Apex 시리즈

고급 머신 비전 애플리케이션을 위한 3-CMOS
프리즘 기반 R-G-B 에어리어 스캔 카메라



색상 정밀도가 중요한 순간...
APEX 시리즈 는 최선의 선택이 될것입니다!

- 탁월한 정확도의 컬러 이미지 데이터
- 단일 센서 카메라보다 높은 공간 해상도 및 감도
- 최소 크로스톡으로 동급 최고의 파장대 분리

Version 2 버전 2

Apex 시리즈

고급 머신 비전 애플리케이션을 위한 3-CMOS 프리즘 기반 R-G-B 에어리어 스캔 카메라

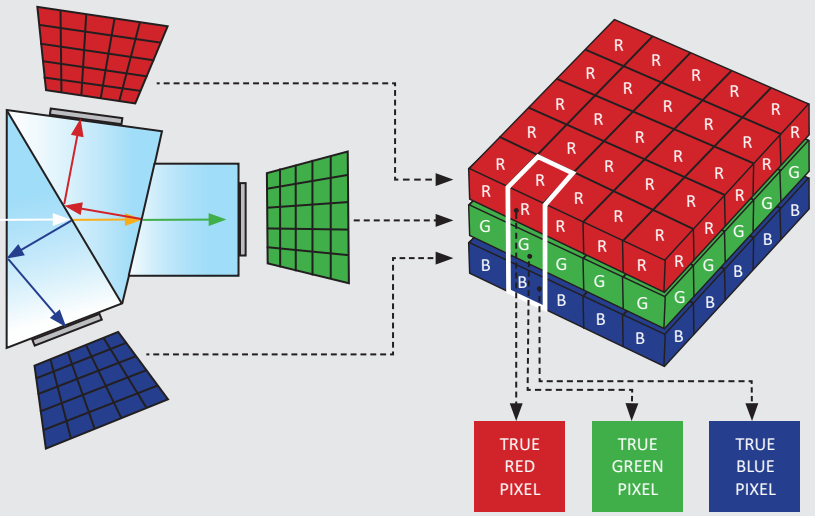
카멜레온은 완벽한 제어력으로 색상을 완벽하게 구현합니다...
자연이 탁월하듯, APEX 시리즈는 컬러 비전 시스템의 기준을 제시합니다.
첨단 3-CMOS 프리즘 기반 기술을 탑재한 APEX 카메라는 비교할 수 없는
컬러 정확도와 공간 정밀도를 제공합니다.



가장 까다로운 머신 비전 및 검사 애플리케이션을 위한 탁월한 색상 정확도 제공

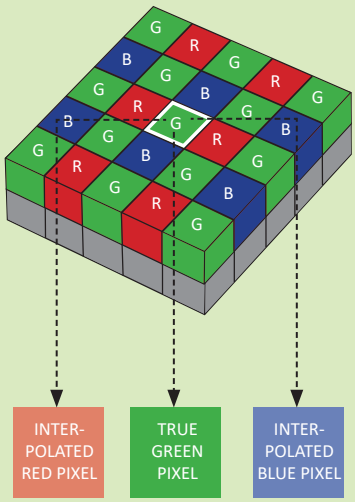
JAI Apex 시리즈는 매우 정확한 컬러 이미징이 필요한 비전 시스템을 개발하는 데 이상적인 선택입니다. Apex 시리즈의 카메라는 프리즘 기반 이미징 기술을 활용하여 들어오는 빛을 적색, 녹색, 청색 파장으로 분리하고, 빛을 세 개의 정밀하게 픽셀 대 픽셀로 정렬된 CMOS 센서로 전달합니다. 이 첨단 접근 방식은 기존 베이어 모자이크 기반 컬러 카메라보다 훨씬 더 높고, 훨씬 뛰어난 색상 충실도와 공간 정밀도를 제공합니다.

프리즘 기반 이미징 vs 베이어 모자이크 이미징



프리즘 기반 이미징: 실제 색상 재현

카메라 내장 프리즘이 빛을 적색, 녹색, 청색 파장으로 분할한 후 정밀하게 정렬된 세 개의 CMOS 센서가 각각 포착합니다. 세 개의 이미지가 하나의 R-G-B 이미지로 결합되어 픽셀별 색상 값이 더 정확하고 공간 정밀도가 향상되어, 베이어 모자이크 색상 보간 기술에 의존하는 기존 컬러 카메라보다 우수한 성능을 발휘합니다.



