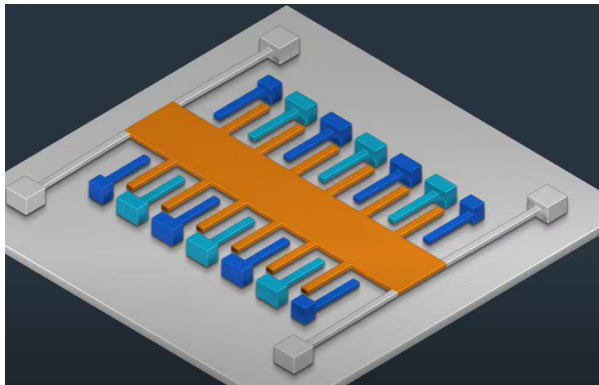
# MEMS 센서 Technology



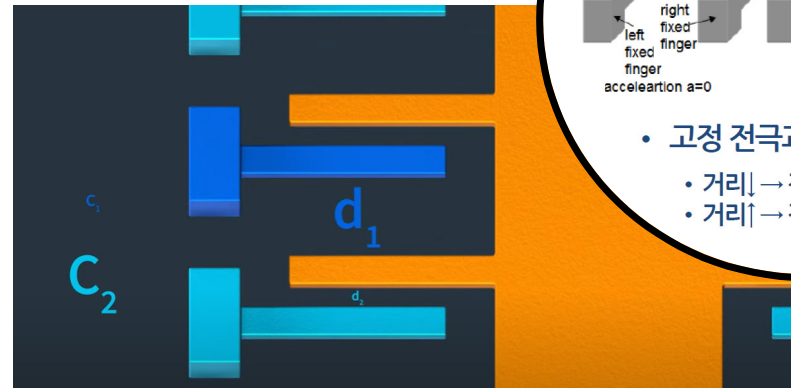
# MEMS 센서 Technology

## Measurement method

- ✓ 정전 용량형 방식
  - ▶ Mass의 이동으로 인해서 평행판 커패시턴스의 전극 간 변화 이동
  - ▶ 액추에이터를 만들어 두고 속도 변화 시 움직임에 의해 전극의 변화 발생

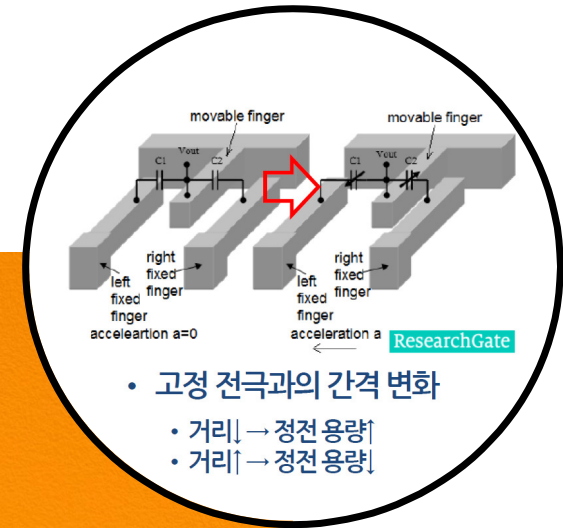


가속도 및 각속도 변화 없음  
 $C_1 = C_2$



가속도 및 각속도 존재  
 $C_1 > C_2$

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} = \frac{Q}{V}$$



**센서의 움직임 → 전극 간 거리 변화 → 정전 용량의 변화 유도**



---

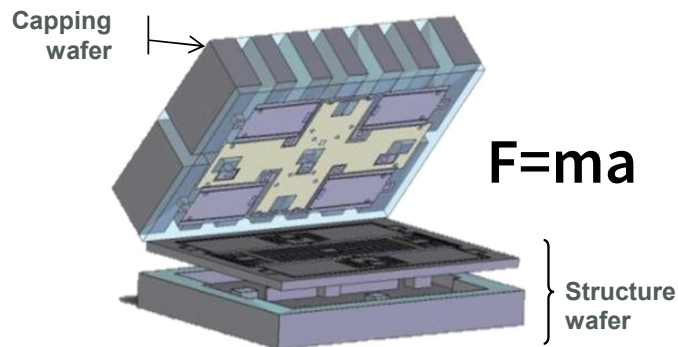
## **2** muRata MEMS 센서 특징

# 최고의 센서 성능

## 무라타 3D MEMS 기술

### 안정적인 정전용량 감지

- 단일 크리스탈 실리콘(Bulk 3D)
- 단열용 두꺼운 유리
- 웨이퍼 접착에 의한 Hermetic sealing
- 두꺼운 구조, 대칭 3D 구조



## 고성능, 정확성 및 안정성

**1**

### High reliability 고신뢰성 (온습도 환경)

가혹한 환경(온도, 습도)에서 수명 기간 동안 검증된 동급 최고의 측정 정확도

**2**

### High robustness 고내구성 (진동, 충격 환경)

진동환경에서의 뛰어난 성능, 강한 기계적 충격 허용

**3**

### Small size 소형화 (vs FOG광섬유 자이로 타입)

적은 비용으로 소형화된 시스템 설계 가능

**4**

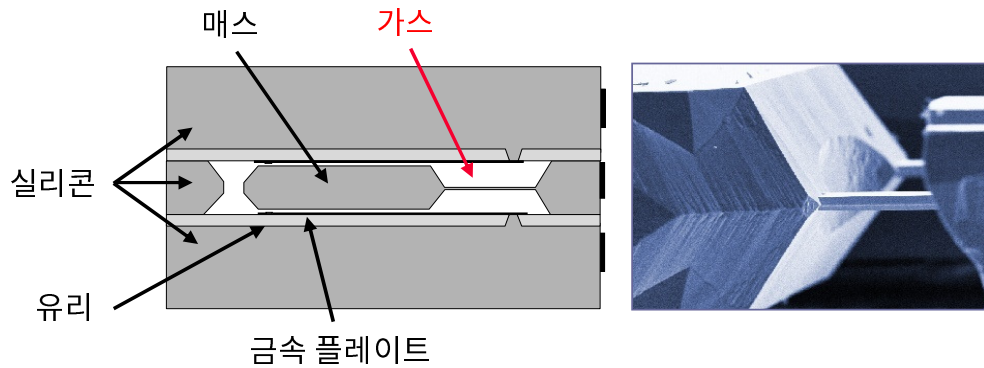
### Low power consumption (낮은 전력 소비)

