

파워인덕터 생산용 표면 UV 인쇄장치 성능 연구

이현무¹, 안소미², 안성민², 서정환¹, 정병조³, 강성린^{1*}

¹한국공학대학교 나노반도체공학과 학생, ²(주)대영테크 대리, ³한국송강기대학교 송강기공학부 교수

A Study on the Performance of Surface UV Printing Device for Power Indicator Production

Hyun-Mu Lee¹, So-Mi An², Sung-Min Ahn², Jeong-Hwan Seo¹, Byoung-Jo Jung³, Sung-Lin Kang^{1*}

¹Student, Department of Nano & Semiconductor Engineering, Tech University of Korea

²Assistant manager, Daeyoung Tech Co, . Ltd

³Professor, Department of Lift Engineering, Korea Lift College

요약 파워인덕터 생산용 표면 UV 인쇄장치 성능 연구는 원기둥 자석의 자력 형성이 상, 하로 형성되게 제작함으로써 제품 고정 시 제품이 뒤집히거나, 세워지는 현상을 방지하는 기술을 적용하여 인쇄 진행 시 품질 소모성 자재(제판, Squeegee)의 파손을 방지하고, 인쇄 품질을 향상시킬 수 있다. 자력의 방향을 바꾼 원기둥 자석의 개발로 파우더 압축으로 제작한 메탈 소재 제품에 대한 고정 방법이 안정화 되어 소형 제품에 대한 생산 능력이 증대할 것이다. 최종적으로 원기둥 자석을 활용한 파워인덕터 표면 UV 인쇄 장치를 연구함으로써, 기존 작업 진행하던 스프레이, Deeping 방식과 차별성을 둘 수 있고, 생산량이 크게 향상될 것이며 결과적으로는 인원 감축으로 원가절감 및 경쟁력 있는 제품 생산을 할 수 있을 것이다.

주제어 : 파워인덕터, UV 인쇄, 원기둥 자석, UV 경화형 솔더레지스트 잉크, 클리닝 장치

Abstract Research on power inductor surface UV printing equipment using cylindrical magnets can prevent damage to quality consumable materials (making plates, Squeegees) during printing and improve printing quality by applying technology to prevent product from flipping or standing up when fixing the product by making the magnetic formation of cylindrical magnets form up and down. The development of cylindrical magnets that changed the direction of magnetic force will stabilize the fixing method for metal products made by powder compression, increasing the production capacity for small products. Finally, by studying the power inductor surface UV printing device using cylindrical magnets, it can be differentiated from the spray and deeping methods that were being worked on, production will be greatly improved, and as a result, cost reduction and competitive production will be possible.

Key Words : Power Inductor, UV Printing, Cylindrical magnet, UV Curing Solder Resist Ink, Cleaning Device

*This paper was carried out in 2023 with the support of the Korea Institute of Environmental Industry and Technology's DX-based carbon supply chain environmental manpower training project (Ministry of Environment) and the Korea Energy Technology Evaluation Institute's energy manpower training project (task name: training specialized manpower specializing in energy efficiency-based carbon resourceization by mid-sized companies).

*This work was supported by the Korea Environmental Industry & Technology Institute(KEITI) funded by the Ministry of Environment(MOE) (Training DX-based carbon supply network environmental experts).

*This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea (No. 2022400000200).

*Corresponding Author : Hyun-Mu Lee(privu@naver.com)

Received November 14, 2023

Revised December 1, 2023

Accepted December 22, 2023

Published December 30, 2023

1. 서론

1.1 서론

1.1.1 파워인덕터

오늘날 이동 및 정보통신 시스템의 발달로 IT기기는 점점 작아지고 있고, 5G 통신, 멀티카메라 등 기능도 다양해지고 있다. 이에 탑재되는 부품의 수는 많아지고, 공간은 협소하여 적용되는 수동전자 부품은 갈수록 초소형 제품을 요구하고 있다. 제품이 많이 적용될수록 사용하는 전력량이 늘어나 높은 전류를 견딜 수 있는 많은 수량의 파워인덕터[1]를 필요로 한다. 인덕터는 전류의 변화량에 비례해 전압을 유도함으로써 전류의 급격한 변화를 막고 전기 잡음을 걸러내는 필터 등으로 사용된다. 또한 과전류 등에 따른 오작동을 줄여 전자기기가 안정적으로 작동할 수 있도록 한다. 그 중 파워인덕터는 직류 전류를 가했을 때 일반 인덕터보다 용량(인덕턴스) 변화가 적고 효율성이 높아 스마트기기, 자동차용 부품, 백색가전 등 최신 기기에 사용된다. 파워인덕터는 수동 소자[2](반도체를 보조해주는 칩)으로 D램에 전력 효율을 높이기 위한 필수 부품이다. 2022년 메모리 반도체 기업들은 DDR4에서 DDR5[3]로의 상용화 계획을 발표하였고, DDR5 전환이 단기간에 마무리 되지 않아 향후 4~5년간 지속되기에 이로 인해 파워인덕터 수요 증가가 기대 되고 있는 상황이다.