베이어 모자이크 이미징: 보간된 색상

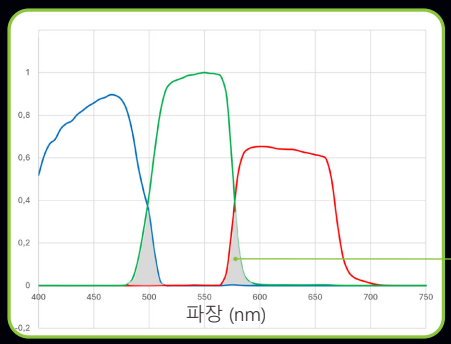
베이어 기법에서는 각 픽셀이 세 가지 기본 색상 중 하나만 포착하도록 필터링됩니다. 결과적으로 단일 픽셀이 적색, 녹색, 청색 값을 모두 완벽하게 표현할 수 없습니다. 풀컬러 이미지를 생성하기 위해 베이어 기법은 주변 픽셀을 참조하여 누락된 색상 정보를 보간합니다. 이 과정은 각 픽셀의 이웃 픽셀을 기반으로 적색, 녹색, 청색 값을 추정합니다. 이 보간 기법의 결과는 프리즘 기반 카메라에 비해 색상 정확도와 해상도가 낮습니다.

색상 크로스톡을 최소화하여 정확한 색상 값과 높은 공간 정밀도를 구현

가장 미세한 색상 디테일까지 구현

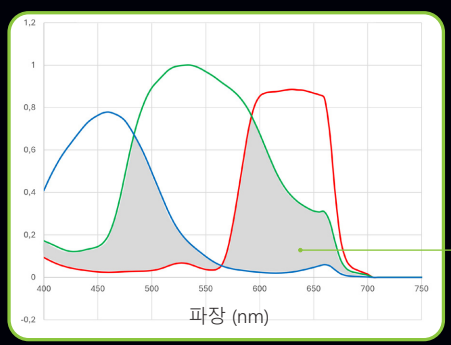
APEX 프리즘 기반 RGB 카메라는 가파른 스펙트럼 컷오프 특성을 지닌 정밀 설계된 하드 이색성 필터를 사용하여 각각의 적색, 녹색, 청색 파장 대역을 전용 센서로 유도합니다. 이러한 선명한 스펙트럼 분리는 색상 크로스톡을 최소화하여 더욱 정확하고 생생한 색상을 구현하는 동시에, 미세한 색상 차이까지 보다 명확하게 구분할 수 있습니다

반면, 바이엘(Bayer) 방식의 컬러 카메라는 스펙트럼 응답 곡선이 더 넓고 선택성이 낮은 컬러 필터 어레이를 사용합니다. 이로 인해 적색, 녹색, 청색 채널 간에 중첩 현상이 발생하여 색상 크로스톡이 증가하고, 색상 정확도와 미묘한 색상 차이를 구별하는 능력이 저하됩니다.



AP-5100T - 프리즘 방식의 영역 스캔 카메라로, 3개의 IMX548 흑백 센서를 탑재하고 있습니다.

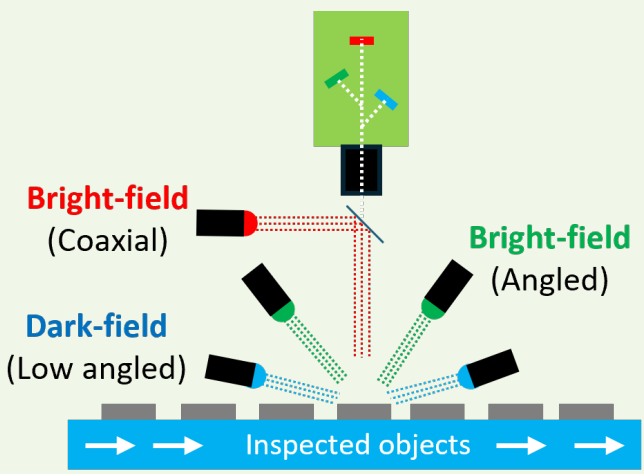
색상 크로스톡이 최소화됨



GOX-5105C - IMX547 컬러 센서 1개를 탑재한 바이엘(Bayer) 방식의 에어리어 스캔 카메라.