높은 절연 저항과 큰 정전 용량으로 전력 효율이 높은 고성능 제품 설계 가능

# muRata MEMS 장점

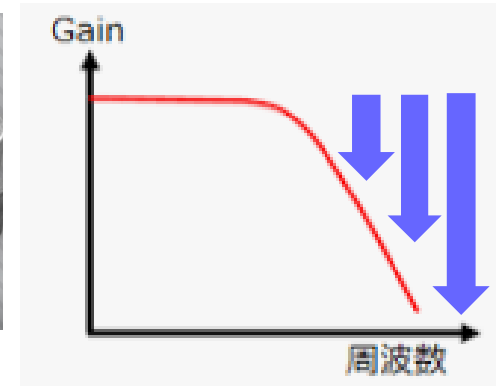
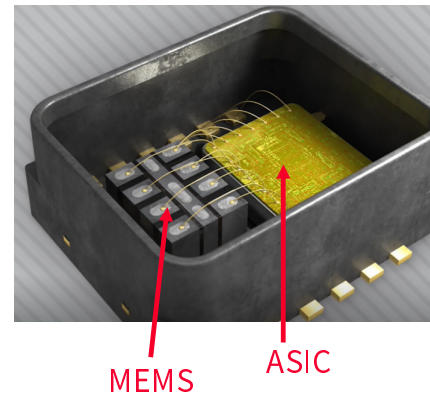
## MEMS 소자

불활성 가스를 MEMS 소자 내부에 둘러싸는 구조로 불필요한 고주파 진동을 감쇠시킨다.



## ASIC 신호 처리

ASIC 내부의 신호 처리 과정에서 고주파 진동은 LPF(저역 통과 필터)를 통과하며 필터링됩니다.

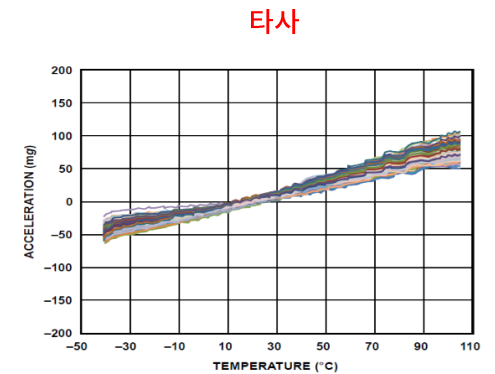
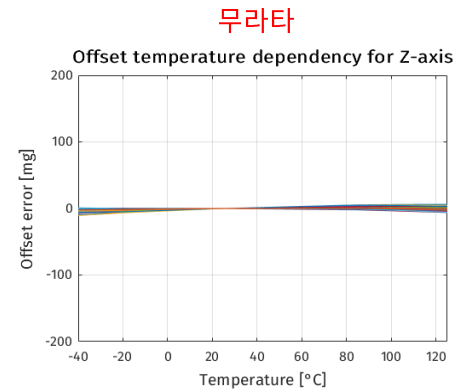


**고주파 진동은 muRata MEMS의 이중 구조로 인해 억제됩니다.**

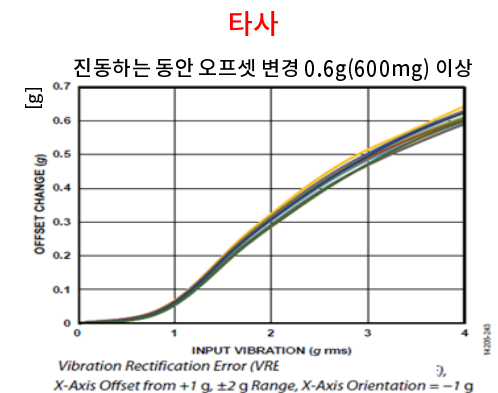
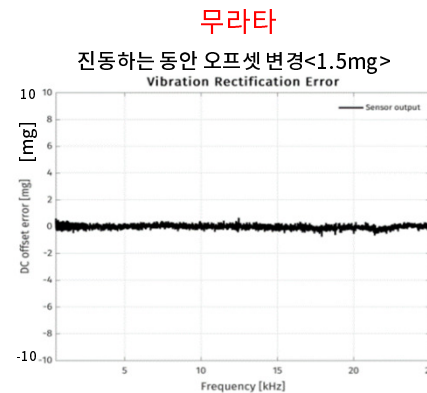
# muRata 장점 : 가속도계 가속도계 경쟁사 비교

- 1** **✓ 로버스트성**  
 고성능 MEMS 기술  
 정교함이 필요한 애플리케이션에서 검증된 신뢰성과 높은 성능
- 2** **✓ 고정밀 및 내진동성**  
 정교함이 중요한 애플리케이션(온도 변화, 강한 진동 환경 등)에서의 높은 정확도
- 3** **✓ 안정적인 온도특성**  
 온도와 시간에 따른 뛰어난 안정성
- 4** **✓ 메카니컬 충격에 강함**  
 우수한 메카니컬 충격 내구성  
 높은 충격/낙하를 견딜 수 있음

Offset Temp Drift 상온을 기점(영점)으로의 offset 변화량

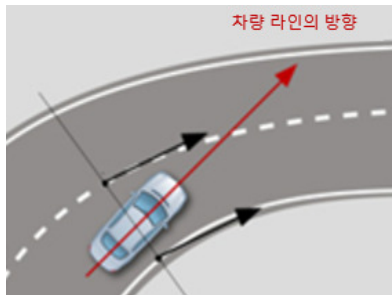


내진동특성



사인 스윙 -500...5kHz, 4g 진폭  
-5kHz..25kHz(2g 진폭)

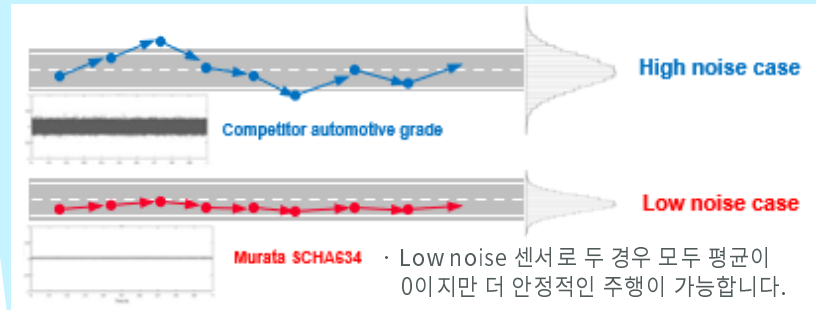
# muRata 장점 : 자이로 자이로 경쟁사 비교



차량 방향 전환은 AD/ADAS 측위의 중요한 요소입니다.

방향은 자이로의 출력으로 계산합니다. 따라서 노이즈, Offset 및 진동 로버스트성은 중요합니다.

