

Örnek Bir Elektronik Baskı Devresinde Soğutma Performansını Arttırmak için Kullanılan Via Uygulamasının Jonksiyon Sıcaklığına Etkilerinin Araştırılması

K.Furkan Sökmen^{1*}, Osman Bedrettin Karataş¹⁺

¹Bursa Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Bursa Türkiye

*Corresponding author: furkan.sokmen@btu.edu.tr

+Speaker: osman.karatas@btu.edu.tr

Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper

Abstract – Çalışmamızda Samsung PLCC4 LED ve elektronik bileşenlerinin jonksiyon sıcaklığı üzerinde via etkisi hesaplamalı akışkanlar mekaniği analizleri ile araştırılmıştır. Analizlerde FloEFD 17.4 hesaplamalı akışkanlar dinamiği ticari programı kullanılmıştır. Elektronik komponentlerin ve diğer parçaların termal açıdan dayanımını kontrol etmek için analiz sınır şartlarının belirlenmesinde VW Şartnamesi (LAH.000.945) dikkate alınmıştır. Elektronik bileşenler silikon olarak, soğutucu kanatçıklar alüminyum ve LED yazılım içinde çip olarak tanımlanmıştır. Bu malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları, yoğunlukları, ısı sığaları programa girilmiştir. Via elektronik kartlar üzerinde ısı transferini hızlandıran baskı devresinin üzerine açılmış bakırla kaplanmış ufak deliklerdir. Çalışmada yapılan analizlerde ortam sıcaklığı 23°C olarak alınmıştır. Yerçekimi etkileri dikkate alınmıştır. Solar radyasyon uygulanmamıştır. İlgili elektronik bileşenlerin üzerinden geçen akım değeri 0.18A, LED sürüm gerilim değeri maksimum 2.5 V olarak alınmıştır. İlk analizde via sayısı 101 adet iken ikinci analizde via sayısı 2 katına çıkarılarak 202 adet olarak alınmıştır. Via sayısı 101 adet olan elektronik devre analiz sonucunda elde edilen LED üzerindeki maksimum sıcaklık değeri 70,01 °C dir. LED jonksiyon sıcaklığı 102,86° C olarak hesaplanmıştır. Via sayısı 202 olan devre analiz sonucunda Led üzerindeki maksimum sıcaklık değeri 69,79 °C ve Led jonksiyon sıcaklığı 102,64° C olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak via sayısının elektronik bileşenler üzerinde sıcaklık bakımından çok yüksek bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Bu sonucun baskı devresinin boyutlarının küçük olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Farklı boyutlarda baskı devrelerinde inceleme yapılmaya devam edilmektedir.

Keywords – Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği, elektronik soğutma, ısı transferi, LED, via

I. INTRODUCTION

LEDler sahip oldukları yüksek verimlilikleri, uzun ömürlü olmaları ve düşük güç tüketimleri gibi önemli avantajları sayesinde günümüzde birçok aydınlatma uygulamasında kullanım alanı bulmaktadır [1]. Cep telefonlarının ekran aydınlatması, LCD ekranların aydınlatılması, büyük işaret lambaları, göstergeler, otomobil iç ve dış aydınlatma üniteleri kullanım alanlarına örnek verilebilir. Günümüzde LED'lerden giderek daha yüksek ışık şiddeti elde edilmek istenmektedir. Böyle bir sistemden yüksek verim elde edilebilmesi için de optik ve ısıll tasarım giderek önemli hale gelmektedir. Üretilen ısı elektronik devre üzerinden verimli bir yöntemle uzaklaştırılmadığı sürece LED'lerdeki ışık yayma verimliliği düşecek ve ömrü artacaktır. LED'in çalışma sıcaklığı düşürüldüğünde ise daha yüksek verim elde edilecektir. Ancak günümüzde artan talepler doğrultusunda daha yüksek güç tüketen LED'ler daha küçük hacimler içerisinde kullanılmak istenmektedir. Bu da LED'ler için ısıll tasarımı zorlaştırmakta ve farklı soğutma metotları üzerine çalışma zorunluluğu getirmiştir [2]. Arık ve diğ. LED'lerde meydana gelen ısı problemleri anlamak için sonlu elemanlar yöntemini kullanarak LED üzerindeki bölgesel sıcak noktaların etkisini incelemişlerdir [3]. Arık ve diğ. LED'lerin sistem düzeyinde ısıll tasarımı araştırıldığı diğer çalışmada ise farklı

