

도시 생활구조물 활용을 위한 CIGS 태양전지 심미성 향상 제품디자인 개발융합연구

조재윤¹, 장희수¹, 정재윤¹, 남원석², 장중식^{2*}
¹국민대학교 테크노디자인전문대학원 제품이노베이션디자인학과 학생
²국민대학교 공업디자인학과 교수

Convergence Research for CIGS Solar Cell Aesthetics Product Design Development for Utilizing Urban Living Structures

Jae-Yoon Jo¹, Hui-su Jang¹, Je-yoon Jeong¹, Won-Suk Nam², Joong-Sik Jang^{2*}

¹Student, Product Innovation Design, Graduate School Of Techno Design Of Techno Design, Kookmin University

²Professor, Department of Industrial Design, Kookmin University

요 약 본 논문은 도시 생활구조물 활용을 위한 CIGS 태양전지 심미성 향상 제품디자인 개발융합연구로써, 기존 태양 전지 패널의 문제점을 파악하고 제품디자인의 심미성 요소를 바탕으로 설문조사와 FGD [전문가 집단 토론]를 통해 CIGS 태양전지 심미성 향상을 위한 전문적인 심미성 요소를 도출하였다. 도출된 심미성 요소 중 '환경 조화성', '패턴 균형성', '시대 보편성' 이렇게 상위 3종을 콘셉트로 제품 디자인 프로세스를 진행하여 심미성 향상을 위한 CIGS 태양전지 모듈 디자인과 어셈블리 디자인을 도출하였으며, 제품 시뮬레이션을 통해 아파트, 베란다와 창호, 스트리트퍼니처에 적용했다. 본 연구는 추후 실제 도시 생활구조물에 활용해 심미성과 CIGS태양전지의 기능을 적용하기에 적합하며, 향후 연구방향은 다양한 패턴과 구조적 디자인개발에 관한 연구가 필요하다.

주제어 : CIGS태양전지, 태양전지, 심미성, 심미성요소, 도시 생활구조물

Abstract This paper is a product design convergence study to improve the aesthetic quality of CIGS solar cells for utilizing urban living structures, identifying problems of existing solar cell panels and drawing expert aesthetic elements for improving CIGS solar cells through survey and [Group discussion of experts] based on aesthetic elements of product design. Out of the aesthetic elements derived, the top three models of the product design process were 'environmental harmonization', 'pattern balance', and 'period universality' to derive the design and assembly design of the CIGS solar cell module for improving aesthetic quality, and applied to apartments, veranda, windows, and streetcar through product simulation. This study is suitable for applying aesthetic and CIGS solar cell function later to actual urban living structure, and future research direction needs to be studied on various patterns and structural design development of design.

Key Words : CIGS Solar Cell, Solar Cell, Aesthetics, Aesthetic Elements, Urban Living Structures

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) Grant funded by the Korean Government(MSIP)(No. Grant Number - 2019M1A2A2072418)

*Corresponding Author : Joong-Sik Jang(kmjanggo@kookmin.ac.kr)

Received February 4, 2020

Revised March 17, 2020

Accepted April 20, 2020

Published April 28, 2020

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

다양한 환경문제가 대두되며, 자연에너지의 중요성을 인지하고, 다양한 정부 지원 사업과 제품개발이 이루어지고 있다. 하지만, 당장 보급되는 태양전지제품 디자인이 한정적이기 때문에 적용에 있어 거부감을 가지는 소비자들이 대다수이다. 이런 문제점을 해결하고자, 도시 생활 구조물에 적용 가능한 CIGS 태양전지의 심미성을 향상 위해 연구를 진행하였다.

1.2 연구의 방법

본 논문은 CIGS 태양전지 적용사례와 도시 생활구조물에 대해 알아보았다. 제품디자인에 있어 심미성 요소를 알아보고 CIGS 태양전지를 적용하기 위한 사전설문과 FGD를 진행해 심미성 요소를 추출하였다. 추출한 심미성 요소를 바탕으로 디자인 프로세스를 진행하였으며, 진행한 결과 도출된 스케치, 어셈블리 디자인, 모델링 및 렌더링을 도출하였으며, 제품 시뮬레이션과 CIGS 태양전지 디자인에 대한 제언, 연구의 결론 및 제한점을 열거하며 연구를 마친다.