높은 색상 크로스톡

다중 조명 조건 비전 검사 최적화

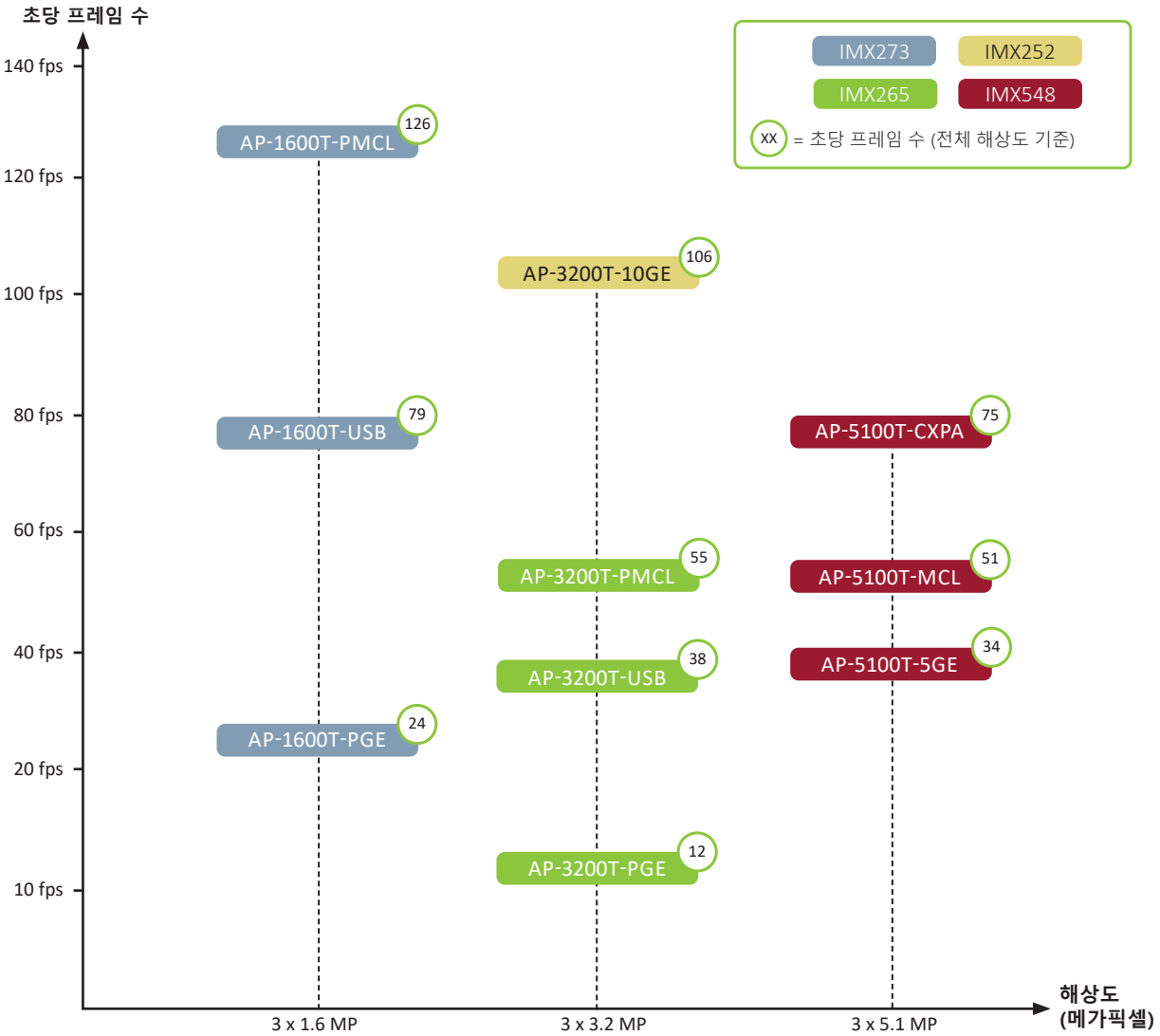


다중 센서 프리즘 카메라 기술과 협대역 LED 조명을 결합함으로써, 서로 다른 각도(동축, 명시야, 암시야)에서 산란된 빛의 이미지를 동시에 획득할 수 있습니다. 카메라 프리즘이 이색성 필터를 사용하여 서로 다른 파장 대역을 분리하고 이를 세 개의 픽셀 정렬된 이미지 센서로 유도하기 때문에, 적색, 녹색, 청색 LED를 모두 동시에 점등할 수 있습니다.

이러한 머신 비전 구성은 높은 컨베이어 속도에서도 완전한 병렬 이미지 획득을 가능하게 하며, 조명과 카메라 트리거링 간의 복잡한 동기화 과정을 생략할 수 있게 합니다. 그 결과, 시스템은 단 한 번의 검사 패스로 동축, 명시야 및 암시야 조명 조건에서 픽셀 정렬된 이미지를 동시에 획득합니다.

다양한 해상도, 프레임 속도 및 인터페이스 중에서 선택

Apex 시리즈 모델에는 PregiusTM 및 PregiusTM S 이미지 센서가 장착되어 있으며, 3 x 1.6 메가픽셀, 3 x 3.2 메가픽셀, 3 x 5.1 메가픽셀 등 다양한 해상도 옵션을 제공합니다. 프레임 속도는 선택한 해상도와 인터페이스에 따라 초당 12~126 프레임입니다.