malzemeden üretilmiş LED'lerin termal performanslarını incelemişlerdir. Yüksek iletim katsayısına sahip malzeme olan silisyum karbürün, safire göre 2 kat daha iyi ısıll performansa sahip olduğu bulunmuştur [4]. Petroski ve diğ. çalışmasında ısı dağıtıcısına sahip LED'li spot modülü geliştirmişlerdir. Doğal taşınım ile soğutma yapılan bu çalışmada silindirik boruda dikey kanatlara sahip ısı dağıtıcısı kullanılarak LED'in konumlandırılma problemi çözülmüştür [5]. Yung ve diğ. de doğal taşınım ile soğumanın olduğu LED'li bir sistemde PCB'nin değişik açılarda bulunmasının ısı transferi üzerindeki etkisini incelemişlerdir [6]. Bazı araştırmacılar termoelektrik soğutucu kullanarak LED soğutma sistemi tasarımlarını incelemişlerdir. Zhong ve diğ. yaptıkları çalışmada termoelektrik soğutucuya sahip sistemi ısı dağıtıcısı ve fan bulunan soğutma sistemi ile karşılaştırılmıştır. Buna göre termoelektrik soğutucunun, ısı dağıtıcısı ve fan içeren sisteme göre hava hızının 3,6m/s olduğu durumda ve LED gücünün 35W'dan az olduğu durumlarda daha verimli olduğu görülmüştür [7]. Termoelektrik soğutucu kullanılan bir diğer çalışma ise Liu ve diğ. tarafından yapılmıştır. Silikon esaslı termoelektrik soğutucu bulunan LED soğutma sisteminin ısıll direnci düşüreceği görülmüştür [8]. LED'li sistemlerde ısıll tasarım yapılırken sonlu elemanlar yönteminden sıklıkla yararlanılmaktadır. Cheng ve diğ. sonlu elemanlar yöntemini kullanarak yaptıkları çalışmada 10 adet LED, PCB'nin

arkasında kapalı bir hacim ve dikey kanatçıkların bulunduğu bir sistemde farklı ısı taşınım katsayıları ile ısı dağılımının değişimini incelemişlerdir. Isı taşınım katsayısını arttırmak için bir fanın kullanılmasıyla LED sıcaklığının düşürüldüğü görülmüştür [9]. Sonlu elemanlar yönteminin kullanıldığı bir diğer çalışmada ise ısı dağıtıcısında bulunan kanatçıkların sayısı, genişlikleri ve uzunluklarının ısıl tasarıma etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmaya göre kanatçıkların uzunlukları arttırıldığında LED sıcaklığının düştüğü, ancak kanatçık kalınlığı arttırıldığında ise arttığı görülmüştür. Kanatçık sayısı ve uzunluğunun arttırılmasıyla LED sıcaklığının belirli bir değere kadar düşürülebileceği ancak bu değerden sonra çok küçük değişiklik gözlemlendiği tespit edilmiştir [10]. Weng de çalışmasında sonlu elemanlar yöntemini kullanarak LED'li sistemlerin termal performanslarını araştırmıştır [11]. Literatürde soğutma sisteminde akışkan olarak hava yerine sıvı kullanılan çeşitli çalışmalar da mevcuttur. Lai ve diğ. çalışmasında sıvı soğutmalı bir sistem geliştirmişlerdir. Yaptıkları karşılaştırmada hava ile soğutmanın yetersiz kalabildiğini göstermişlerdir. Çalışmada ısıl verimi iyileştirebilmek için sıvı akışını ve soğutma sisteminde kullandıkları ısı dağıtıcısını optimize etmişlerdir [12]. Su soğutmalı bir diğer sistem ise Liu ve diğerlerinin çalışmasında yapılmıştır. Bir pompa ile suyun sirkülasyonun sağlandığı sistemde LED'lerin bulunduğu yüzey ile temas edip ısınan su ısı dağıtıcısı ve fan yardımı ile soğutulmaktadır. Literatürde yapılan elektronik soğutma teknikleri üretim ve bakım maliyetleri gözönüne alındığında doğal taşınım ile soğutmanın ilk tercih olduğu yetersiz soğutmaya karşın fan ile zorlanmış taşınım metoduna başvurulduğu görülmektedir. Bu çalışmada Samsung PLCC4 LED ve elektronik bileşenlerinin üzerindeki ısı dağılımını rahatlatmak ve elektronik bileşenler üzerindeki sıcaklığı azaltmak için açılan via uygulamasının soğutmaya etkisi incelenmiştir. Çalışmada hesaplamalı akışkanlar mekaniği metodu kullanılmıştır. Analizlerde FloEFD 17.4 hesaplamalı akışkanlar dinamiği ticari programı kullanılmıştır

