

## PSPICE를 이용한 발광다이오드 모델링 및 분석

**주문택\***, 송호빈\*\*, 김영춘\*\*\*, 백동현\*\*\*\*, 황락훈\*\*\*\*\*, 백종무\*, 조건식\*  
 대원대학\*, (주)휴스컴\*\*, 공주대학교\*\*\*, 경원대학교\*\*\*\*, 세명대학교\*\*\*\*\*

### Modeling and Analysis of LED using PSPICE

Moon-Taek Cho\*, Ho-Bin Song\*\*, Young-Chun Kim\*\*\*, Dong-Hyun Baek\*\*\*\*, Lak-Hoon Hwang\*\*\*\*\*, Jong-Mu Baek\*, Gun-Sik Cho\*  
 Daewon University College\*, HUSCOM Co.\*\*, Kongju National Univ.\*\*\*, Kyungwon Univ.\*\*\*\*, Semyung Univ.\*\*\*\*\*

**Abstract** - Worldwide problem, due to the depletion of energy to power more efficient use of the same capacity to improvise for the use of LED brightness is growing. Recent advances in LED technology have lead to LEDs' widespread use in outdoor-signal applications, such as in traffic and railroad signals. Likewise, for large system design and production of issues leading to the simulation should be performed with less effort than to create a system that is reliable. In this paper a wide field of use to more accurately simulate a LED, and easy to use PSPICE can be used as general-purpose use of the LED device modeling. According to a particular LED, the device easy to use basic input variables to the values of library. In order to determine the behavior of the library to provide basic diode device, compared with PSPICE simulations confirm the accuracy of the simulation was performed.

일반적인 LED에서 대부분의 전기적 에너지(85%)는 열로 변환되고, IR이 없다. LED 열은 칩의 결정 결합에서 발생하고, 온도가 증가할 수록 모든 컬러의 밝기가 저하된다. 또한 온도가 증가할 수록 사용 시간이 단축된다. 이러한 온도 변화는 주변의 온도 변화보다도 입력 전류의 증감에 따라 온도도 비례하여 증감한다.<sup>[3]</sup>

이와 같이 LED는 단순 동작에 대한 고려뿐만 아니라 온도변화 등에 대한 세심한 고려가 좀 더 안정적이고 오랜 품질을 얻을 수 있다. LED 1~2개를 사용할 때보다 여러 개의 LED를 직·병렬로 연결하여 사용하거나 Power LED 등을 사용할 때는 좀더 고려해야 할 부분이 많이 있다.

## 1. 서 론

전 세계적으로 에너지 의존도가 높은 화력발전 시스템은 자원, 환경 문제 등으로 인해 대체 에너지에 대한 관심이 지속적으로 증가하고 있다. 특히 태양광 발전 시스템은 유지보수가 거의 필요 없고, 무한한 청정 에너지라는 점에서 널리 연구되어지고 보급되는 실정이다. 더불어 같은 용량의 전력으로 보다 효율적인 활용을 위한 방편으로 고효도 LED의 사용이 점점 확대되고 있는 실정이다. 일상생활에서 사용되고 있는 백열등이나 형광등 등의 일반 등기구에 비해 LED는 광원적 측면이나 전기 시스템적 측면에서 많은 장점을 가지고 있다. 초기 시스템 구축에 드는 비용은 약간 상승하지만 추가적인 유지보수 비용이 들지 않고, 보다 적은 전력의 사용으로 우수한 광원 품질을 얻을 수 있다.<sup>[1][2]</sup>

LED를 이용한 광원 시스템의 활용 분야도 초기에는 랜턴, 제품의 표시부 등의 국한된 부분에서 사용되었지만 고효도 LED의 개발과 주면 시스템들의 발전으로 인해 점점 활용 분야가 확대되어가고 있다. 그 중에서 대표적인 부분 중의 한곳이 LED를 이용한 가정이나 가로등 등의 조명 시스템이다.