## 노이즈

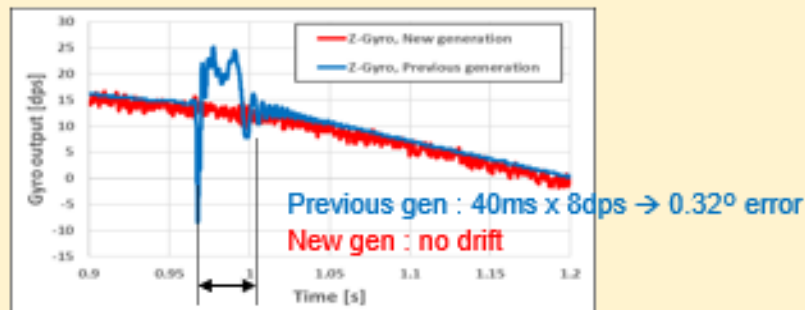


## 진동 로버스트성

자갈길에서 운전 중 돌이 차에 부딪히는 상황 ▶



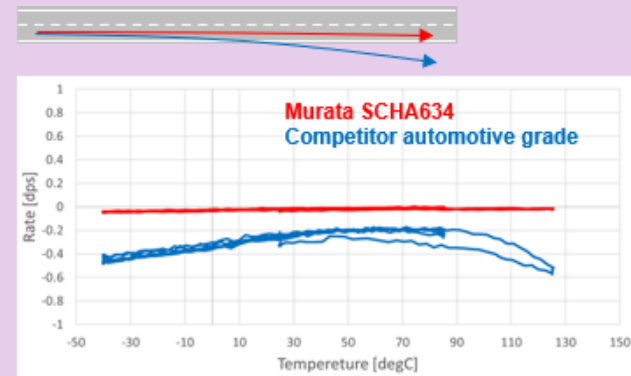
ex) 돌에 부딪혀 주행 테스트중, 이전 세대 자이로에서 드리프트 발생



3Key parameters

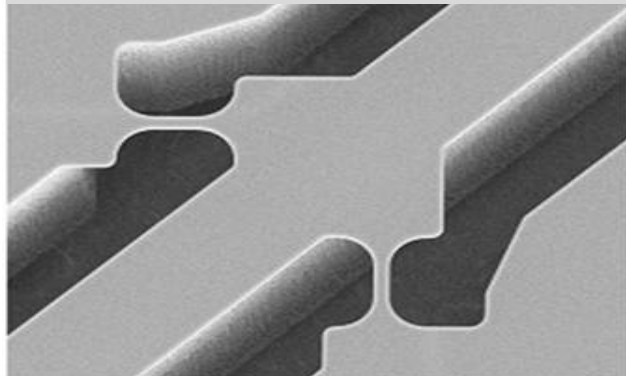
## Offset

온도에 따른 Offset

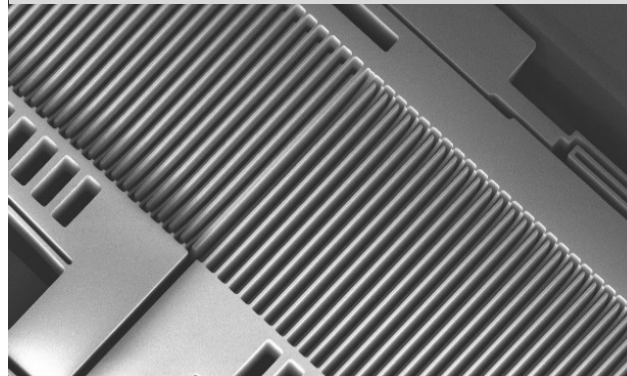


# 3D MEMS 공정 기술

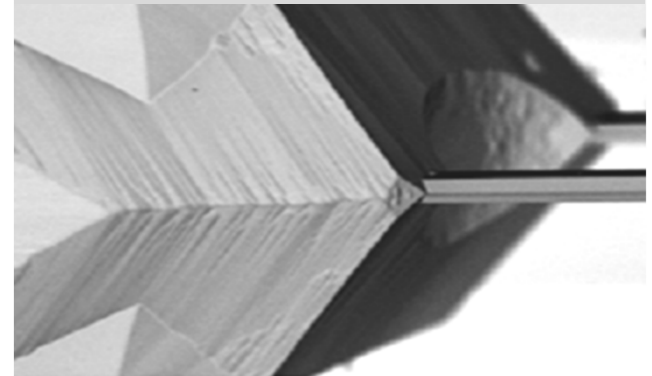
SOI 구조 웨이퍼



Deep silicon plasma etching



Silicon KOH wet etching



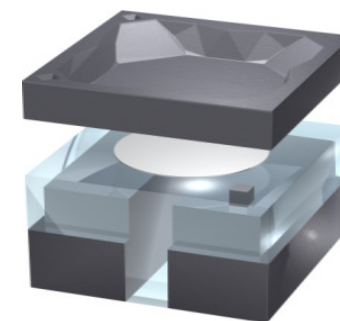
Glass Isolation



증착 및 패터닝



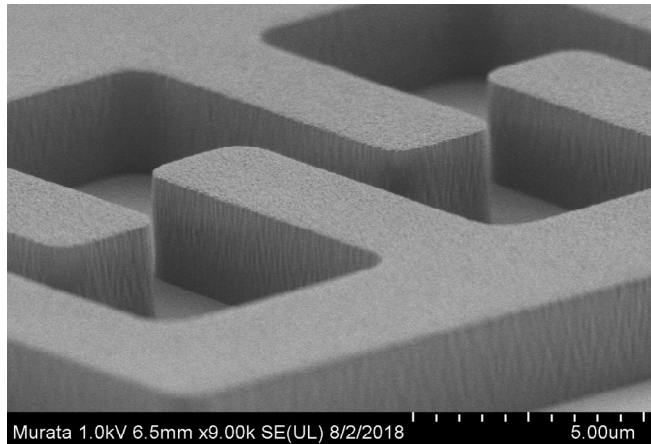
Si - Glass Anodic Bonding



## 설계 유연성을 위한 제조기술

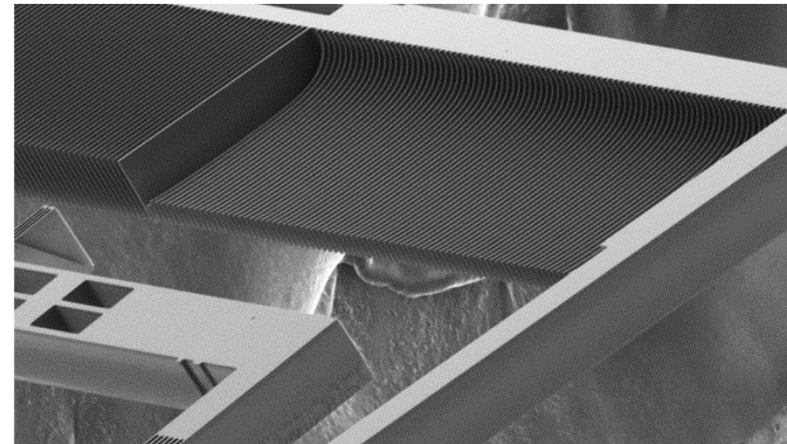
### 주요 특징

- ◆ 구멍이 없는 3D MEMS 구조  
Narrow beams & large masses
- ◆ 웨이퍼를 관통한 수직 에칭
- ◆ 고집적 Comb 밀도  
50  $\mu\text{m}$  두께, 2  $\mu\text{m}$  간격



