

회절렌즈와 굴절렌즈의 조합은 고해상도 광학계 설계의 필수요건

최신 광학계의 설계 기술 동향

현대의 많은 광 관련 시스템을 구축하기 위해서는 거시적으로 전체적인 Layout을 대략적으로 결정하는데, 이때 광학계의 구성이 가장 중요한 부분이 된다. 이러한 시스템을 실제 구현하기 위해서는 관련된 광학계의 설계가 요구되며, 이 부분에 많은 기술과 know-how가 요구된다. 또한 참된 설계는 시스템의 제작성과 조립성을 충분히 고려한 설계를 의미하며, 이러한 결과는 철저한 광학계 분석으로부터 얻을 수 있다.

편집자 주



정 미 숙

산업기술대학교
나노광공학과 교수

광학이란 빛을 다루는 학문으로서, 빛을 통해 원하는 정보나 보고자 하는 것을 얻기 위한 학문이라고 할 수 있다.

이를 위해선 우선적으로 빛의 성질을 잘 알아야 하며, 빛을 잘 컨트롤할 수 있어야 한다. 빛을 컨트롤하는 수단으로는 일반적으로 렌즈를 이용하며, 원하는 광학계의 사양에 따라 광원의 종류, 광원의 위치, 렌즈의 굴절률, 렌즈의 형상 및 조합과 위치를 결정하는 광학계 설계가 필요하다. 이때 광학계 설계 기술은 기하광학 및 파동 광학의 기초지식 기반 위에서 다양한 설계 경험을 통하여 이루어진다.

그 동안의 광학계 설계에 대한 흐름을 살펴보면, 시대의 변화에 따라 렌즈 설계에 이용되는 광학재료와 그 모양이 보다 다양화되고 있다.

초기에 광학유리를 이용한 구면렌즈를 이용한 설계가 진행되었고, 이는 앞으로도 계속해서 설계의 한 축이 되어갈 것이다. 구면렌즈의

경우 제작이 용이하고 그 테스트 또한 용이하기 때문에 앞으로 많은 활용이 기대된다.

렌즈의 재질 및 형상에 따른 광학계의 설계 방향

이러한 분위기 속에서 제조기술의 급속한 발달에 따라 설계에도 많은 변화와 다양성이 나타나게 되었다.

재료면에서도 광학유리 이외에 플라스틱 재료의 활용이 크게 증가되고 있는 것이 대표적인 예이다. 아직 플라스틱 재료가 광학유리만큼 다양해지지는 않았지만 high quality가 아닌 대량생산 영역에서 그 이용이 점점 확대되고 있다. 뿐만 아니라 가격 경쟁력 및 경량화 측면에서도 광학유리보다 월등함을 보여주고 있다.

또한 초정밀 가공기술의 발달로 인하여 여러 개의 구면 렌즈들의 성능을 한 두개의 비구면 렌즈로 대체할 수 있게 되어 비구면 렌즈의 설계기술을 특별히 요하기도 한다. 최근 광학 S/W에서는 다양한 종류의 비구면을 제시하고 있다. 문제는 어떠한 비구면을 사용하느냐이다. 설계자는 최적의 설계를 위하여 비구면에 대한 특성을 충분히 이해하고 설계 parameters를 선택해야 한다.

가공기술의 발달로 요즘 한창 정밀 광학계 영역에 그 가치를 발휘하는 회절렌즈는 색수차가 크다는 단점이 있어 단색광원을 이용하는 영역에 주로 이용하였으나, 굴절렌즈와의 조합에 의해 색수차 보정이 용이하여 특히 넓은 파장 대역을 사용하는 경우에 활발히 이용되고 있다. 굴절렌즈의 경우 파장이 짧을수록 굴절력이 커서 짧은 focus를 갖는데 비하여 회절렌즈의 경우 굴절렌즈와 반대되는 성질을 가지고 있어 이들 두 렌즈의 최적화로부터 색수차를 제거할 수 있기 때문이다. 결국 고해상도를 요하는 광학계 설계의 경우 회절렌즈와 굴절렌즈의 조합은 요즘 필수 불가결한 상황이라고 말할 수 있다.

그리고 제작기술이 좀 더 용이해진다면 렌즈의 위치에 따라 굴절률이 다른 GRIN(Gradient Index)렌즈와 전기적인 구동에 의해서 굴절률을 조절할 수 있는 액체렌즈의 이용은 크게 증가될 것으로 생각된다. 이러한 재료들을 이용한 렌즈들은 소형화, 경량화영역에서 기존의 모든 렌즈를 대신할 수 있지 않을까 생각된다. 하지만 여기서 간과해서 안 되는 것은 모든 광학소자들은 나름대로 장점과 단점을

가지고 있다는 것이다.

따라서 각 소자들의 물리적 특성을 잘 이해하고 설계된 시스템의 크기, 성능, 가격 등을 고려하여 시스템에 적절한 소자를 선택하여 설계해야 한다. 최종 광학성능은 사용 소자들의 특성을 그대로 반영하기 때문에 잘못된 소자의 선택은 설계상에서 좋은 결과를 가졌다 할지라도 제작 후 사용할 수 없는 제품이 될 수 있기 때문이다. 이러한 면에서 볼 때 설계자는 광학 소자들의 제작 과정 및 나타날 수 있는 문제점에 대한 이해가 필수라 할 수 있다.

광학계의 복잡성과 다양성에 의한 설계 방향

위에서의 언급이 렌즈의 재질 및 형상에 따른 광학계의 설계 방향이라고 한다면, 요즘은 광학계의 복잡성과 다양성으로 인해서 여러 방향에서의 광학계 설계가 필요하다고 볼 수 있다.

다양한 광원에 대한 조명계 설계는 최근 그 요구가 증가되는 추세이다. 노광기, projector용 조명계, BLU 등 많은 기술 요소가 필요한 설계에 대하여 이러한 조명광학계 설계를 위한 S/W가 최근 많이 대두되고 있으며 각광을 받고 있다.

덧붙여 광학 시스템이 보다 복잡하고, 보다 높은 성능을 요구함에 따라 광학계 설계가 단순히 S/W상에서 최종 결과로만 설계가 되었다는 관점에서 벗어나야 한다. 설계는 최종 제품의 가장 중요한 요소로서 제작 진행과정에 나타나는 모든 부분이 설계에 반영되어야 한다. 때로는 매우 좋은 설계를 가지고, 잘못된 제작/조립 프로세스로 인하여 실패하는 경우가 있음을 인지해야 한다. 따라서 광학 설계자는 제품의 완성까지의 모든 프로세스를 이해하고, 이를 설계에 적용하거나, 때로는 그 프로세스를 설계에 맞추어 변경이 되도록 leading을 해야만 한다.

현대의 많은 광 관련 시스템을 구축하기 위해서는 거시적으로 전체적인 Layout을 대략적으로 결정하는데, 이때 광학계의 구성이 가장 중요한 부분이 된다. 이러한 시스템을 실제 구현하기 위해서는 관련된 광학계의 설계가 요구되며, 이 부분에 많은 기술과 know-how가 요구된다. 또한 참된 설계는 시스템의 제작성과 조립성을 충분히 고려한 설계를 의미하며, 이러한 결과는 철저한 광학계 분석으로부터 얻을 수 있다.