2. 이론적고찰

2.1 CIGS 태양전지의 이해

2.1.1 CIGS의 개념과 적용사례

태양빛을 전력으로 변환하기 위한 박막태양전지이다. 구리(Cu), 인듐(In), 갈륨(Ga), 셀레늄(Se)의 화합물 유리나 플라스틱 등의 기판에 얇은 막으로 쌓아올린 차세대 전지이다[1-4].

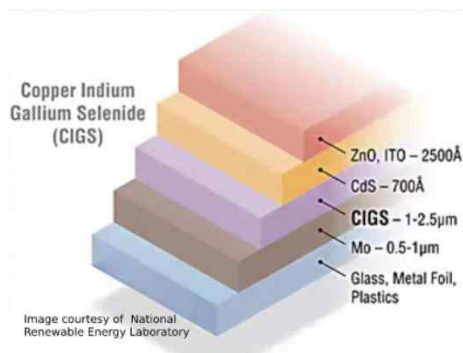


Fig. 1. CIGS Solar Panel Structure

2.2 CIGS 태양전지 디자인을 위한 디자인요소와 심미성요소의 이해

2.2.1 제품디자인 심미성요소의 개념

심미성이란 용어는 18세기 독일 철학자 Alexander Baumgarten에 의해 만들어졌다[5]. 심미성은 ‘예술에서의 가치 연구’이다[6]. Ellis(1993)는 8개의 디자인차원들에 근거한 제품디자인의 심미성 세부측정도구를 개발하였다. 이 척도는 제품디자인의 심미성 8가지를 포함하고 있다. : 단순/복잡, 조화, 균형, 통일, 율동, 시대성, 신기성, 계슈탈트(근접성, 폐쇄성, 유사성, 연속성)[7].

2.2.2 CIGS 태양전지 디자인요소의 개념

태양전지는 Metal electrode, Zinc oxide layer, Buffer layer, CIGS active later, Molybdenum electrode, Substrate로 이루어졌으며[8], 보통 금속의 프레임에 고정되는 것이 일반적이다. 따라서 디자인 요소라고 명명할 수 있는 부분은 전체를 감싸는 프레임, 내부를 감싸는 프레임, 지지대이다. 하지만, 이것은 꼭 필요한 기본구조이며 필수요소이다. 이러한 요소들은 태양전지의 효율을 높일 수 있는 방안과 함께 모색되어야한다[9].

3. 연구분석의 틀

3.1 CIGS 태양전지 디자인 심미성요소 추출을 위한 설문조사

3.1.1 설문조사의 개요

문헌조사와 선행연구의 내용을 바탕으로 CIGS 태양전지 디자인 심미성요소에 대한 소비자의 선호도를 조사하기 위해 설문을 진행하였다. 설문 내용은 아래 Table 1과 같다.

Table 1. Survey overview

Method	Online survey
Target	Solar cell 100 users
Scope	CIGS usage and Satisfaction CIGS usability and Design Satisfaction CIGS improvements
Period	2019.10.01.~2019.11.30

3.1.2 설문조사의 구성 및 절차

슬라패널이 이용된 제품을 사용해본 사용자에게 한하여 슬라패널의 사용현황, 디자인 만족도, 심미성 만족도, 심미성 요소의 중요도에 대해 설문을 진행하였다. 설문의 구성은 슬라패널의 사용현황, 슬라패널 제품디자인 만족도, 슬라패널의 심미성 만족도, 심미성 요소의 중요도로 나누어 진행하였다. 각 만족도 항목은 리커트 5점척도를 활용하여 ‘매우 그렇지 않다’, ‘그렇지 않다’, ‘보통이다’, ‘그렇다’, ‘매우 그렇다’ 5가지 항목으로 분석하였다[10].