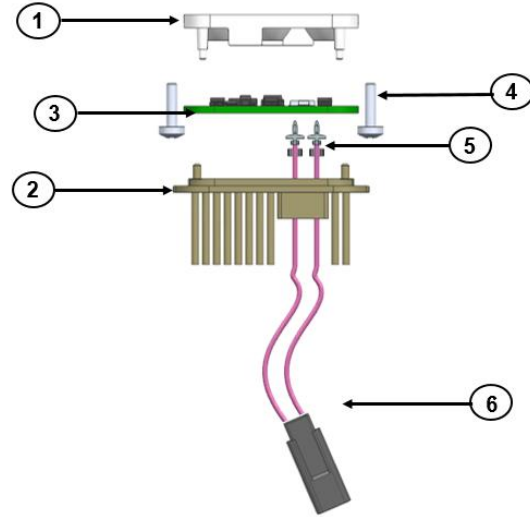
II. MATERIALS AND METHOD

2.1. Geometri ve Model

Çalışmada kullanılan LED modülün geometrisi, montaj deposu ve kullanılan malzeme listesi Şekil.1 ve Tablo.1'de verilmiştir.

Tablo.1: LED modül malzeme listesi

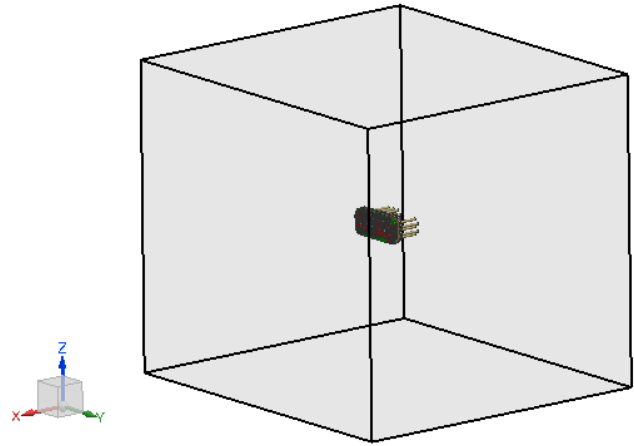
No	Parça ismi	Malzeme
1	Lens	PC Lexan LS2
2	Soğutucu	AL 6063
3	PCB	FR4 PCB
4	Vida	Ejot Delta
5	Çakma Crimp	CuZn33
6	Kablo	FLY-R Kablo 200 mm
7	Etiket	10x30 mm