이와 같이 비교적 큰 시스템의 설계 및 제작을 위해서는 선행과제로 시뮬레이션을 수행하여야 시스템 개발을 수월하게 할 수 있으며 보다 적은 노력으로 신뢰성 있는 시스템을 만들 수 있다. 기존의 간단한 LED의 활용에서는 시뮬레이션 과정이 생략되거나 대부분의 시뮬레이션 도구들이 세부적인 LED를 제공하지 않으므로 다이오드로 대체하여 수행하거나 일반적인 LED를 이용하여 근접한 시뮬레이션에 만족하였다. 그러나 계속된 LED의 개발로 인해 전기적 특성이 변화를 하고, 다량의 LED가 사용되는 시스템에서는 LED 한 개의 적은 오차도 전체 시스템에 대해서는 큰 영향을 미칠 수 있다.<sup>[3]</sup>

본 논문에서는 활용분야가 넓어진 LED의 보다 정확한 시뮬레이션과 손쉽게 활용하기 위하여 PSPICE를 이용하여 범용적으로 사용할 수 있는 LED 소자를 모델링하였다. 이 소자는 손쉽게 특정 LED에 따른 기본적인 변수 값들을 입력하여 사용할 수 있도록 라이브러리와 하였으며, 라이브러리의 동작을 확인하기 위하여 PSPICE에서 제공하는 기본 LED 소자와 비교 시뮬레이션을 수행하여 시뮬레이션의 정확성을 확인하였다.

## 2. 발광 다이오드 모델

### 2.1 발광다이오드의 특성

### 2.2 발광 다이오드의 모델링

대부분의 시뮬레이션에서 사용하는 다이오드 및 범용 LED는 IS, N, RS 등의 몇 가지 변수에 대해서만 정의되어 있어서 세밀한 시뮬레이션은 불가능하게 된다. 이에 본 논문에서는 LED에서 다루어지는 대부분의 변수를 수정 가능하도록 구현하였다.

Pspice 프로그램에서 다이오드에 관한 모델 속성을 나타내는 변수와 초기값에 대해 <표 1>에 나타내었다.

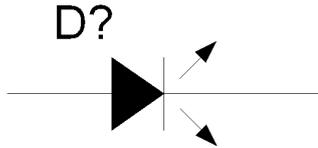
<표 1> 다이오드의 Pspice 변수와 기본값

변수	설명	단위	기본값
AF	flicker noise exponent		1.0
BV	reverse breakdown knee voltage	V	infinite
CJO	zero-bias p-n capacitance	farad	0.0
EG	bandgap voltage(barrier height)	eV	1.11
FC	forward-bias depletion capacitance coefficient		0.5
IBVL	low-level reverse breakdown knee current	A	0.0
IBV	reverse breakdown knee current	A	1E-10
IKF	high-injection knee current	A	infinite
IS	saturation current	A	1E-14
ISR	recombination current parameter	A	0.0
KF	flicker noise coefficient		0.0
M	p-n grading coefficient		0.5
N	emission coefficient		1.0
NBV	reverse breakdown ideality factor		1.0
NBVL	low-level reverse breakdown ideality factor		1.0
NR	emission coefficient for isr		2.0
RS	parasitic resistance	Ω	0.0
TBV1	bv temperature coefficient(linear)	°C	0.0
TBV2	bv temperature coefficient(quadratic)	°C	0.0
TIKF	ikf temperature coefficient(linear)	°C	0.0
TRS1	rs temperature coefficient(linear)	°C	0.0
TRS2	rs temperature coefficient(quadratic)	°C	0.0
TT	transit time	sec	0.0
T_ABS	absolute temperature	°C	
T_Measured	measured temperature	°C	
T_Rel_global	relative to current temperature	°C	
T_Rel_local	Relative to AKO model temperature	°C	
VJ	p-n potential	V	1.0
XTI	IS temperature exponent		3.0

<표 1>에 나타낸 모든 변수들을 클릭 한번으로 손쉽게 변경 할 수 있도록 구성하였다. 제조사에서 제공하는 변수 값을 넣거나 새로 개발된 소자의 값을 넣음으로써 실제와 거의 유사하게 시뮬레이션을 수행할 수

있도록 하였다.

<그림 1>은 본 논문에서 모델링 한 Pspice에서 사용할 LED에 대한 모델을 나타내었다. 기존의 모델과 구분하기 위하여 외형에 약간의 변형을 주었다.