3.1.3 설문조사의 결과

슬라패널의 사용현황 설문을 진행한 결과 사용자의 성별은 여성 사용자가 27명, 남성 사용자가 73명으로 집계되었으며, 10대 4명, 20대 8명, 30대 20명, 40대 38명, 50대 30명으로 40~50대 연령이 가장 많았다. 슬라패널의 전반적인 만족도를 조사한 결과, 평균이 3.5였으며, 슬라패널의 디자인 만족도를 조사한 결과, 평균 3.2였다. 슬라패널의 심미성 만족도를 조사한 결과 평균 2.1, 슬라패널의 심미성 개선 필요성을 조사한 결과, 평균 4.1이었다. 슬라패널의 심미성 요소의 중요도를 조사한 결과, 평균 ‘단순/복잡’ 3.2점, ‘조화’ 4.2점, ‘균형’ 4.4점, ‘시대성’ 3.9점, ‘신기성’ 2.6점, ‘계슈탈트’ 3.1점으로 ‘조화’, ‘균형’, ‘시대성’에 대한 평균이 높게 나왔다. 설문조사 결과 기존의 태양전지 디자인의 심미성 만족도가 낮음을 확인할 수 있었고, 슬라패널의 심미성 요소 중 ‘조화’, ‘균형’, ‘시대성’이 중요함을 도출할 수 있었다.

3.2 FGD를 통한 CIGS 태양전지 디자인 심미성요소 도출

FGD에 앞서 설문조사 및 문헌조사를 진행한 결과 사용자들이 생각하는 태양전지 디자인은 심미성이 낮은 수준이며, 심미성 개선을 위한 방안 모색이 시급하다고 판단된다. 따라서 본 단계에서는 전문가를 대상으로 FGD를 실시하여 CIGS 태양전지 디자인 심미성 요소를 도출하고자 한다. FGD(Focus Group Discussion)은 정성조사방법으로 표적 집단을 대상으로 집단토론을 실시하는 조사 방법이다[11].

3.2.1 FGD의 목적 및 개요

문헌조사와 설문조사를 바탕으로 전문가 대상 FGD를 실시하였다. 전문가 집단은 CIGS 태양전지 개발자 2명, 태양전지 판매 업체 운영자 1명, 태양전지 디자이너 1명 그리고 제품 디자이너 1명으로 구성되었다. CIGS 태양

전지는 개발 단계의 제품이기 때문에 유사 분야의 전문가들로 구성하였다[12].

Table 2. Overview of FGD(Focus Group Discussion)

Survey method	Solar Cell User Target
Subject of investigation	-CIGS solar cell developer 2 -solar cell vendor operator 1 -solar cell designer 1 -product designer 1
Scope of investigation	-Collect expert opinion on CIGS solar cell product design -CIGS Collects expert opinion on improving solar cell aesthetic -Deriving evaluation principles for improving the aesthetic of CIGS product design
Date	2019.12.20 (Fri 7Pm)

3.2.2 FGD의 결과

FGD를 통해 기존 1세대 태양전지의 문제점과 CIGS 태양전지의 제품디자인, CIGS 태양전지의 심미성 개선 방향에 대한 의견을 수렴할 수 있었다[13]. 토론 결과를 바탕으로 CIGS 태양전지의 심미성 개선에 대한 고려사항을 도출하였으며, 내용은 아래와 같다.

Table 3. Result of FGD

Result of FGD
-Air resistance should be low to prevent the typhoon from collapsing.
-There should be no problem in using without education.
-It shall consist of a structure that increases the intensity of the light collection.
-The design should show the characteristics of the CIGS solar cell.
-The anchorages shall consist of a stable structure.
-They should have a sense of color that harmonizes with their surroundings.
-A balanced distribution of weight should be made.
-The design should not harm the surrounding landscape.
-To change the color of the cell, the removal of the cell shall be free.
-Depending on the size of the space, expansion and reduction should be possible in a flexible manner.
-The installation and production process should be concise.
-Modules that can be applied in various forms should be used.
-It shall be able to cope with the plane and the solid
-It should be a design that reveals the permeability of CIGS solar cells.