### 주요 이점

- ◆ 소형 사이즈
- ◆ 큰 정전용량
- ◆ 우수한 성능
- ◆ 자유로운 설계  
x, y, z - 가속도계, 자이로,  
가속도계와 자이로 결합형



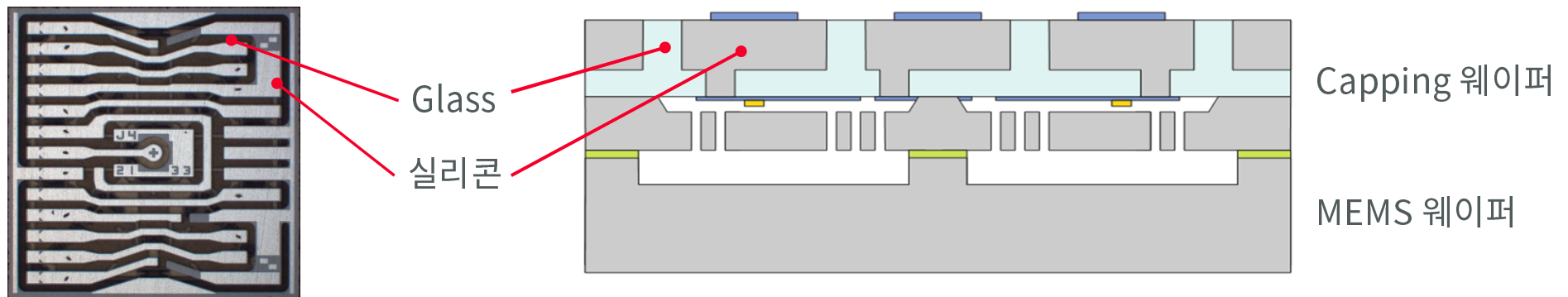
# 전력 소비량, 높은 로버스트성

## 주요 특징

- ◆ Hermetic sealing
- ◆ 안정적인 진공 및 제어 압력
- ◆ 웨이퍼의 전기적 연결을 통해 Cap 전극 측정  
웨이퍼 측정 전극
- ◆ 웨이퍼의 전기적 연결
- ◆ 평면 접촉 표면
- ◆ 높은 절연 저항  
낮은 기생 커패시턴스

## 주요 이점

- ◆ Environmentally robust
- ◆ 조절 가능한 대역폭 및 Q-value
- ◆ 낮은 노이즈
- ◆ 다양한 패키징 솔루션과 호환
- ◆ 저전력 솔루션
- ◆ 애플리케이션에 최적화된 센서







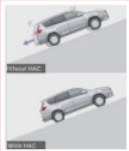
---


## **3 라인업 & 활용 Application**

# Automotive 제품 라인업



<b>Accelerometers</b> 	<b>SCA8x0</b> (1-axis)	- 2g/6g detection - 50Hz mechanical filtering - -40 to 125°C operating temp - AEC-Q100, RoHS compliant
	<b>SCA21x0</b> (2-axis)	
	<b>SCA3100</b> (3-axis)	
	<b>SCA3300</b> (3-axis) <i>*high accuracy</i>	- 1.5g/3g/6g detection - 10Hz/70Hz mechanical filtering - -40 to 125°C operating temp - AEC-Q100, RoHS compliant





- **Headlight Levelling** \*Static 
- **Transmission control** 
- **Adaptive suspension**
- **ABS**
- **Hill assist / hold** 

<b>Combination Sensors</b> (Accelerometer & Gyroscope) 	<b>SCC3300-series</b> (3-axis Acc 1/2-axis Gyro)	- Acc: 6g/15g range - up to 300Hz mechanical filtering - Gyro: 300dps range - -40 to 110C operating temp - AEC-Q100, ASIL-D, RoHS
	<b>SCHA600-series</b> (3-axis Acc 3-axis Gyro)	



- **Electric stability control (ESC)** 
- **Rollover detection**
- **Headlight Levelling** \*Dynamic 



- **Locator in Autonomous Drive** 
- **Headlight levelling** \*Dynamic 

# Headlight levelling

헤드 라이트의 위치를 조정하여 도로 위 가시성을 개선함으로써 안전한 도로 주행이 가능합니다.

Accelation + Gyro로 Static/Dynamic 헤드라이트 레벨링을 구현합니다.



Leveling	센서	Description	Why muRata?
Static	SCA3100 SCA3300	3axis acc	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 온도와 시간에 따른 오프셋 안정성</li> </ul>
Dynamic	SCH1633	3axis acc + 3axis gyro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 넓은 온도 범위</li> <li>• 낮은 노이즈</li> </ul>

# IMU+algorithm을 통한 Dynamic levelling 솔루션

Technology higher

2015

2022

2027

2030



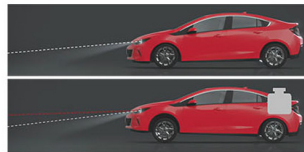
Manual levelling



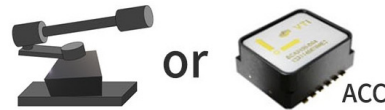
**UN 규정 업데이트**

Manual levelling 허용되지 않습니다  
(인도, 일본, 유럽)  
※오프로드 차량의 경우에는 가능

Automatic levelling (Static)



로드 상태 변경

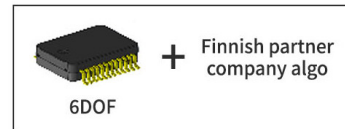


일본 Tier1은 2015년부터 가속도계 적용을 시작했습니다.  
현재까지 무라타의 ACC 점유율은 100%입니다.  
공급된 10M pcs에 이릅니다.