44 x 44 x 84 mm
(H x W x D)



54 x 54 x 74 mm
(H x W x D)



62 x 62 x 86.5 mm
(H x W x D)



54 x 54 x 74 mm
(H x W x D)



44 x 44 x 74 mm
(H x W x D)



44 x 44 x 74 mm
(H x W x D)



54 x 54 x 74 mm
(H x W x D)

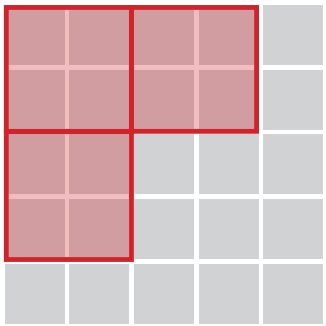
픽셀 비닝

센서의 광 감도를 향상시키기 위해 사용됩니다.

기존 픽셀 비닝은 광 감도를 개선하고 신호 대 잡음 비율을 높일 수 있어, 최대 해상도보다 화질을 우선시할 때 이상적입니다. 다양한 비닝 옵션이 제공됩니다:

2x1(수평), 1x2(수직) 또는 2x2(수평 및 수직).

2 x 2



전통적인 2x2 비닝.

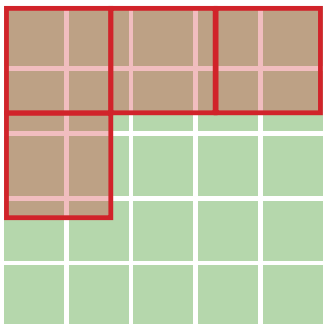
Xscale 기능

픽셀 크기, 감도 및 해상도 요구 사항을 충족하기 위한 서브 픽셀 스케일링.

Xscale 기능은 픽셀 크기, 해상도, 감도 및 신호 대 잡음 비 조정 시 기존 픽셀 비닝보다 훨씬 더 큰 유연성을 제공합니다. 기존 비닝은 1x2, 2x1 또는 2x2와 같은 전체 픽셀 그룹으로만 제한되는 반면, Xscale은 부동 소수점 값을 지원합니다. 즉, 전체 픽셀과 부분 픽셀을 결합하여 정확히 필요한 크기의 "가상" 픽셀을 형성할 수 있습니다.

참고: Xscale 기능은 Apex 5.1메가픽셀 모델에서만 사용할 수 있습니다.

1.666 x 1.666

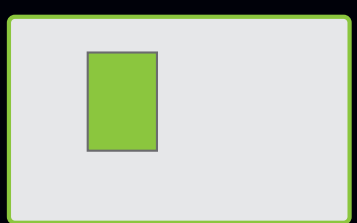


Xscale 서브픽셀 스케일링 예시.

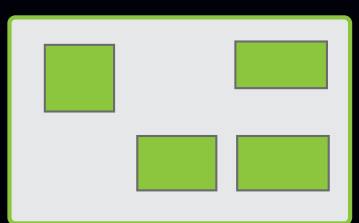
단일 및 다중 관심 영역(ROI)

향상된 프레임 속도와 이미지 처리 효율성을 위해.

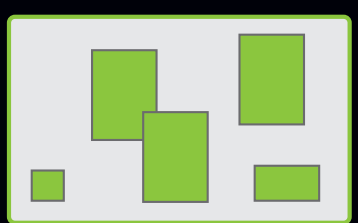
이 카메라는 단일 및 다중 관심 영역(ROI) 구성을 모두 지원하여 장면 내 특정 정사각형 또는 직사각형 영역의 이미지 캡처를 가능하게 합니다. 정의된 ROI로 처리를 제한함으로써 카메라는 더 높은 프레임 속도를 달성하고 이미지 처리 부하를 줄여 더 빠르고 효율적인 검사 루틴을 구현합니다.



단일 ROI.



그리드 기반 다중 ROI.



중복이 있는 다중 ROI.

참고: 다중 ROI 및 중복이 있는 다중 ROI는 일부 모델에서 사용할 수 있습니다.

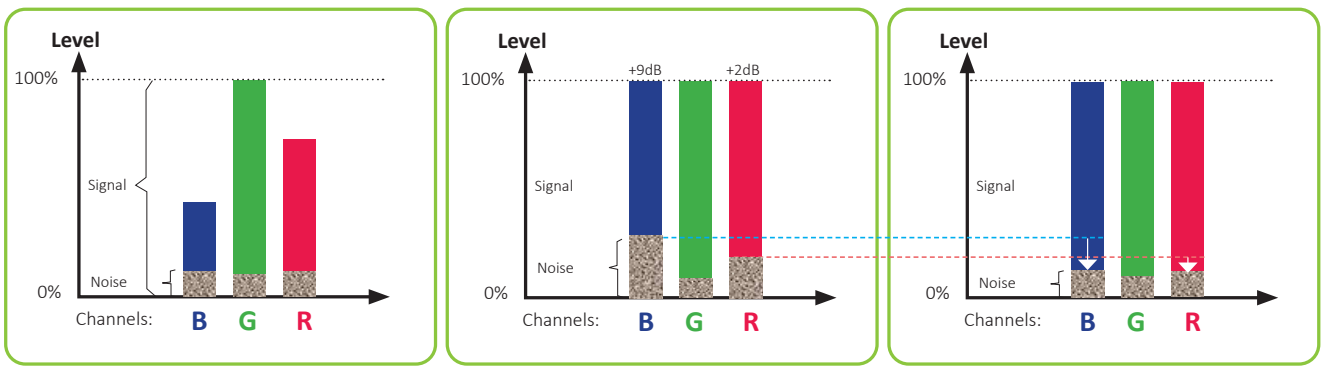
ROI 영역에 대한 음영 보정. (AP-5100T 모델 전용)