3.2.3 CIGS 태양전지 디자인 심미성요소

도출된 고려 사항을 바탕으로 CIGS 태양전지 디자인 심미성 개선요소를 정리하였다. 정리에 앞서 문헌조사를 바탕으로 CIGS 태양전지 디자인 심미성요소에 대해 추출하였으며, 비슷하거나 중복되는 항목은 접목하여 추려냈다. 이외에 CIGS 태양전지 디자인과 직접적인 관련성이 낮은 항목은 삭제하였다.

Table 4. CIGS Solar Cell Anesthetic Element

1	It should be a harmonious design with the surrounding environment.
2	Depending on the installation space, expansion and reduction should be possible.
3	Modularization of cells should facilitate cell replacement.
4	The installation and production process should be concise.
5	It should be a design that reveals the permeability of the cell.
6	Shall be the pattern design.
7	The design should reveal the color of the cell.
8	The structure shall be constructed to reduce the air resistance.

3.2.4 CIGS 태양전지 디자인 심미성 요소 수립

위에 추출한 CIGS 태양전지 심미성 요소를 기준으로 심미성 개선 디자인을 진행하기 위해 비슷한 항목은 추합하고, FGD를 통해 도출된 항목의 중요도를 파악하여, 환경 조화성, 패턴 균형성, 시대 보편성으로 디자인 컨셉을 도출하였다.

Table 5. CIGS Solar Cell Anomaly Element Group

Environmental Harmony	The design does not harm the surrounding landscape and architectural design?
Pattern Balance	Is the complexity and simplicity of the pattern a suitable rhythmic design?
Era Universal	Is it a design that reveals contemporary sculpture?

4. CIGS 태양전지 심미성 향상 디자인

4.1 CIGS 태양전지 디자인 콘셉트

디자인 콘셉트는 ‘패턴화 가능한 CIGS 솔라 모듈’로, 이전 단계에서 도출한 환경 조화성, 패턴 균형성, 시대 보편성을 바탕으로 CIGS 태양전지의 투광성을 드러내는 차별화 된 모듈이다[14].

이에 디자인 방향성을 수립하기 위해 브레인스토밍(Brainstorming)과 스케치를 통해 형태를 구체화하였고, 모델링을 반복 수정한 후 결과물을 도출하였다.

4.2 CIGS 태양전지 디자인 프로세스

본격적인 디자인 도입에 앞서 디자인 프로세스를 정립하였고, 단계는 아래와 같다.

Table 6. CIGS solar cell design process

STEP 1	Deriving Design Concepts
STEP 2	Idea sketching and modeling
STEP 3	Structural Design and Modification Steps
STEP 4	3D rendering

본 연구에서는 CIGS 태양전지의 기술적 특성을 반영하기 위해 설문조사 이후 전문가를 대상으로 FGD를 진행하였다. 이후 구조설계 및 렌더링을 통해 실현화하는 단계를 진행하였다.

4.3 CIGS 태양전지 디자인

환경 조화성, 패턴 균형성, 시대 보편성에 부합하도록 초점을 맞추어 아이디어 스케치를 진행하였다.

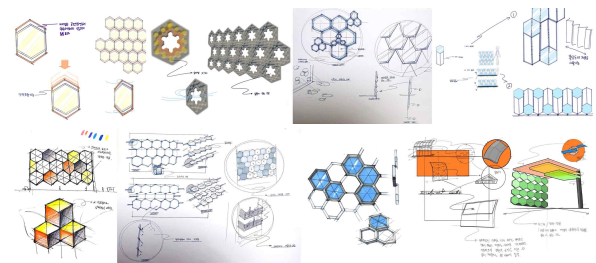


Fig. 2. Idea Sketch

스케치 중 일부 모델을 선정하여 어셈블리 디자인 모델링과 컨셉을 보여줄 수 있는 렌더링을 진행하였다. 문헌 조사, 브레인스토밍, 아이디어 스케치를 토대로 ‘모듈’이라는 공통분모를 가지고 심층적인 디자인을 진행하였다[15].