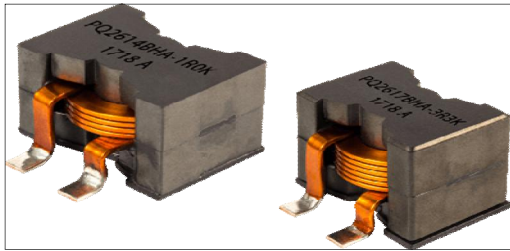


Fig. 1. Power Inductor

원기동 자석을 활용한 파워인덕터 생산용 표면 UV 잉크 인쇄 장치 연구는 메탈 파워인덕터 생산에 필요한 공정 중 UV경화형 솔더레지스트 잉크를 Top, Bottom, Side 4면의 표면 두께를 10~30 μm 으로 끊임 없이 연결해 줄 수 있는 효과적인 인쇄 기술이기에 연구가 필요하다. 연구 개발에 있어 메탈 파우더로 구성된 파워인덕터 특성을 고려하여 UV 잉크 인쇄 진행시 점착력에 의한 제품 이탈이 발생되어 Patton Mask 및 Squeegee

가 파손되는 현상을 방지하고, 품질에 영향이 없도록 제품고정 장치개발, Mask Pattern 개발, Mask Cleaning 장치 개발이 필요하다. 이와같이 지속성장이 가능한 파워인덕터 생산 효율을 증가 시킬 수 있는 장치 개발, 즉 파워인덕터 생산용 표면 UV 잉크 인쇄장치 연구가 필요하다.

1.1.2 UV 프린트

파워인덕터 생산용 인쇄기술은 열롤러를 이용하여 제품이 필름을 전사하는 방식인 열전사 인쇄, 소재를 용액에 담궈다 빼는 디핑, 메쉬 제판을 활용한 직접 인쇄 방식의 3가지로 구분 지을 수 있다. 그중 본 연구에서 검토하는 방식은 스크린 인쇄[4] 방식으로 평면 제품에 인쇄 구현이 깔끔하고, 한번에 많은 양을 인쇄할 수 있으며 소모성 자재 비용이 적고 셋업이 쉬운 장점이 있다. 스크린 인쇄 기술은 인쇄 하고자 하는 Patton이 형성된 Poly Mask를 접목시켜 제품 한 면씩 인쇄하여 Edge 부에 끊김 현상이 나타나지 않도록 하는 인쇄 기술이다.[5]

본 연구는 기본적으로 스크린 인쇄를 적용하였지만, 메탈소재 특성상(파우더를 압착하여 만든소재) 제품이 잉크 점착력으로 인하여 제판에 붙는 현상을 방지하고자 원기동 자석의 자력을 이용하여 고정하는 방법으로 제품 Edge부가 인쇄될 수 있도록 고안하여 적용한 방법이다. 이 인쇄 기술은 원기동 자석[6]의 자력 형성이 상, 하로 형성되게 연구함으로써 제품 고정 시 제품이 뒤집히거나, 세워지는 현상을 방지하는 기술을 개발 적용하여 인쇄 진행 시 품질 소모성 자재(제판, Squeegee)의 파손을 방지하고, 인쇄 품질을 향상 시킬 수 있다.

자력의 방향을 바꾼 원기동 자석의 연구로 파우더 압축으로 제작한 메탈 소재 제품에 대한 고정방법이 안정화 되어 소형 제품에 대한 생산 능력이 증가할 것이다.

