



ISBN 978 3 901906 79 4

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

**SELECTED PAPERS
of the
Light and Lighting Conference
with Special Emphasis on LEDs
and Solid State Lighting**

27-29 May 2009

**Lorand Eötvös University, Freshmen's Castle
Budapest, Hungary**

CIE x034:2010

THE INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION

The International Commission on Illumination (CIE) is an organisation devoted to international co-operation and exchange of information among its member countries on all matters relating to the art and science of lighting. Its membership consists of the National Committees in about 40 countries.

The objectives of the CIE are:

1. To provide an international forum for the discussion of all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting and for the interchange of information in these fields between countries.
2. To develop basic standards and procedures of metrology in the fields of light and lighting.
3. To provide guidance in the application of principles and procedures in the development of international and national standards in the fields of light and lighting.
4. To prepare and publish standards, reports and other publications concerned with all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting.
5. To maintain liaison and technical interaction with other international organisations concerned with matters related to the science, technology, standardisation and art in the fields of light and lighting.

The work of the CIE is carried on by seven Divisions each with about 20 Technical Committees. This work covers subjects ranging from fundamental matters to all types of lighting applications. The standards and technical reports developed by these international Divisions of the CIE are accepted throughout the world.

A plenary session is held every four years, at which the work of the Divisions and Technical Committees is reviewed, reported and plans are made for the future. The CIE is recognised as the authority on all aspects of light and lighting. As such it occupies an important position among international organisations.

LA COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE

La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) est une organisation qui se donne pour but la coopération internationale et l'échange d'informations entre les Pays membres sur toutes les questions relatives à l'art et à la science de l'éclairage. Elle est composée de Comités Nationaux représentant environ 40 pays.

Les objectifs de la CIE sont :

1. De constituer un centre d'étude international pour toute matière relevant de la science, de la technologie et de l'art de la lumière et de l'éclairage et pour l'échange entre pays d'informations dans ces domaines.
2. D'élaborer des normes et des méthodes de base pour la métrologie dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
3. De donner des directives pour l'application des principes et des méthodes d'élaboration de normes internationales et nationales dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
4. De préparer et publier des normes, rapports et autres textes, concernant toutes matières relatives à la science, la technologie et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
5. De maintenir une liaison et une collaboration technique avec les autres organisations internationales concernées par des sujets relatifs à la science, la technologie, la normalisation et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.

Les travaux de la CIE sont effectués par 7 Divisions, ayant chacune environ 20 Comités Techniques. Les sujets d'études s'étendent des questions fondamentales, à tous les types d'applications de l'éclairage. Les normes et les rapports techniques élaborés par ces Divisions Internationales de la CIE sont reconnus dans le monde entier.

Tous les quatre ans, une Session plénière passe en revue le travail des Divisions et des Comités Techniques, en fait rapport et établit les projets de travaux pour l'avenir. La CIE est reconnue comme la plus haute autorité en ce qui concerne tous les aspects de la lumière et de l'éclairage. Elle occupe comme telle une position importante parmi les organisations internationales.

DIE INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

Die Internationale Beleuchtungskommission (CIE) ist eine Organisation, die sich der internationalen Zusammenarbeit und dem Austausch von Informationen zwischen ihren Mitgliedsländern bezüglich der Kunst und Wissenschaft der Lichttechnik widmet. Die Mitgliedschaft besteht aus den Nationalen Komitees in rund 40 Ländern.

Die Ziele der CIE sind:

1. Ein internationaler Mittelpunkt für Diskussionen aller Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik und für den Informationsaustausch auf diesen Gebieten zwischen den einzelnen Ländern zu sein.
2. Grundnormen und Verfahren der Meßtechnik auf dem Gebiet der Lichttechnik zu entwickeln.
3. Richtlinien für die Anwendung von Prinzipien und Vorgängen in der Entwicklung internationaler und nationaler Normen auf dem Gebiet der Lichttechnik zu erstellen.
4. Normen, Berichte und andere Publikationen zu erstellen und zu veröffentlichen, die alle Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik betreffen.
5. Liaison und technische Zusammenarbeit mit anderen internationalen Organisationen zu unterhalten, die mit Fragen der Wissenschaft, Technik, Normung und Kunst auf dem Gebiet der Lichttechnik zu tun haben.

Die Arbeit der CIE wird in 7 Divisionen, jede mit etwa 20 Technischen Komitees, geleistet. Diese Arbeit betrifft Gebiete mit grundlegendem Inhalt bis zu allen Arten der Lichtanwendung. Die Normen und Technischen Berichte, die von diesen international zusammengesetzten Divisionen ausgearbeitet werden, sind von der ganzen Welt anerkannt.

Alle vier Jahre findet eine Session statt, in der die Arbeiten der Divisionen überprüft, berichtet und neue Pläne für die Zukunft ausgearbeitet werden. Die CIE wird als höchste Autorität für alle Aspekte des Lichtes und der Beleuchtung angesehen. Auf diese Weise unterhält sie eine bedeutende Stellung unter den internationalen Organisationen.