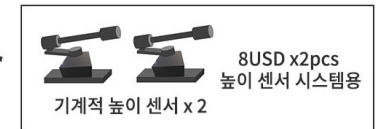


**Automatic levelling 의무화 및 강화된 요건**

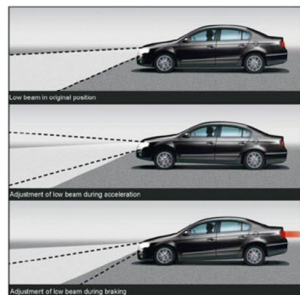
2027년부터 신규 모델 차량  
2030년부터 신차에 적용



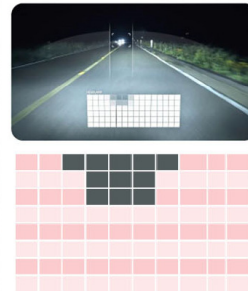
or



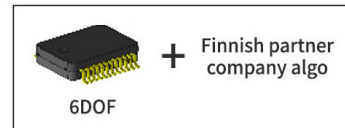
높이 센서 대비 비용, 무게, 크기를 줄일 수 있는 MEMS 솔루션



LED Matrix Light



Automatic levelling (Dynamic)

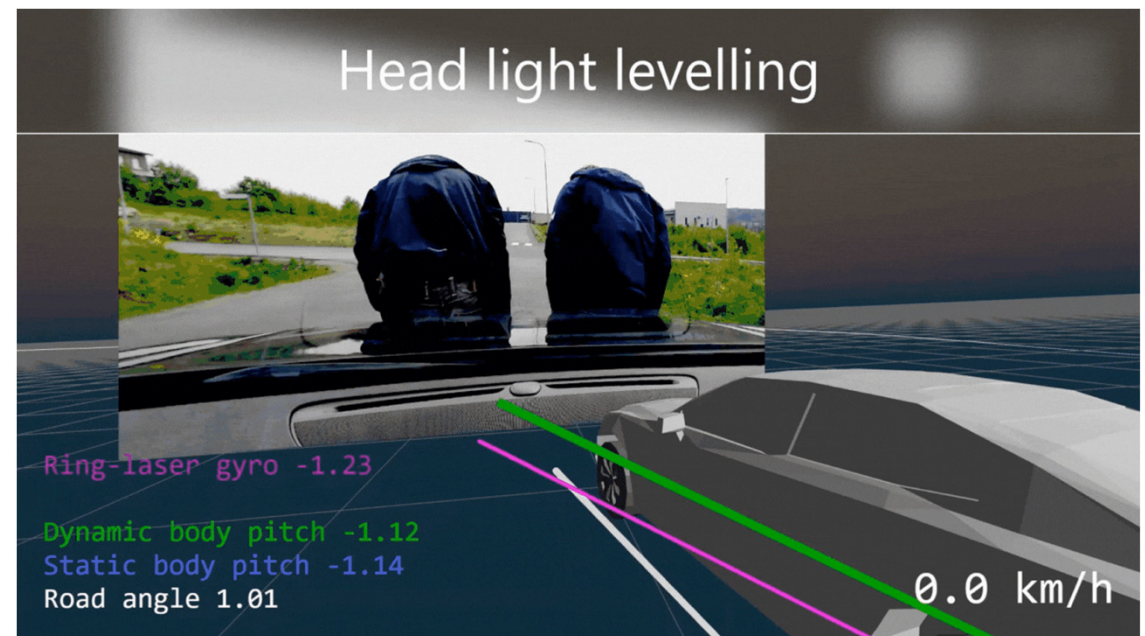


**Dynamic levelling으로  
LED Matrix의 가치 증대**

# 동작 알고리즘 – Static load

## Key points

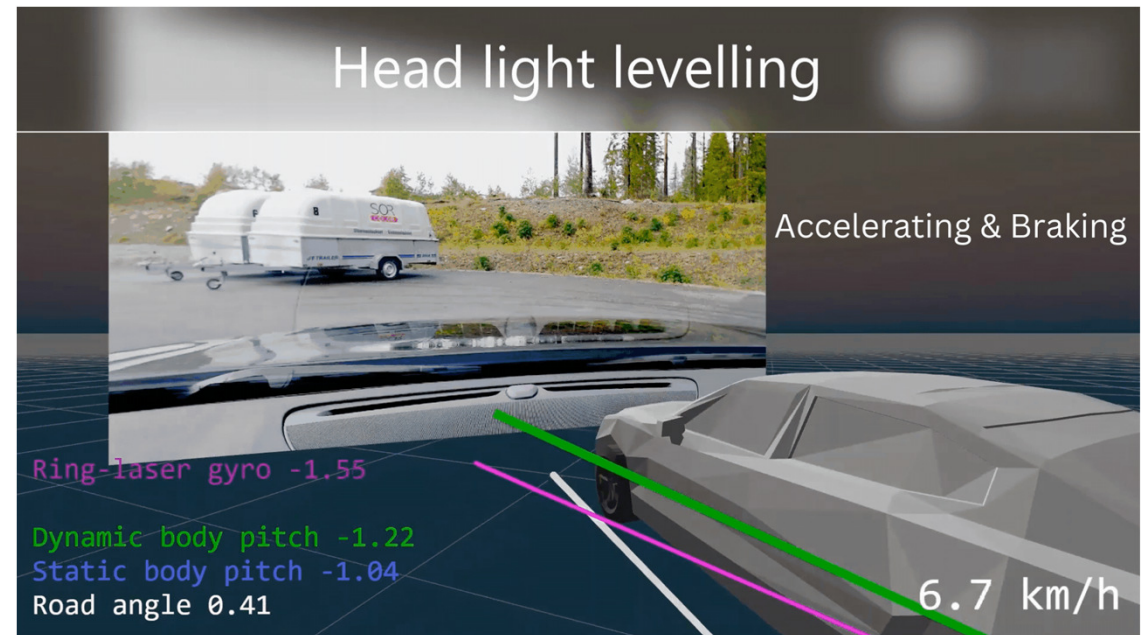
- ◆ 차체 기울기가 변해도 도로 각도가 일정하게 유지
- ◆ Ring-Laser 자이로 레퍼런스와 경미한 작은 차이만 발생



# 동작 알고리즘 - Dynamic situation

## Key points

- ◆ 주행 중 차체 기울기 일정하게 유지
- ◆ 주행 중 도로 경사도 정확하게 측정
- ◆ 매우 우수한 정확도



# GNSS 융합/측위 시스템(ADAS)



**muRata는 첨단 ADAS 및 자율주행을 지원하는 고성능 6DoF IMU를 개발하여 안전성을 높입니다.**

센서	Description	Why muRata?
SCH1633	3-axis acc + 3-axis gyro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 업계 최고의 자이로 안정성</li> <li>• 기능 안정성</li> <li>• 센서 융합 요구사항에 부합하는 성능</li> </ul>

muRata센서의 높은 정확도를 테스트 하기 위한 위치 추적 시험 프로젝트

# Inertial sensing in autonomous driving

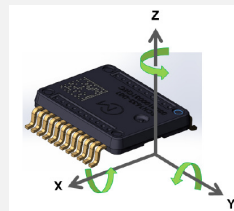
## Visual Inertial Odometry/Perception fusion