UV 인쇄 방식으로 스크린 인쇄 기술을 채택하였는데, 스크린 인쇄 기술은 평면 제품 위주의 인쇄를 목적으로 개발된 기술이지만, 제품의 특성을 파악하여 기술 연구를 함으로써 평면, 곡면, 3D 형상의 제품까지 적용할 수 있는 인쇄 기술을 연구 할 수 있을 것이다. 또한 소형화된 반도체 소재 특히 메탈 파우더로 제작된 제품 고정에 있어 기존 진공 흡착 방식이 아닌 원기동 자석의 자력을 이용하여 흐트러짐 없는 상태로 패턴[7]을 구현할 수 있을 것이다.



Fig. 2. Power Inductor Thin Film, Winding Type

2. 본론

2.1 연구 방법

2.1.1 UV 경화형 솔더레지스트 잉크 선정

파워인덕터 Edge 부 인쇄가 가능한지 확인을 하기 위한 기초 연구로 파워인덕터 UV잉크[8] 인쇄시 표면상태, Edge부 넘침 상태, 잉크투과율, 트레이 고정여부 등 품질에 영향이 있는지 검토해 보았다. 파워인덕터 Edge 부 인쇄를 하기 위해 인쇄패턴 디자인 변경을 진행하였는데, 파워인덕터 외각 사이즈보다 크게 진행하여 오버랩하여 제품이 0.05mm 돌출되게 구성한 스크린 인쇄 방식을 검토하였다.

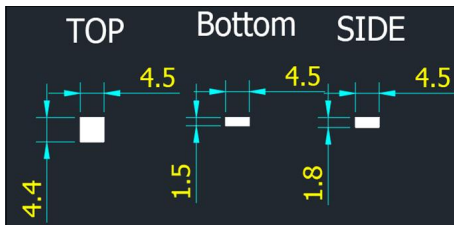


Fig. 3. Modifying Plate Openings

빛을 쏘이면 경화 건조되는 성질을 갖는 UV 경화형 제트잉크는 산업 인쇄분야, 프린트 기판의 심벌인쇄와 옥외광고, 사인 디스플레이(sign & display) 등과 같이 다양한 분야에 이용되고 있으며, 계속적으로 그 응용이 이루어지고 있다. UV 경화형 잉크는 플라스틱 등의 비흡수성 기재에 대한 인자를 위해 주로 이용되고 있으며 환경 친화적인 잉크로서 주목되고 있다. UV 잉크는 짧은 경화시간에 따른 작업성 향상, 휘발성 유기용제가 없는 100% 고형분으로 공해 방지, 저온 경화로 소재에 열적 충격이 없어 다양한 응용이 가능, 내열, 박리 등 특수 잉크를 제조 가능하다는 장점이 있다[9]. 잉크 점도, 엣지 넘침, 잉크 투과율등을 고려하여 제품 결과를 비교하였고 이에 따라 가장 적합한 잉크 “SUR 900 (서울화

학)”를 선정하였다.

2.1.2 파워인덕터 고정 트레이 및 장치 연구

원기둥 자석을 활용하여 제품 정렬 및 이탈이 발생되지 않도록 전용 트레이를 연구하였다. 원기둥 자석은 네오디움 자석을 선택하였는데, 네오디움 자석은 모든 영구 자석 중 가장 강력한 힘을 낼 수 있고, 강력한 자력으로 인해 크기가 작으면서 큰 자력이 요구되는 모터, 스피크, 생활용품, 자기치료 및 소형 전자제품에 많이 사용된다. 가공성이 좋고, 가격에 비해 우수한 자력을 나타내어 소형 부품인 파워인덕터 고정 장치로 선택하였다.

트레이와 파워인덕터의 정확한 위치 규격을 통하여 최종 트레이 도면을 제작 완료하였고, 원기둥 자석이 파워인덕터 전면부, 측면부를 인쇄할 때의 고정장치의 역할을 할 수 있다.

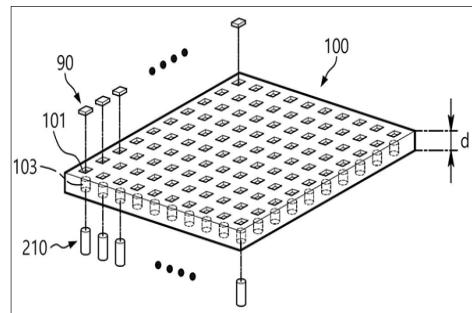


Fig. 4. Cylindrical Magnet Tray

2.1.3 파워인덕터 4면 디자인 및 제판 연구

파워인덕터 인쇄 제판[10]을 디자인 하였는데, 상면 제판과 하면 제판, 측면 제판을 제품보다 0.5mm 크게 제작 하였고 제품 사양은 폴리과 250 메쉬로 제작하였다. 제판의 크기는 4.5x4.4 Poly이고 250T이다. 제판이 원기둥 자석을 위아래로 움직이는 장치를 고안하여 파워인덕터를 안정적으로 고정될 수 있도록 구성하였다.