조명이 센서 영역 전체를 커버하지 못하는 경우, 관심 영역에만 쉐이딩 보정을 적용할 수 있습니다. 이를 통해 활성 이미징 영역에서 보정 정확도를 저하시키지 않고 부분 필드 조명을 사용할 수 있습니다.

채널별 노출 제어

더 깨끗하고 정확한 색상을 위해.

APEX 카메라는 적색, 녹색, 청색 센서 각각에 대해 독립적인 노출 제어를 제공합니다. 각 채널의 셔터 시간을 개별적으로 조정함으로써, 카메라는 노이즈를 인위적으로 증폭시키지 않고 진정한 신호를 증가시킵니다. 이로 인해 다중 스펙트럼 또는 혼합 조명 환경에서도 정확한 색상과 일관된 대비를 갖춘 더 깨끗하고 고품질의 이미지를 얻을 수 있습니다.



일반적인 CMOS 이미지.

게인과 노출이 동일할 경우 3개 채널의 서로 다른 회색 레벨. 레벨 조정이 필요합니다.

Bayer 카메라는 **GAIN**을 통해서만 레벨을 균형 잡을 수 있습니다.

이미지 노이즈는 비례하여 증가합니다.

Apex 카메라는 각 센서별로 **노출** 시간을 개별적으로 제어할 수 있습니다.

이미지 노이즈는 최소 수준으로 유지됩니다.

노이즈의 증가분은 노출 시간에 따라 거의 무시할 수 있는 수준입니다(표준 노출 시간 범위 내).

카메라 내 색수차 보정

더 선명한 이미지.

모든 컬러 채널에서 완벽한 공간 정렬을 보장하기 위해 Apex 5.1메가픽셀 모델에는 고급 측면 색수차 보정 기능이 포함되어 있어 각 채널의 배율을 독립적으로 조정할 수 있습니다. 이를 통해 렌즈로 인한 광학 분산 효과를 보정하여 더욱 선명하고 정확한 이미지를 제공합니다. 이는 정밀 측정, 결함 감지 및 다중 스펙트럼 분석에 특히 중요합니다.

참고: AP-3200T 및 AP-1600T 모델은 표준 수차 보정 기능을 제공합니다.

자동 레벨 제어(ALC)

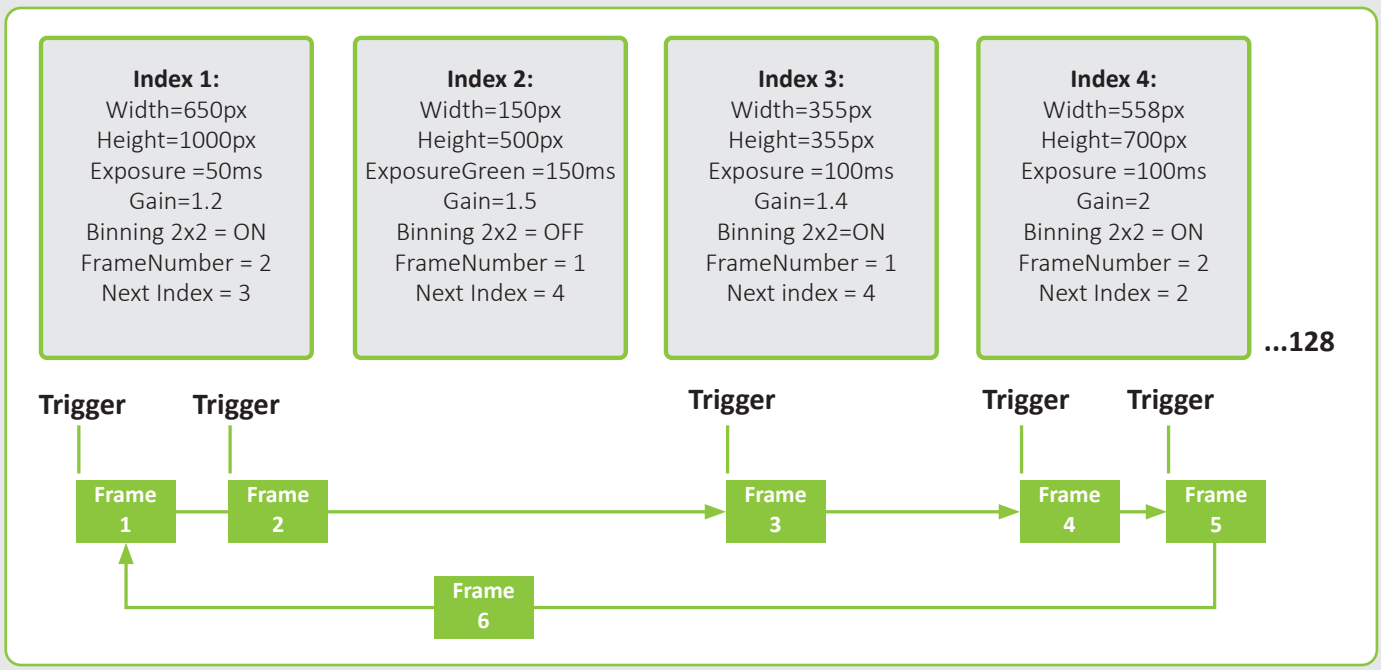
일관된 이미지 밝기 유지.