## muRata의 SCH1633

- ◆ 업계 최고의 성능
- ◆ FuSa 지원(ASIL B/D)
- ◆ 알고리즘 및 캘리브레이션 지원

SCH1633 IMU

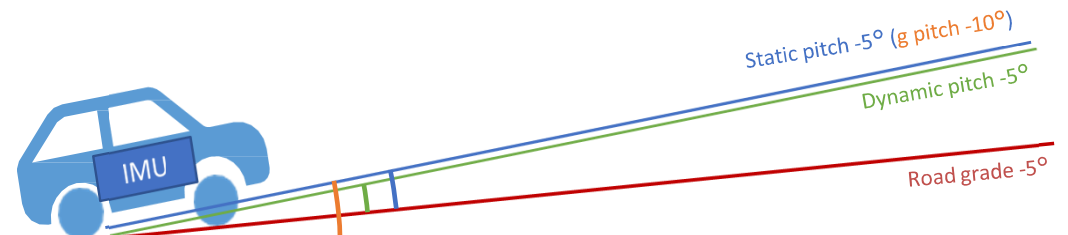


## GNSS/INS-FUSION

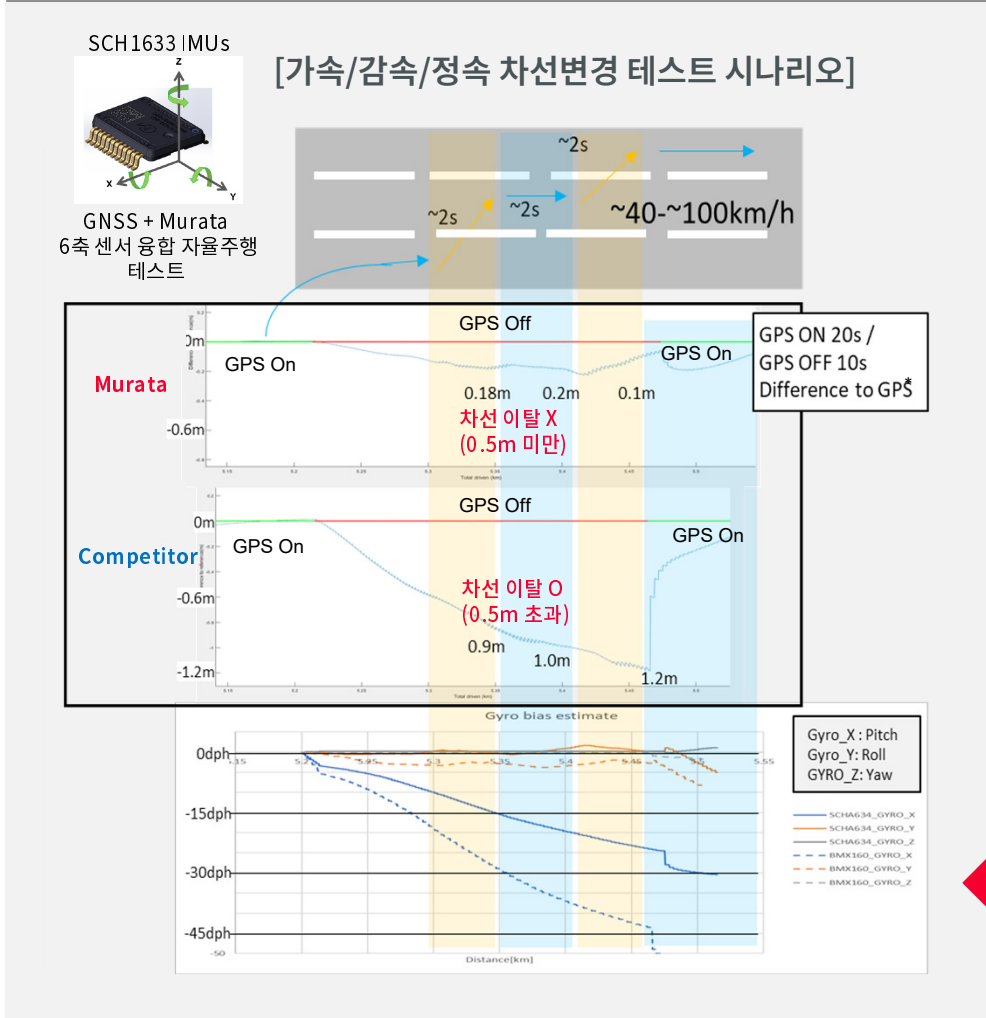


캘리포니아에서 자율주행 테스트를 하고 있는 업체의 90%가 muRata IMU를 사용하고 있습니다.

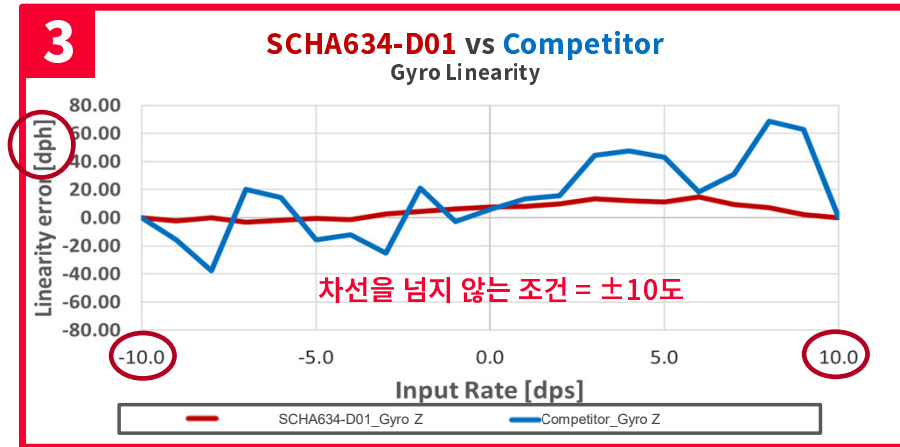
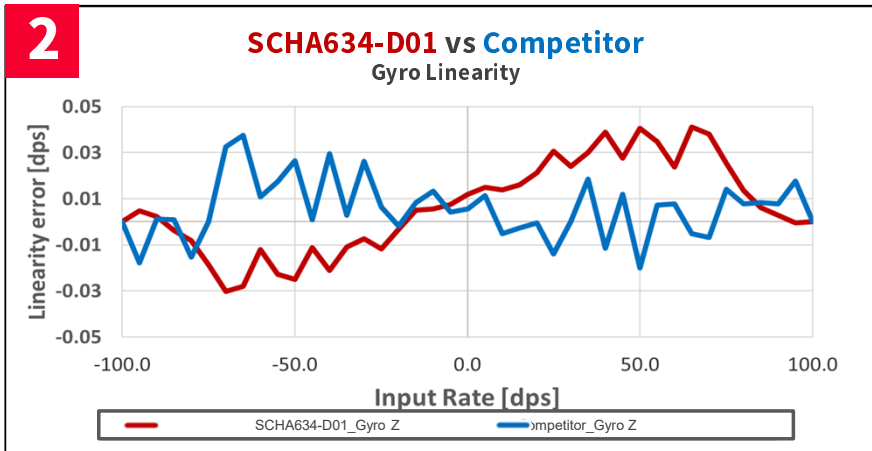
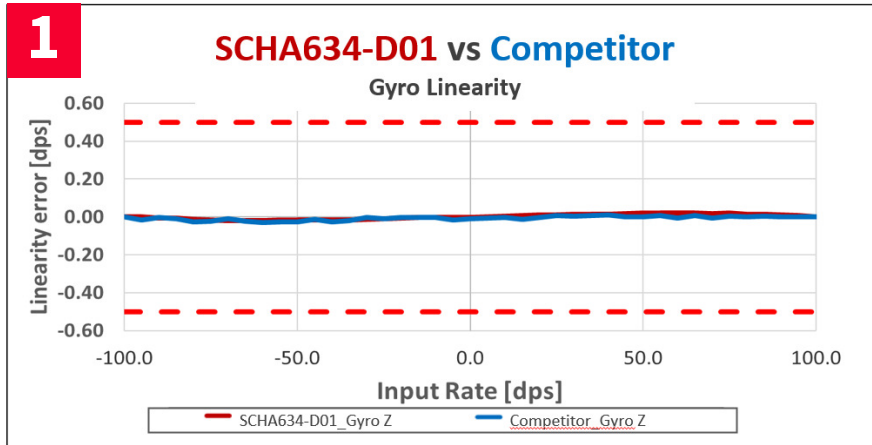
## Road Grade detection/Pose detection