2.1.4 제판 클리닝 장치 연구

제판 클리닝 장치는 클리닝[11] 장치와 스퀴지 제어 시스템의 두가지 방식을 고안하였다. 클리닝 장치는 모터, 감속기, 방수지로 구성하였는데 클리닝 양쪽 회전을 모터와 감속기로 구성되어 회전하고 있고, 한쪽은 방수지 다른 한쪽은 얇은 플라스틱 지판으로 구성되어서 회

전을 하며 테이프를 사용했던 구간이 이동함에 따라 다른 클리닝 부분이 준비되는 구성이다. 인쇄를 찍고 난 제판의 잔량을 방수지 위에 인쇄를 함으로써 잔량을 제거하고 다음 인쇄를 시작하는 준비과정이다. 너무 점착도가 높은 테이프 종류를 쓰게 되면 제판에 붙는 현상이 발생하므로 방수지(종이)계열로 선정하였다.

스퀴지[12] 제어 시스템은 모터, 감속기, 스퀴지로 구성하였다. 모터형식으로 좌우, 상하를 이동하고 스퀴지 자체의 높이 조절 볼트가 있어 스퀴지 높낮이 또한 조절이 가능하다. 스크래퍼로 잉크 도포를 하고 스퀴지로 인쇄하는 방식이며 인쇄 선명도 또한 스퀴지 각도로 조절이 가능하다. 스퀴지와 제판을 이용한 인쇄공법은 “스크린 인쇄”라고 하는데 이 구조는 기존에 해왔던 데이터와 사례들이 있어서 구현이 가능했고 좀 더 디테일한 작업은 설비 구성(속도, 높낮이, 잉크, 제판 등)으로 맞춰볼 예정이다.



Fig. 5. UV Printing Device

2.2 연구 결과

2.2.1 인쇄장치 설계 및 공정

파워인덕터 표면 UV 인쇄 장치의 전체 구성은 제판 (Poly 250T), 잉크, 스퀴지, 홀더, 스크래퍼[13], 지그 (원기동자석), 클리닝 테이프(방수지)로 설계하였다. 기본형 장비에 파워인덕터가 수동 투입 이후 인쇄 공정이 진행되는데 비전 얼라인[14]을 추가로 장착하여 정밀한 인쇄 공차를 잡았다. 그후 패드 클리닝 후 잉크 픽업 공정이 진행된다. 이 공정에서 인쇄 공정 전 패드 표면 클

리닝 작업이 진행된다. 그 후 인쇄판 위치에서 잉크를 픽업한다. 세 번째로 Heating Box에서 패드 건조 공정이 진행된다. 패드 표면에 픽업 되어온 잉크를 강제로 건조하여 제품에 인쇄 시 잉크 번짐이나 틈 등의 라인 불량 개선에 영향을 준다. 마지막으로 제품 인쇄 공정이 진행된다. 서보 모터를 사용하여 최대 1톤의 힘으로 누를 수 있어 패드 형상이나 경도와 상관없이 누름 동작이 가능하다. 인쇄 조건에 따라 제품에 인쇄하는 누름 동작 시 패드가 곡면에 전체적으로 퍼지게 하기 위해 느리게 진행된다.

2.2.2 인쇄장치 성능 평가

원기동 자석을 활용한 파워인덕터 표면 UV 인쇄 장치의 성능 목표를 불량률, 인쇄오차, 생산량으로 정한 후 성능 평가를 진행하였다. 먼저 파워인덕터 표면 인쇄기의 신뢰성 검증을 위해 인덕터 표면 인쇄치수를 확인하여 인쇄 장비의 품질합격을 또는 불량률을 측정하였다. 측정 시료를 파워인덕터 300개로 설정한 후 인쇄기 트레이에 인덕터를 셋팅한 후에 인쇄를 1회 진행하였다. 그 후 3D 측정기를 이용하여 측정부위의 치수를 측정하여 사양 치수와 비교하였다.