자동 레벨 제어(ALC)는 카메라의 지능형 이미징 기능으로, 사용자가 정의한 임계값 내에서 게인과 셔터 속도를 동적으로 조정하여 변동하는 조명 조건에서도 일관된 밝기와 이미지 품질(모션 블러 발생 없이)을 유지합니다. 이는 다양하고 변화하는 환경에서도 안정적으로 작동해야 하는 실시간 실외 이미징 시스템에 특히 유용합니다.

시퀀서 제어 기능

서로 다른 카메라 설정으로 여러 노출을 캡처합니다.

모든 Apex 모델에는 시퀀서 제어 기능이 탑재되어 있어 사용자가 노출 시간, 게인, ROI 및 기타 카메라 설정의 여러 조합(인덱스)을 정의할 수 있으며, 카메라가 트리거 신호를 수신할 때마다 단계별로 진행할 수 있습니다. 이는 반사율이나 대비 수준이 크게 다른 영역이나 구성 요소를 조정하기 위해 검사 대상물의 여러 노출을 빠르게 캡처하는 데 특히 유용하여 비전 검사 효율을 향상시킵니다. 사용자는 최대 128개의 인덱스를 지정하고 인덱스 실행 순서를 정의할 수 있습니다.



애플리케이션에 맞는 카메라 내 색상 공간 변환

Apex 카메라는 고급 온보드 색상 공간 변환 기능을 제공하여 인쇄 검사 및 평판 디스플레이 검사 등 애플리케이션별 요구 사항에 유연하게 적응할 수 있습니다.

지원되는 변환은 다음과 같습니다.

R-G-B → HSI, R-G-B → CIE XYZ, R-G-B → sR-G-B, R-G-B → Adobe R-G-B.

또한 사용자 정의 색상 보정 매트릭스를 통해 맞춤형 R-G-B 프로파일 구성이 가능하여 색 재현에 대한 제어력을 강화합니다.

복잡한 트리거링 시나리오를 위한 유연한 광학 I/O

최대 4개의 광학 입력 및 4개의 광학 출력을 갖춘 Apex 카메라는 정교한 검사 시스템에 쉽게 통합됩니다. 이러한 유연성을 통해 여러 광원, 카메라 또는 모션 제어 장치를 조정하기 위한 복잡한 트리거링 체계를 설정할 수 있어 다중 스펙트럼 워크플로우에서 각 조명 단계에 대한 정확한 타이밍을 보장합니다.

신뢰성 있는 작동을 위한 견고한 설계

까다로운 산업용 애플리케이션을 위해 설계된 이 카메라는 높은 충격(50G) 및 진동(3G) 내성을 지닌 견고한 구조를 특징으로 하여 가혹하고 고온의 환경(주변 온도 범위: -5°C ~ +45°C)에서도 안정적인 성능을 보장합니다.

50G	3G	-5°C to +45°C	10만시간 이상
충격	진동	온도 범위	MTBF

추가적인 더 많은 기능:

- 자동 화이트 밸런스
- 색온도 프리셋 기능
- 감마/룩업 테이블
- 결점 보정
- 음영 보정
- 정밀 시간 프로토콜(PTP) (참고 1)
- 컬러 인핸서 기능
- 에지 강화 기능
- 비디오 프로세스 바이패스 모드
- 펄스 발생기
- 카운터 기능
- RCT 모드 (일부 모델)
- 입자 영상 속도계측(PIV) 모드 (참고 2)
- 이더넷 전원 공급(PoE) - AP-1600T-PGE 및 AP-3200T-PGE
- 카메라 링크 전원 공급(PoCL) - AP-1600T-PMCL 및 AP-3200T-PMCL
- CoaXPress를 통한 전원 공급(PoCXP) - AP-5100T-CXPA



참고 1: GigE Vision 인터페이스가 있는 모든 모델에서 지원됩니다.
참고 2: AP-5100T 모델에서만 지원됩니다.