# muRata 실제 도로주행 테스트 (GPS Off)



# muRata 6축센서의 안정적인 선형성



\* X축 : 측정 각도 범위 = dps(degree per second)  
Y축 : 선형성 에러



**자율주행 시 Sensor의 선형성이 제일 중요하다.**

- 1 2** : Data Sheet 상 표기된 Spec
- 3** : 실제 주행 환경에서의 Spec

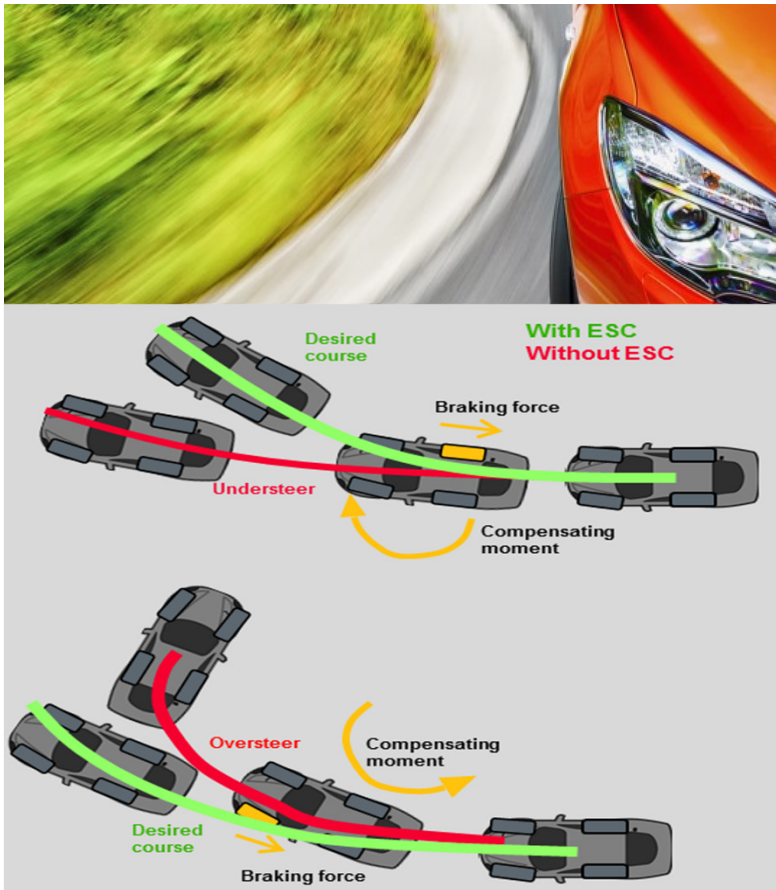
▶ 실제 자율주행에 영향을 미치는 조건에서 타사 대비 확연한 차이를 보인다.

# muRata 6축센서의 안정적인 선형성



	muRata SCHA634	A	B	C
ASIL-rating	B/D	N/A	N/A	N/A
Angular random walk	0.08 °/√h	0.21 °/√h	N/A	0.1 °/√h
Rate bias instability	1.0 °/h	3 °/h	N/A	3.5 °/h
Rate noise 300 Hz BW	0.055 °/s RMS	~0.096 °/sRMS	0.1 °/sRMS	N/A

# 차량 안정성 제어(ESC, ESP, VSC)



## ESC에 사용되는 MEMS 가속도계와 각속도 센서는 도로에서 차량의 안전성을 향상시킵니다.

커브길에서 ABS\*만으로는 충분하지 않습니다. ESC는 언더 및 오버스티어를 보정합니다. 각속도 센서의 Yaw rate ( $\Omega$ ), 원심 가속도 ( $a_T$ ), 가속도계의 횡 방향 가속도는 바퀴 속도와 핸들 각도로부터 계산한 값과 비교합니다.

\*ABS = Anti-lock Braking Systems

센서	Description	Why muRata?
SCC2000 SCC3300 SCH1633	3-axis acc + 1 or 2 gyro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진동 로버스트성</li> <li>• 온도에 따른 안정성</li> <li>• 최적의 비용 효율성 및 성능</li> </ul>

# Transmission Control Unit (TCU)





## 도로의 경사를 감지하는 데 사용되는 MEMS 가속도계를 통해 연료를 절약할 수 있습니다.

지능형 전송 제어 모듈은 경사 센서의 도움으로 차량의 경사도 변화를 감지합니다(경사가 있는 곳). 이 정보는 기어를 적절히 제어하는 데 활용됩니다.