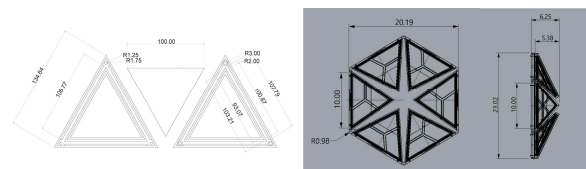


Fig. 3. Assembly Design

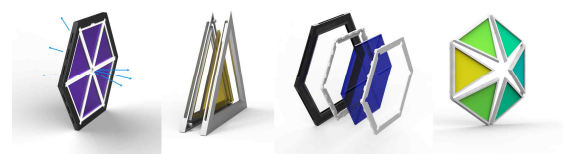


Fig. 4. Module Rendering

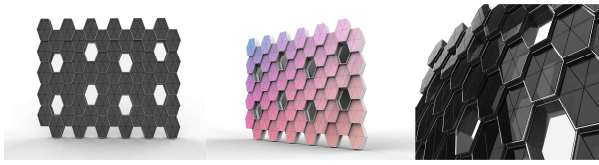


Fig. 5. Hexagon module render

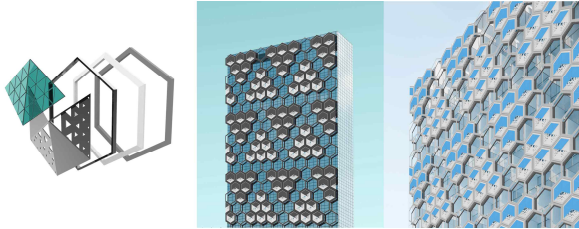


Fig. 6. Facade Rendering

4.2의 디자인 프로세스를 바탕으로 모듈화된 CIGS 태양전지 심미성 향상을 위한 디자인을 진행하였으며, 최종적으로 삼각형과 육각형 형태의 모듈 CIGS 태양전지 디자인이 도출되었다.

4.4 CIGS 태양전지 심미성 향상 디자인 도출

도출된 콘셉트 디자인을 바탕으로 실제 배선가능한 구조로 수정을 거듭하여 위 Fig. 7의 최종 모듈 디자인을 선정하게 되었다.

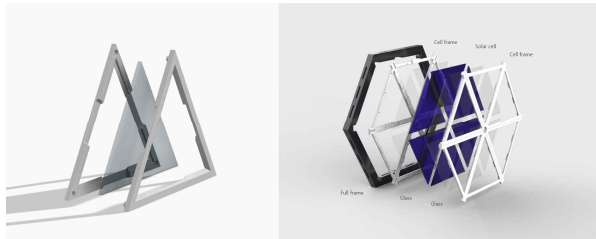


Fig. 7. Final Rendering Images

5. 결론

5.1 제품 시뮬레이션

최종적으로 선정한 모듈을 바탕으로 색상의 차이와 적용 면적의 차이에 따라 시뮬레이션을 진행하였다. 색상과 적용 면적에 차이에 따라 기업이나 브랜드의 홍보, 기능적 향상, 심미성 향상 등 심미성 향상과 더불어 다양한 효과까지 함께 기대할 수 있다. 제품 시뮬레이션은 Fig. 8, 9, 10과 같다. 도시생활구조물의 직접적인 적용을 위

해 FGD를 통해 추출한 8가지 심미성 요인 중 모듈화에 접합한 환경 조화성, 패턴 균형성, 시대 보편성을 중심으로 적용하였다. 위 삼각형과 육각형 형태의 CIGS 태양전지는 여태 사각형이나 판 형태에서 벗어나는 첫 번째 시도이자, 투명도를 반영한 다양한 색상의 적용 또한 국내 첫 사례이다.

아파트의 경우 아무 역할을 못하는 한 쪽 벽면에 전체적인 파사드로서 적용이 가능하다. 이 경우 매우 높은 효율을 통해 아파트의 한 라인 전체에 전력을 고루 분배할 수 있다.



Fig. 8. Facade application simulation

베란다와 창호의 경우 각 세대의 보조전력으로 사용이 가능하며, 심미성과 공간의 분리 역할을 동시에 할 수 있다.