Şekil.1: LED Modül geometri ve montaj şeması

2.2. Nümerik simülasyonlar

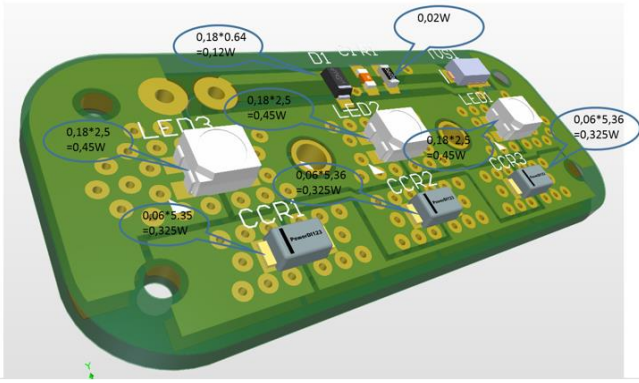
LED modül üzerinde sıcaklık dağılımlarının tespiti için hesaplamalı akışkanlar mekaniği (HAD) metodu kullanılmıştır. FLOEFD 14.2 ticari yazılımı analizler için kullanılmıştır. LED modülün tasarımı CATIA V5 R19 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. PCB geometrisinde analizlerde kolaylık olması maksadı ile bazı basitleştirmeler yapılmıştır. LED modülü içine alacak şekilde bir hesaplama hacmi atanmıştır (Şekil.2).



Şekil.2: Analiz için LED Modülü içine alan hesaplama hacmi

Analizlerde yerçekimi etkisi dikkate alınmıştır. Katı parçalar arasında ısı iletimi dikkate alınmıştır. Analiz ortam sıcaklığı 23°C'dir. Solar radyasyon uygulanmamıştır. İlgili elektronik bileşenlerin üzerinden geçen akım değeri 0.18A, LED sürüm gerilim değeri maksimum 2.5 V olarak tanımlanmıştır (Şekil.3).

Via sayısı 101 ve 202 olan iki adet LED modül için analizler yapılmıştır.



Şekil.3:Elektronik Komponentlerin Güç Değerleri (0.18A)

FloEFD hesaplamalı akışkanlar mekaniğinin temeli olan kütle, momentum ve enerji korunum denklemleri olarak bilinen Navier-Stokes denklemlerini çözmektedir. Analizler zamandan bağımsız çözdürülmüştür. Buna göre çözümlenecek denklemler aşağıda verilmiştir.

Continuity equation:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0$$

Momentum equations:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v u) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w u) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u v) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w v) = -\frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u w) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v w) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w w) = -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) - \rho g$$

Thermal energy conservation equation for fluid:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u T) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v T) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w T) = \frac{k}{C_p} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + S_e$$

For solid:

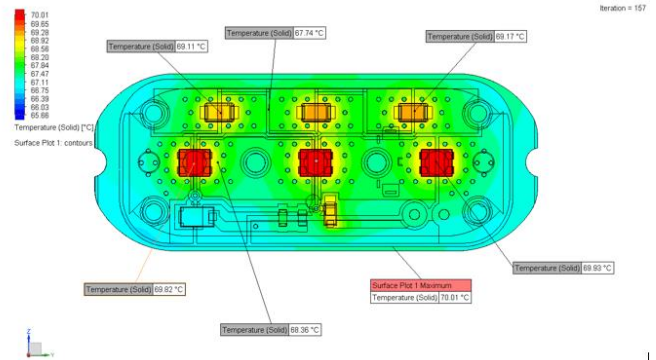
$$\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) = 0$$

PCB üzerinde bulunan elektronik bileşenlerin jonksiyon sıcaklıklarının hesabı Eşitlik.1 ile yapılmaktadır.