Table 1. Acceptance Table

Measurement Part	Top	Bottom	Side	Top	Bottom	Side
Tolerance	0.3 ± 0.05	0.3 ± 0.05	0.3 ± 0.05	0.3 ± 0.05	0.3 ± 0.05	0.3 ± 0.05

1000개의 시료를 모두 측정 한 후 합격된 시료수를 확인하여 불량률을 계산하였다.

$$E_1 = (\text{불량수량} \div \text{총수량}) \times 100$$

$$E_1 = \text{불량률}(\%)$$

불량률이 0.1% 이하이면 합격으로 판정하였다.(1,000개 수량 진행 시 1개 이하)

다음 시험항목으로 인쇄오차를 검증하였다. 인쇄 오차의 측정 시료는 파워인덕터 5개로 설정하고, 인쇄기 트레이에 인덕터를 셋팅한 후에 인쇄를 1회 실시하였다. 그 후 3D 측정기를 이용하여 측정부위의 치수를 측정하여 사양 치수와 비교하였다.

Table 2. Acceptance Table

Measurement Part	Top	Bottom	Side	Top	Bottom	Side
Tolerance	0.3 ± 0.05	0.3 ± 0.05	0.3 ± 0.05	0.3 ± 0.05	0.3 ± 0.05	0.3 ± 0.05

5개 제품을 Table 2에 관하여 치수를 확인 한 후 인쇄의 정밀도를 확인하고 합격여부를 판단하였다.

마지막 시험항목으로 생산량을 측정하였다. 생산량의 측정 시료는 파워인덕터 300개로 설정하고 인쇄기 트레이에 인덕터를 셋팅한 후에 인쇄를 1회 진행하였다. 그 후 3D 측정기를 이용하여 측정부위(Fig. 6)의 치수를 측정하여 사양 치수와 비교하였다.

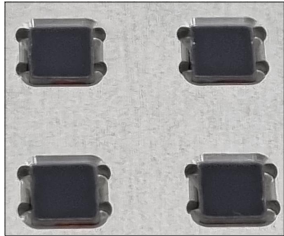


Fig. 6. Print Location

생산량 : 1분동안의 생산량 $\times 60min = 18,000$ 개이상

300개의 시료를 모두 측정한 후 합격된 시료수를 확인하여 생산량을 계산하였다. 1시간동안의 생산량이 18,000개 이상이 생산 가능여부를 확인하였다.

3. 결론

원기둥 자석을 활용한 파워인덕터 표면 UV 인쇄 장치 연구를 통해 파워인덕터 Top, Bottom, Side에 UV 경화형 솔더레지스트 잉크를 끓김 없이 인쇄하는 방법을 개발함으로써 Micro OLED Glass에 적용되는 전극 4면 인쇄기를 개발하였고, 3D 입체 형상 인쇄[15]를 위한 파워인덕터 표면 UV 잉크 제판을 설계하였다. 생산 수율 및 생산성 향상을 위한 클리닝 장치를 접목시킨 장치로, 인쇄 장치에 잉크 잔량이 클리닝 후 거의 남지 않음을 확인하여 재현성을 확보함을 확인하였다. 인쇄 장치 개발은 원기둥 자력 형성이 상, 하로 형성되게 개발함으로써 제품 고정시 제품이 뒤집히거나, 세워지는 현

상을 방지하는 기술을 개발 적용하여 인쇄 진행시 품질 소모성 자재(제판, Squeegee)의 파손을 방지하고, 인쇄 품질을 향상시켰다. 마지막으로 성능 평가를 통해 제품 인쇄 오차가 크지 않음을 확인하여 생산성이 우수하고 불량률이 거의 없어 대량 생산이 기대된다.