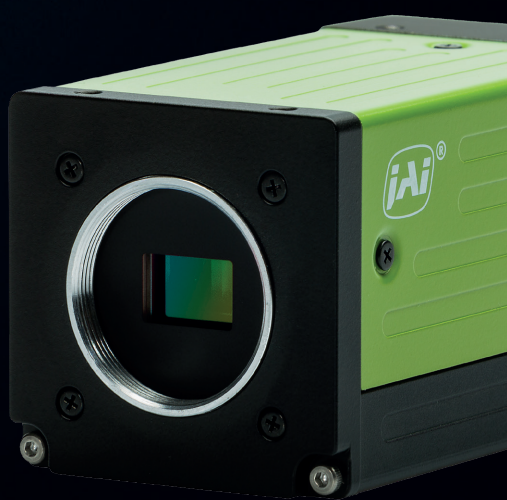
다음 컬러 검사 시스템에 적합한 Apex 모델을 찾으십시오.

모델	전면	해상도 메가픽셀 (MP) (수평 x 수직 픽셀)	초당 프레임 수 (fps)	센서 포맷	픽셀 크기 (µm)	데이터 출력 (bit)	센서 포맷	인터페이스
Models with 3 x 1.6 megapixels:								
AP-1600T-PGE		3 x 1.6 MP 1456 x 1088	24 fps	1/2.9″ CMOS	3.45 x 3.45 µm	8/10/12	IMX273 (Pregius)	GigE Vision
AP-1600T-USB [1]		3 x 1.6 MP 1456 x 1088	79 fps	1/2.9″ CMOS	3.45 x 3.45 µm	8/10/12	IMX273 (Pregius)	USB Vision
AP-1600T-PMCL		3 x 1.6 MP 1456 x 1088	126 fps	1/2.9″ CMOS	3.45 x 3.45 µm	8/10/12	IMX273 (Pregius)	Mini CL
Models with 3 x 3.2 megapixels:								
AP-3200T-PGE		3 x 3.2 MP 2064 x 1544	12 fps	1/1.8″ CMOS	3.45 x 3.45 µm	8/10/12	IMX265 (Pregius)	GigE Vision
AP-3200T-USB [1]		3 x 3.2 MP 2064 x 1544	38 fps	1/1.8″ CMOS	3.45 x 3.45 µm	8/10/12	IMX265 (Pregius)	USB Vision
AP-3200T-PMCL		3 x 3.2 MP 2064 x 1544	55 fps	1/1.8″ CMOS	3.45 x 3.45 µm	8/10/12	IMX265 (Pregius)	Mini CL
AP-3200T-10GE [2]		3 x 3.2 MP 2064 x 1544	106 fps	1/1.8″ CMOS	3.45 x 3.45 µm	8/10/12	IMX252 (Pregius)	GigE Vision (10GBASE-T)
Models with 3 x 5.1 megapixels:								
AP-5100T-CXPA **NEW**		3 x 5.1 MP 2472 x 2064	75 fps	1/1.8″ CMOS	2.74 x 2.74 µm	8/10/12	IMX548 (Pregius S)	CoaXPress (CXP-12) 1-connector
AP-5100T-5GE [3] **NEW**		3 x 5.1 MP 2472 x 2064	34 fps	1/1.8″ CMOS	2.74 x 2.74 µm	8/10/12	IMX548 (Pregius S)	GigE Vision (5GBASE-T)
AP-5100T-MCL **NEW**		3 x 5.1 MP 2472 x 2064	51 fps	1/1.8″ CMOS	2.74 x 2.74 µm	8/10/12	IMX548 (Pregius S)	Mini CL

참고 1: 모델은 IR 차단 필터 유무에 따라 제공될 수 있습니다. IR 차단 필터가 없는 모델은 더 높은 적색 채널 감도와 더 높은 근적외선(NIR) 감도를 제공합니다.

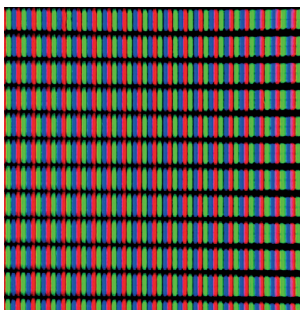
참고2: 5GBASE-T, 2.5GBASE-T 및 1000BASE-T로 자동 협상 가능합니다.

참고 3: 2.5GBASE-T 및 1000BASE-T로 자동 협상 가능합니다.