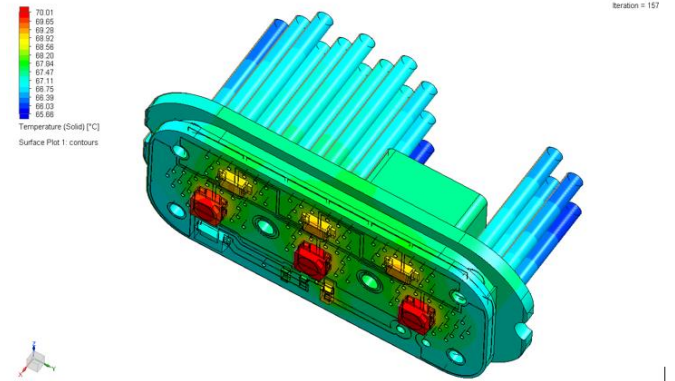
$$T_j = T_a + R_{th} \cdot P \quad (1)$$

III. RESULTS

Analizler via sayısı 101 ve 202 için yapılmıştır. Analz sonuçları sırasıyla aşağıda verilmiştir. Analiz sonucunda 101 vialı PCB (Analiz-1) için elde edilen her parça için maksimum sıcaklık değerleri Şekil-4 de verilmiştir. LED üzerindeki maksimum sıcaklık değeri 70,01 °C dir. LED jonksiyon sıcaklığı Eşitlik.1 ile 102,86° C olarak hesaplanmıştır. Analiz-1 için elde edilen sıcaklık dağılımları Şekil.4 ve 5'te verilmiştir.

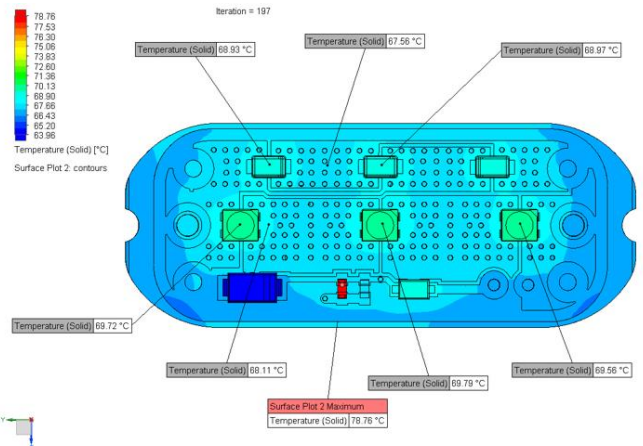


Şekil.4: 101 Via için elektronik komponentlerin sıcaklık değerleri

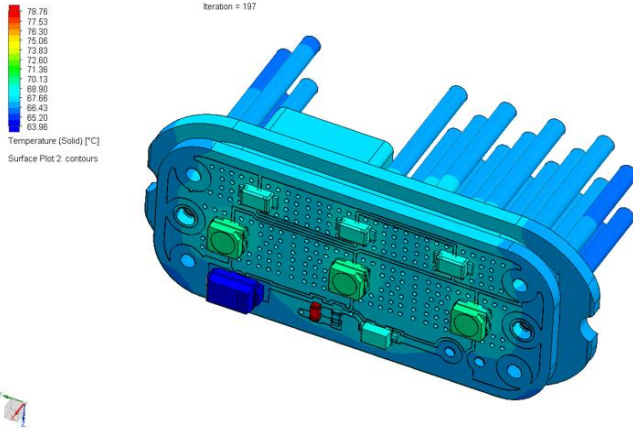


Şekil.5: 101 Via için elektronik komponentler, PCB ve soğutucu üzerindeki sıcaklık dağılımı

İkiyüzüki via bulunan PCB (Analiz-2) için yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar Şekil.6 ve 7'de verilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen her parça için maksimum sıcaklık değerleri Şekil-16 da verilmiştir. Led üzerindeki maksimum sıcaklık değeri 69,79 °C dir. Led jonksiyon sıcaklığı Eşitlik.1 ile 102,64° C olarak hesaplanmıştır.



Şekil.6: 202 Via için elektronik komponentlerin sıcaklık değerleri



Şekil.7: 202 Via için elektronik komponentler, PCB ve soğutucu üzerindeki sıcaklık dağılımı

Sonuçlar karşılaştırmalı olarak Tablo.2’de verilmiştir.