REFERENCES

- [1] S. Y. Ahn (2015). Development trends in mobile power inductors. An overview of the thesis at the academic research presentation of the Korean Society of Magnetism
- [2] J. U. Kim (2023). Kwon D. E. Kwon Manual Device and Sensor Technology: While releasing a feature. *KIPE MAGAZINE*, 28(5), 22-23
- [3] J. H. Lee (2013). Matrix type CRC and XOR/XNOR for high-speed operation in DDR4 and GDDR5. *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, 50(8), 136-142. DOI : 10.5573/ieek.2013.50.8.136
- [4] D. H. Bang, & J Y. Park (2008). Screen Printed Power Inductors for Miniaturized DC-DC Converter Applications.
- [5] K. M. Jeong, J. M. Won, Y. K. Lee & K. I. Koseki (2014). Review : The Advanced Inkjet Printing Technology - UV curable Jet Ink -. *Journal of Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry*, 46(2), 46-56.
- [6] J. H. Kim, S. K. Sul, J. Y. Jeon & Y. K. Choi. (2001). High Resolution Position Control of Linear Permanent Magnet Synchronous Motor for SMD Placement System. *In Proceedings of the KIEE Conference* (pp. 314-316). The Korean Institute of Electrical Engineers.
- [7] D. Y. Yoon, S. H. Hwang, H. K. Shon, C. S. Kim, T. W. Ahn & S. H. Song (2014). *Laser Polymer Patterning for Fine Pitch PCB*.
- [8] S. W. Chun, H. J. Lee, J. H. Park, S. H. Park, & S. J. Park. (2014). Selective printing characteristics of UV curing ink for the coating of TSP Glass substrate.
- [9] H. S. Lee. (2003). Thermophysical Properties of PWB for Microelectronic Packages with Solder Resist Coating Process. *Journal of the Microelectronics & Packaging Society*, 10(3), 73-82.
- [10] J. Seo & J. H. Lee. (2001). *Current status of laser*

manufacturing technology in printing rolls.
Materials Research Institute

- [11] K. H. Kim, M. J. Kim & P. G. Choi (2022). *Laser Cleaning Technology for Removing Several Micrometers Particles onto the Display Glass Substrate.*
- [12] Y. Lee, J. H. Park, D. G. Kwag, J. H. Song, N. K. Lee, & H. J. Lee. (2012). *Development of dispenser and squeezer module for automated system of screen printing process.*
- [13] D. I. Jung, K. K. Lee, T. W. Kim, & D. G. Ahn (2023). *A Study on Powder Deposition Characteristics According to Design of Scraper Blade with Multi-steps.* Proceedings of the KSMPE Conference.
- [14] C. H. Lee, H. S. Kim, & G. B. Lee (2022). *A Study on the Development of Vision Alignment Algorithm for Cap-stem Alignment of High-precision Laser Diode Welding Equipment.*
- [15] J. S. Hyun. (2023). *High-resolution 3D Surface Measurement Technology and Application.*

이 현 무(Hyun-Mu Lee) [정회원]



- 2022년 8월 : 한국공학대학교 나노반도체공학과(공학사)
- 2022년 9월 ~ 현재 : 한국공학대학교 나노반도체공학과(공학석사)
- 관심분야 : 3D Modeling, IoT, Metaverse
- E-Mail : privus@naver.com

안 소 미(So-Mi An) [정회원]



- 2011년 3월 : 동남보건대 간호과(전문학사)
- 2015년 12월 ~ 현재 : 대영테크 재직 중
- 관심분야 : 인쇄장치, 인쇄술
- E-Mail : thaxoddl486@naver.com

안 성 민(Sung-Min Ahn) [정회원]



- 2019년 5월 : George Brown Colloge 호텔경영학과 전문학사
- 2015년 10월 ~ 현재 : 대영테크 재직 중
- 관심분야 : 설계
- E-Mail : dytc4796@gmail.com

서 정 환(Jeong-Hwan Seo) [정회원]



- 1994년 3월 : 송실대학교 대학원(공학석사)
- 2004년 2월 : 한국공학대학교 기계공학과(박사)
- 2002년 1월 ~ 현재 : 한국공학대학교 기계설계공학과 부교수

- 관심분야 : 기계설계, 제조
- E-Mail : sun5555@tukorea.ac.kr

정 병 조(Byoung-Jo Jung) [정회원]



- 2004년 2월 : 원광대학교 전기공학과(공학석사)
- 2013년 2월 : 원광대학교 전기공학과(공학박사)
- 20013년 3월 ~ 현재 : 한국승강기대학교 승강기공학부 교수

- 관심분야 : 자동제어, 전력케이블, 승강기, LED 조명
- E-Mail : bjjung@kcl.ac.kr

강 성 린(Sung-Lin Kang) [정회원]



- 1988년 8월 : 중앙대학교 기계공학부(공학석사)
- 2005년 8월 : 중앙대학교 기계공학부(공학박사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 한국공학대학교 부교수

- 관심분야 : 제조, 나노, 기계
- E-Mail : slkang@tukorea.ac.kr