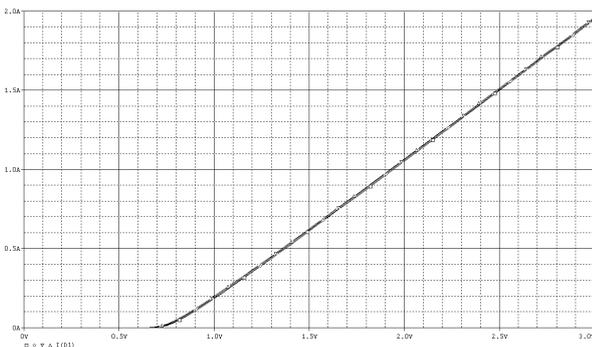


<그림 1> LED 모델

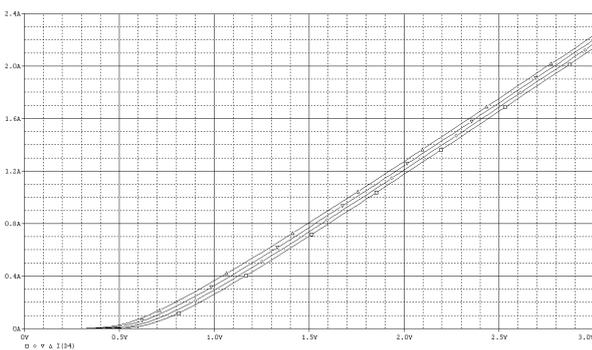
### 3. 시뮬레이션

본 논문에서 모델링한 LED 소자의 동작을 확인하기 위하여 기존 Pspice에서 제공하고 있는 일반 다이오드와 비교 시뮬레이션 하였다. 새로 모델링한 LED의 시뮬레이션에 사용한 데이터는 시중에 광원으로 사용되고 있는 Power LED의 데이터 시트 중 한 가지를 이용하여 수행하였다.<sup>[4]</sup>

<그림 2>는 V-I 특성곡선을 나타낸 것으로 (a)는 일반 다이오드의 결과이고, (b)는 Power LED의 결과이다. 두 결과 모두 동일한 회로를 기준으로 시뮬레이션 하였다. 직류 전원과 전류제한용 저항을 직렬로 연결하였으며, 시뮬레이션 시 온도를 5[°C], 25[°C], 45[°C], 65[°C]로 가변하여 수행하였다. 그림에서 보는바와 같이 일반 범용 다이오드와 차이를 보이고 있다.



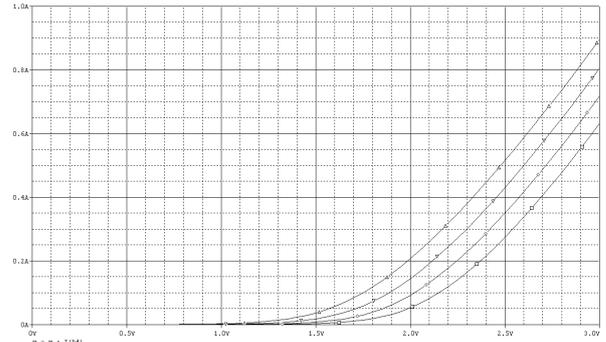
(a) 일반 다이오드의 V-I 특성곡선



(b) Powr LED의 V-I특성곡선

<그림 2> 온도 가변에 따른 V-I 특성곡선

<그림 3>은 <그림 2>의 (b)에서와 같은 시뮬레이션 조건에 Power LED를 직렬로 3개 연결하여 수행하였다. 대부분의 활용에서 여러개의 LED를 직·병렬로 연결하여 사용하는데 시스템이 커질수록 시뮬레이션의 오차는 더욱 커지게 나타난다.



<그림 3> Power LED 3개 직렬연결 시 V-I 특성곡선

### 4. 결 론

본 논문에서는 활용분야가 넓어진 LED의 정확한 사용을 위한 방법의 하나로 정확한 시뮬레이션을 위한 범용 라이브러리를 구축하였다. 기존의 일반 다이오드를 이용한 시뮬레이션으로 개략적인 결과를 얻는 것에 반해 본 범용 라이브러리를 활용하면 보다 실제에 가까운 정확한 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 시뮬레이션 결과에서 보는 것과 같이 일반 다이오드와 실제 다이오드의 결과에 많은 차이를 나타내는 것을 볼 수 있다. 본 논문에서 구축한 범용 LED 모델을 활용하면 다양한 LED와 새로 개발될 LED의 시뮬레이션에 손쉽게 광범위하게 사용될 수 있을 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 정봉만, "LED 광원 신 조명기술", 한국 에너지 기술 연구원 에너지 절약기술 Workshop 제 19호, 2004
- [2] Jeff Y. Tsao, "Light Emitting Diodes(LEDs) for General Illumination", Optoelectronics Industry Development Association, 2002
- [3] E. Fred Schubert, "Light-Emitting Diodes", Cambridge Univ. Press, 2003.
- [4] 서영수, 황락훈, 조문택, "완벽 PSPICE", 대영사, 2000.