Sınır şartları	ANALİZ-1	ANALİZ-2
Çevre sıcaklığı	23°C	23°C
Akım	0,18A	0,18A
Gerilim	2,5V	2,5V
Tj	102,86°C	102,64°C
Via sayısı	101	202
Kanatçık sayısı	28	28
Kanatçık uzunluğu	16mm	16mm

IV. DISCUSSION

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre aynı PCB üzerinde via sayısının 2 katına çıkarılması jonksiyon sıcaklığını büyük oranda etkilemediği tespit edilmiştir. Bunun nedeninin PCB boyutlarının küçük olması, soğutucu kanatların elektronik devreyi verimli bir şekilde soğuttuğu gibi nedenlere bağlanmıştır. Elektronik devrenin üzerinde bulunan Led dışındaki elektronik bileşenlerin güç oranında dikkat çeken 202 vialı PCB üzerinde maksimum sıcaklık bir direnç üzerinde dikkat çekmiştir. Bu da via sayısı kadar viaların konumlarında önemli olabileceği sonucunu bize vermektedir.

V. CONCLUSION

Led modüller son zamanlarda kullanım alanı olarak oldukça genişlemiş ve geleneksel ampullerin yerini almıştır. Bu bağlamda ampul gibi uzun ömürlü LED modüllerin olması için modülün iyi soğutulması gerekmektedir. LEDlerin soğutulmasında via uygulamasının sık sık yapıldığı tespit edilmiş ve soğutmaya etkisi araştırılmıştır. Via’ların sayısının 101 ve 202 adet üzerinden yapılan çalışmada via sayısının Tj sıcaklığında 0,22 °C düşme olduğu tespit edilmiştir.

REFERENCES

- [1] M., Alan, Solid state lighting- a world of expanding opportunities at LED 2002, III-Vs Review v16 (1) : 30-33, 2003
- [2] Liu, S., Lin,T., Luo X., Chen M., Jiang X, A Microjet Array Cooling System For Thermal Management of Active Radars and High-

- [3] Mehmet A., S Weaver., Chip scale thermal management of high brightness LED packages, Fourth International Conference on Solid State Lighting: 214-223, 2004
- [4] Mehmet A., C Becker., S Weaver., J., Petroski., Thermal Management of LEDs: Package to System , Proc. of SPIE Vol. 5187, 2004
- [5] J Petroski., Understanding longitudinal fin heat sink orientation sensitivity for Light Emitting Diode (LED) lighting applications, International Electronic Packaging Technical Conference and Exhibition: 111-117, 2003
- [6] K.C. Yung, H. Liem, H.S Choy., W.K Lun., Thermal performance of high brightness LED array package on PCB, International Communications in Heat and Mass Transfer 37, 2010
- [7] Zhong, D., Qin, H., Wang, C., Xiao, Z., Thermal Performance of Heatsink and Thermoelectric Cooler Packaging Designs in LED, 2010
- [8] C.K. Liu, M.J. Dai, C.K. Yu, S.L. Kuo, High efficiency silicon-based high power LED package integrated with micro-thermoelectric device, Proceedings of Technical Papers International Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology Conference, 2007, 2007, pp. 29–33.
- [9] Hui H., De-Shau H., Ming-Tzer L, Heat dissipation design and analysis of high power LED array using the finite element method, Microelectronics Reliability, 2011
- [10] Liu Y., On Thermal Structure Optimization of a Power LED Lighting, International Workshop on Information and Electronics Engineering (IWIEE), 2012
- [11] Chun-Jen W., Advanced thermal enhancement and management of LED packages, International Communications in Heat and Mass Transfer, 2009
- [12] Yan L, Nicolás C., Frank B.,l, Frank T., Jörg K., Robert A, Dagmar W., Liquid Cooling of Bright LEDs for Automotive Applications, Applied Thermal Engineering, 2009