Published by the

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
CIE Central Bureau
Kegelgasse 27, A-1030 Vienna, AUSTRIA
Tel: +43 1 714 31 87 0, Fax: +43 1 714 31 87 18
e-mail: ciecb@cie.co.at
WWW: <http://www.cie.co.at/>



ISBN 978 3 901906 79 4

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

SELECTED PAPERS
of the
Light and Lighting Conference
with Special Emphasis on LEDs
and Solid State Lighting

27-29 May 2009

Lorand Eötvös University, Freshmen's Castle
Budapest, Hungary

CIE x034:2010



Light and Lighting Conference
with Special Emphasis on LEDs
and Solid State Lighting

co-hosted by GE Lighting
and
Commission Internationale de l'Eclairage

CIE thanks for their generous sponsorship of this CIE Conference

Gold Sponsors



Silver Sponsors



Sponsors



International Organizing Committee

György Ábrahám, Jan Ejhed, Franz Hengstberger, Ronnier Luo, Yoshi Ohno, Jiangen Pan, Michael R Pointer, Nigel Pollard, Ken Sagawa, János Schanda, Gennady Shakhparunyants[‡], Subramanian Venkataramari, Wout van Bommel, Ann Webb

Local Organizing Committee

György Ábrahám, Sándor Almási, Gabriella Bánfalvi, Gyula Czeglédy, Gyula Dezsi, Robert Hohol, Ágnes Kovácsné Stahl, Klára Láng, András Majoros, Peter Moldovan, János Nagy, Ágnes Némethné Vidovszky, Martina Paul, Michael R. Pointer, Györgyi Rontó, János Schanda, Cecilia Sikné Lányi, Péter Schwarcz, Zoltan Toth, Klára Wenzel

Any mention of organisations or products does not imply endorsement by the CIE. Whilst every care has been taken in the compilation of any list, up to the time of going to press, these may not be comprehensive.

© CIE 2010

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without the permission in writing from the CIE Central Bureau at the address below.

Commission Internationale de l'Eclairage
CIE Central Bureau
Kegelgasse 27
A-1030 Vienna
AUSTRIA
Tel.: +43 1 714 31 87 0
Fax: +43 1 714 31 87 18
e-mail: ciecb@cie.co.at
WWW: <http://www.cie.co.at/>



Light and Lighting Conference with Special Emphasis on LEDs and Solid State Lighting

Contents

The following table provides an overview of the Selected Papers from the Conference. The papers are published in alphabetical order according to the first author's name.

Authors	Title	Page
Grega Bizjak, Matthias Lindemann, Armin Sperling, Georg Sauter	Calculation of Stray Light in Goniophotometer Room	1
Cyril Chain	Visual Contrast for Visually Impaired People – Proposition of Parameter, Threshold and Measurement Setup, based on Experiments	9
Péter Csuti, János Schanda	A Better Description of Metameric Experience of LED Clusters	17
Judit Fekete, Géza Várady, Cecília Sik-Lányi, János Schanda	Additivity of Glare, Sensitivity using LED Lights at Mesopic Background Light Levels	23
Steve Fotios, Chris Cheal	Road Lighting for Pedestrians in Residential Areas: Choosing the Optimum Lamp Colour Characteristics	29
Henry de Gooijer, A.H.M.E Reinders, Duco A. Schreuder	Solar Power and LED Lighting - New Opportunities for Affordable Indoor Lighting of Rural Families in "Base of the Pyramid" Circumstances	39
Nana Itoh, Ken Sagawa	Spatial Resolution of People with Low Vision	49
Sophie Jost-Boissard, Marc Fontoynt, Joachim Blanc-Gonnet	Colour Rendering of LED Sources: Visual Experiment on Difference, Fidelity and Preference	55
Richard Kittler, Stanislav Darula, David MacGowan	The Critical Window Luminance causing Glare in Interiors	63
Pål Johannes Larsen	Actual Light Performance on Norwegian Roads	75
Pål Johannes Larsen, Erlend Lillelien, Knut Inge Fostervold, Tor Mjøs, Morten Olav Berg	Energy Efficiency Lighting Systems – Consequences for Environment, Health and Human Factors	79
C. Cameron Miller, Yoshi Ohno, Wendy Davis, Yuqin Zong, Kevin Dowling	NIST Spectrally Tunable Lighting Facility for Lighting Related Vision Science Experiments	89
Paul Miller, Louise Wright	Measurement Challenges for Absolute Photometry of Solid-State Lighting: Spatial Distribution and Integration	95

Authors	Title	Page
Etsuko Mochizuki	Subjective Experiment on Visual Fatigue caused by Light from LEDs	99
Tongsheng Mou, Jiandong Yu	Photobiological Radiance Measurement in LEDs' Radiation Safety Assessment	105
Sermin Onaygil, Önder Güler, Emre Erkin	LED Technologies in Road Lighting	111
András Poppe, Clemens J.M. Lasance	Hot Topic for LEDs: Standardization Issues on Thermal Characterization	119
Hans-Dieter Reidenbach	Aspects and Impairment of Visual Functions as a Result of Temporary Blinding from High Brightness LEDs	127
Dragan Sekulovski, Ingrid Vogels, Maurice van Beurden, Ramon Clout	Effect of Frequency on the Sensitivity to Temporal Colour Transitions	131
Andrew Stockman	Luminous Efficiency, Cone Fundamentals and Chromatic Adaptation	141
Zoltan Vas, János Schanda, Peter Bodrogi, Geza Várady	Non-Additivity Errors in Mesopic Photometry	151
Françoise Viénot, Marie-Lucie Durand, Elodie Mahler	The Effect of LED Lighting on Performance, Appearance and Sensations	161
Richard J. Wainscoat, Elizabeth M. Alvarez del Castillo	The Impact of Different Light Sources, including LEDs, on Astronomy	167
Constance E. Walker, Christian B. Luginbuhl, Richard J. Wainscoat	Lighting and Astronomy	173