Fig. 9. Veranda window application simulation

스마트퍼니처의 경우 바람을 막거나 잠깐의 휴대폰 충전, 혹은 도로 시설의 보조전력으로써 사용이 가능하며, 각 지역의 특색을 보여주며, 광고효과를 함께 보여줄 수 있다.



Fig. 10. Street furniture application simulation

5.2 CIGS 태양전지 디자인을 위한 제언

현대 사회가 직면한 환경오염과 자원 고갈 등의 문제를 해소하기 위해 자연에너지의 활용은 중요한 과제이다. 하지만, 도입에 있어 심미성이 떨어지며, 효율이 낮다는 이유로 배제되어온 것이 사실이다. 이런 문제점을 개선하고자, 심미성 요소를 분석하고 재정의하여 CIGS 태양전지를 실제 도시 생활구조물에 적용가능한 구조로 모듈화된 형태로 디자인하였다.

CIGS 태양전지 디자인을 위한 제언은 다음과 같다.

첫째, 아파트 외벽, 건물 외벽, 창호나 베란다 등 외부 환경과 얼마나 조화로운지를 충분히 고려하여 디자인 한다면, 심미성을 향상시킬 수 있을 것이다.

둘째, 모듈화를 통해 다양한 도시 생활구조물에 적용 가능한 형태로 디자인한다면 패턴의 균형을 맞춰 통일된 디자인 심미성을 보여줄 것이다.

셋째, 도시 생활구조물과 자연에너지 수급은 제품이나 자동차와 같이 3~5년의 주기가 아닌 평생을 보고 제작되어야 한다. 그 당시 패션에만 민감하게 디자인하는 것이 아니라, 시대의 보편성을 찾아 디자인한다면 한 세기를 넘어 몇 세기의 심미성을 보여줄 것이다.

5.3 연구의 결론 및 제한점

본 연구는 도시 생활구조물 활용을 위한 CIGS 태양전지 심미성 향상 제품디자인 개발 융합연구로, 기존의 미관을 저하시키는 태양전지의 형태를 벗어나기 위해 제품 디자인의 관점에서 심미성 요소를 조사하고, 설문조사와 FGD를 통해 CIGS 태양전지 혹은 도시 생활구조물 적용을 위한 CIGS 태양전지 디자인에 적용하기 위한 심미성 요소를 콘셉트로 도출하였다. 도출된 환경 조화성, 패턴 균형성, 시대 보편성을 콘셉트로 디자인 프로세스를 진행

해 모듈화된 디자인을 도출하였다. 본 디자인은 현재 큰 판형으로 제작되어 시야를 막으며 미관까지 해치는 디자인에서 시야와 심미성, 기능성까지 살릴 수 있는 디자인으로써 심미성 요소를 바탕으로 전반적인 문제를 해결하고자 디자인 개발 및 융합을 진행한 결과물이다. 위의 논문을 바탕으로 디자인 개발을 보완하여 진행한다면, 눈앞으로 다가온 자원의 고갈을 막는 대체 에너지로써 큰 보급률을 보여줄 것으로 판단된다.

본 논문의 제한점은 아직 CIGS 태양전지의 개념을 완벽하게 인식하지 못한 일부의 태양전지패널 사용자를 바탕으로 설문을 진행한 것으로 좀 더 심층적인 사용자 설문이 필요하다. 또한 제작된 디자인을 바탕으로 사후 설문을 추가 진행할 필요성이 있다. 따라서, 추후 연구에서는 사후 설문을 진행할 필요성이 있다. 쌍대 비교를 통해 위 3가지 도출된 심미성 요소 중 각 도시 생활구조물 적용 시 어떠한 요소가 좀 더 중요한 비중을 차지하는지 확인할 필요성이 있다.