응용 사례

Apex 시리즈는 정확한 색상 데이터가 가장 중요한 산업용 이미징 애플리케이션에 이상적인 선택입니다:



디스플레이 검사

R-G-B 채널 분리 기능을 통해 적색, 녹색, 청색 서브픽셀의 밝기, 균일성 및 불량 픽셀 검사를 동시에 수행할 수 있으며, 채널 간 누출이 없어 치명적인 측정 오류를 방지합니다.

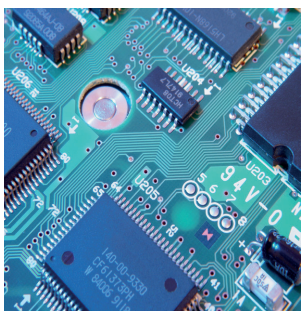


제약 품질 검사

크로스톡이 적은 이미징으로 앰플, 캡슐, 다층 정제의 진정한 색상 차이를 분리하여, 베이어 센서가 색상 번짐으로 오인할 수 있는 코팅 변형이나 오염을 더 잘 감지할 수 있습니다.

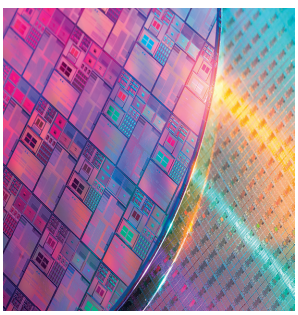
전자 부품 및 PCB 검사

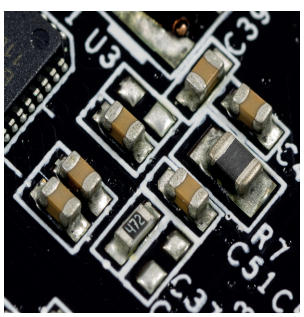
채널별 다른 조명을 사용하여 한 번의 패스로 솔더 접합부 무결성, 실크스크린 정렬, 부품 존재 여부 등 여러 검사 이미지를 캡처하여 처리량을 높이고 카메라 수를 줄이며 시스템 공간을 절약합니다.



반도체 및 웨이퍼 검사

최소한의 스펙트럼 중첩으로 다중 조명 유형(예: 암시야, 명시야, 백라이트) 또는 서로 다른 파장을 동시에 채널 오염 없이 사용할 수 있어 웨이퍼 및 미세 구조에서 더 상세하고 효율적인 결함 검출이 가능합니다.





MLCC 검사

MLCC는 깨지기 쉬우며 기계적 및 열적 스트레스에 매우 취약합니다. 아주 작은 표면 균열도 확산되어 사용 중 단락을 일으킬 수 있습니다. Apex 카메라의 높은 공간 해상도는 MLCC가 PCB에 장착되기 전에 미세한 균열 및 기타 결함을 식별하는 데 도움이 될 수 있습니다.



인쇄 검사

라스터 오프셋 감지 및 등록 마크 또는 색상 제어 패치의 정확한 샘플링을 위해 잉크 분리 현상을 탁월한 정밀도로 해결하여 인쇄 품질과 일관성을 보장합니다.

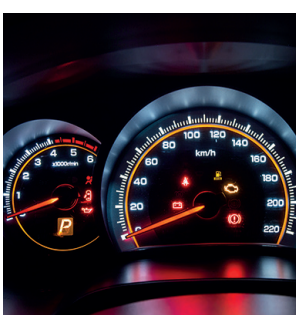
식품 선별 및 등급 분류

프리즘 기반 분리 기술로 색상 크로스 토크를 제거하여 과일, 채소, 계란, 육류의 미세한 숙성도 및 결함 색상을 정밀하게 등급 분류할 수 있습니다. 베이어 센서가 대비를 잃는 혼합 조명 환경에서도 가능합니다.



자동차 검사

순수한 R-G-B 채널을 캡처함으로써 프리즘 센서는 주변 파장의 간섭 없이 페인트 색조와 LED 색상을 정확하게 측정하여 다양한 조명 조건에서도 신뢰할 수 있는 결과를 보장합니다.





JAI A/S cannot be held responsible for any technical or typographical errors in this document and reserves the right to make changes to products and documentation without prior notification. September 2026 +v2.

EMEA

Denmark - JAI A/S
E-mail: camerasales.emea@jai.com

Germany - JAI A/S
E-mail: camerasales.emea@jai.com

The Netherlands - JAI A/S
E-mail: camerasales.emea@jai.com

APAC

Japan: JAI Ltd., Japan
E-mail: camerasales.japan@jai.com

China - JAI Technology (Beijing) Co., Ltd.
E-mail: camerasales.apac@jai.com

South Korea - JAI
E-mail: camerasales.apac@jai.com

Taiwan - JAI Representative Office
E-mail: camerasales.apac@jai.com

AMERICAS

United States - JAI Americas Inc.
E-mail: camerasales.americas@jai.com

www.jai.com

See the possibilities