센서	Description	Why muRata?
SCA3100 SCA3300	3-axis acc	<ul style="list-style-type: none"><li>• 극한의 상황에서도 안정적인 성능</li><li>• 넓은 온도 범위</li></ul>

# Industrial 제품 라인업

<b>Inclinometer</b> 	<b>SCL3300</b> (XYZ-axis)	- (XYZ) $\pm 90^\circ$ - 10, 40, or 70Hz selectable LPF - -40 to 125C operating temp
	<b>SCL3400</b> (XY-axis) <i>*High accuracy &amp; stability</i>	- (XY) $\pm 30^\circ$ with 10Hz LPF - (XY) $\pm 90^\circ$ with 40Hz LPF - -40 to 125C operating temp
<b>Combination Sensors</b> (Accelerometer & Gyroscope) 	<b>SCC400T</b> (Accel: XYZ-axis Gyro: XZ-axis)	- Acc: 6g (4905LSB/g), 8g (2452.5LSB/g) - Gyro: 300dps (80LSB/(°/s)) - -40 to 110C operating temp - 13, 20, 46, 200, 300Hz selectable LPF
	<b>SCHA63T</b> (Accel: XYZ-axis Gyro: XYZ-axis)	- Acc: 6g, (4905LSB/g) - Gyro: 300dps, (80LSB/(°/s)) - -40 to 110C operating temp - 13, 20, 46, 300Hz selectable LPF



- **Structural Health Monitoring**
- **Machine Control**
- **Construction Instrument**



- **Positioning System (GPS assistance)**
- **Machine Control**



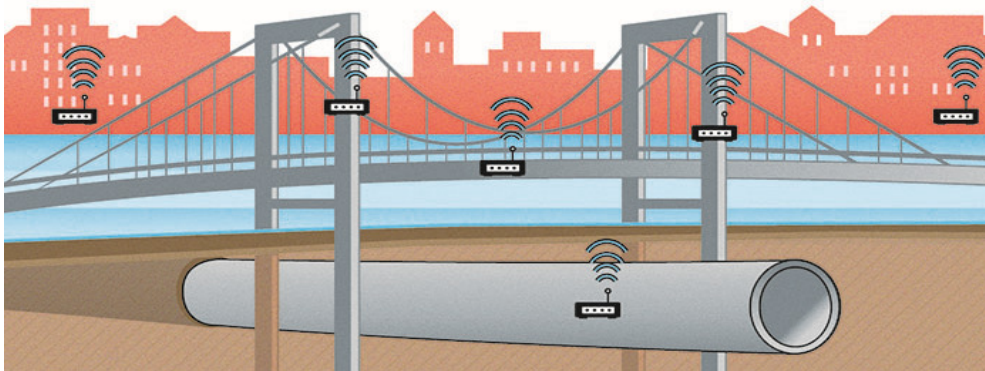
# 중장비(건설기계, 농기계)



## 충격과 진동에 대한 로버스트성이 뛰어난 MEMS 가속도계 및 자이로스코프

주요 애플리케이션	센서
Excavator scoop position Bull-dozer blade control	SCA3300
Agricultural machine auto steering	SCC2000
Fork lift motion control	SCH1633

# 측량 기기 및 구조물 상태 모니터링



**MEMS 가속도계와 자이로스코프는 시간과 온도에 따른 안정성을 통해 정확한 측정이 가능합니다.**

## 측량 기기

애플리케이션	센서	Description
Rotating laser	SCL3300 SCL3400	Inclinometer
Digital bubble level	SCL3300 SCL3400	Inclinometer
Surveying instruments	SCL3400	Inclinometer
	SCC400T SCH1633	Inclinometer + Gyroscope

## 구조물 상태 모니터링

애플리케이션	Sensors	Description
Structural health of tunnels, bridges and buildings	SCL3300 SCL3400	Inclinometer
Geotechnical probes (ground movement measurement devices)		



muRata MEMS 관성 센서는 시간과 온도에 따른 안정성과 충격 및 진동에 대한 견고성을 제공합니다.

주요 애플리케이션	센서
Drone & UAV	SCA3300 SCC400T SCH1633
Vehicle Guidance/ Autonomous Vehicles	
Satellite Control	
Airplane Instruments	



---

## **4** muRata 기술지원

## Technical Datasheets

## Application Notes

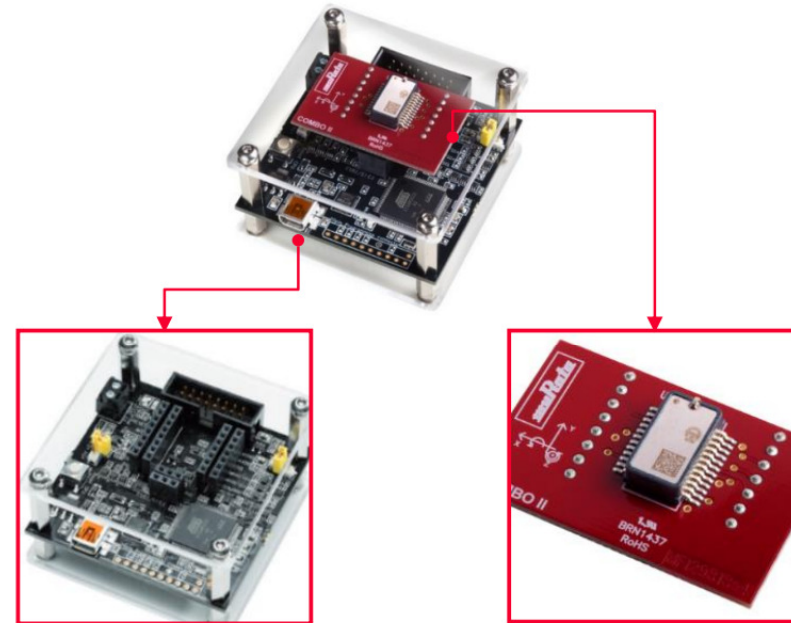
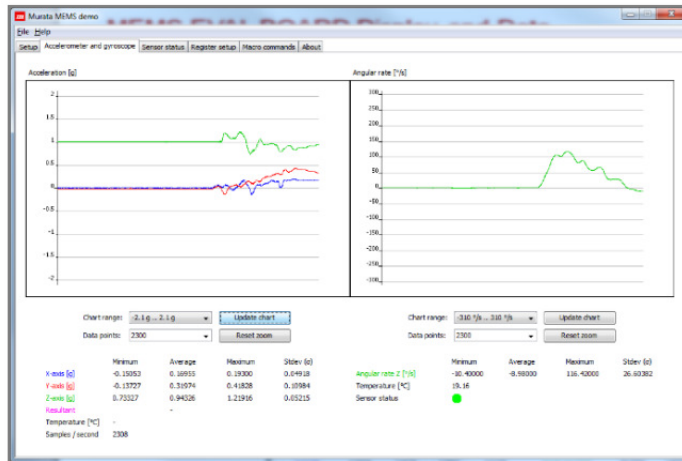
## Library Code Examples

## Evaluation Board

Chart range	0.000...0.000	0.0000...0.0000	0.0000...0.0000	0.0000...0.0000
Date points	2300			
Chart type	Line			
Start time	2024/06/20 10:00:00			
End time	2024/06/20 10:00:00			
Resolution	0.0001			
Scale	1.0000			
Unit	g			

# MEMS 평가 보드

- **MEMS EVAL BOARD ( supports majority of Murata Electronics' sensors**
  - Java based Graphical User Interface (Windows, Linux)
  - Sensor output in graphical format
  - Data logging with time stamps
  - Data rate and average calculation configuration options
  - Powered from PC USB port



**Interface Board  
(MEMS EVAL BOARD)**

**Sensor Board**

# 감사합니다