REFERENCES

- [1] Doopedia. (2009). An Oral Health Promotion Behavior Model for Adolescents. *Copper indium gallium selenide thin-film solar cells*. [Online]. <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3390030&cid=40942&categoryId=32371>
- [2] Wikipedia. (2019). CIGS Battery. [Online]. https://ko.wikipedia.org/wiki/CIGS_%EC%A0%84%E C%A7% 80
- [3] Naver. (2011). *Photovoltaic Fundamentals*[online]. http://m.blog.daum.net/6332park/4764526?np_nil_b=-1
- [4] Jordan Seefeldt. (2019). *Analyzing a Fast-Growing Solar Cell Technology*. Thermo Fisher Scientific. [online]. <https://www.thermofisher.com/blog/materials/analyzing-a-fast-growing-solar-cell-technology/>
- [5] Y. A. Jin. (2006). *A study on aesthetic elements of cell phone design-focused on analyzing aesthetic elements of cell phone design preferred in Korea and China*. Jeonbuk National University, Jeonbuk.
- [6] Titus, Harold M, Marilyn S, Smith & Richard T, Nolan. (1966). *Living issue in Philosophy*. [Belmont]. CA: Wadsworth Publishing Company.
- [7] S. M. Hui. (2017). *Know the principles and concepts of design and prepare for admission*. [Online]. <https://cafe.naver.com/suhui/18265270>.
- [8] Faust. (2015). *A study on the improvement of CIGS solar sell efficiency*. [Online]. <https://terms.naver.com/korrata/2204974776638>

- [9] N. R. Yoon. (2012). *Structural Design of Photovoltaic Module and Prediction of Power by Installation Angle*. Master dissertation, Konkuk University, Seoul.
- [10] Wikipedia. (2015). Likert scale. [online]. https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%A6%AC%EC%BB%A4%ED%8A%B8_%EC%B2%99%EB%8F%84
- [11] Google. (2020). F.G.D(Focus Group Discussion). [online]. <http://www.randr.co.kr/marketing/fgd.htm>
- [12] J. Y. Jo. (2020). *A Study on the Usability of VR Device PUI Design*. Master dissertation, Kookmin University, Seoul.
- [13] H. Hun. (2016). *Development and Market Trend of Photovoltaic Technologies in Korea and abroad*. Seoul : Korea Institute of Energy Technology Evaluation
- [14] I. D. Kim. (2008). *A Study on the Module-Structured Robot Design through the Analysis on Locomotion Figure of Robots*. Master dissertation, University of Seoul, Seoul.
- [15] J. Y. Choi. (2005). *A Study on the Modular System for the Kitchen Furniture Design*. Master dissertation, Yonsei University, Seoul.

남 원 석(Won-Suk Nam)

[정회원]



- 2011년 3월 ~ 현재 : 국민대학교 공업디자인학과 (교수)
- 관심분야 : 제품디자인, 플랫폼디자인
- E-Mail : name@kookmin.ac.kr

장 중 식(Joong-Sik Jang)

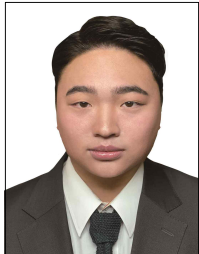
[정회원]



- 1998년 3월 ~ 현재 : 국민대학교 공업디자인학과 교수
- 관심분야 : 3D 프린팅, 제품디자인, 니팅기
- E-Mail : kmjanggo@kookmin.ac.kr

조 재 윤(Jae-Yoon Jo)

[정회원]



- 2019년 9월 ~ 현재 : 국민대학교 테크노디자인전문대학원 제품이노베이션학과 박사과정
- 관심분야 : UX, UI, 제품디자인, 3D프린팅
- E-Mail : objet@kookmin.ac.kr

장 희 수(Hui-Su Jang)

[학생회원]



- 2019년 3월 ~ 현재 : 국민대학교 테크노디자인전문대학원 제품이노베이션디자인학과 석사과정
- 관심분야 : 제품디자인, 플랫폼디자인, HCI
- E-Mail : jesscy95@kookmin.ac.kr

정 제 윤(Je-Yoon Jeong)

[학생회원]



- 2019년 9월 ~ 현재 : 국민대학교 테크노디자인전문대학원 제품이노베이션학과 석사과정
- 관심분야 : 제품디자인, 플랫폼디자인
- E-Mail : jeongjy01@kookmin.ac.kr