

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
KATEDRA SKLÁŘSKÝCH STROJŮ A ROBOTIKY
TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
DEPARTMENT OF GLASS PRODUCING MACHINES AND ROBOTICS

STŘEDNÍ UMĚLECKOPRŮMYSL OVÁ ŠKOLA SKLÁŘSKÁ KAMENICKÝ ŠENOV
SECONDARY ART GLASS-MAKING SCHOOL KAMENICKÝ ŠENOV

ČESKÁ SKLÁŘSKÁ SPOLEČNOST
CZECH GLASS SOCIETY

SBORNÍK ABSTRAKTŮ
CONFERENCE PROCEEDINGS OF ABSTRACTS

I. KONFERENCE SVĚTLO A SKLO – OSVĚTLOVACÍ A OPTICKÉ SKLO
1st CONFERENCE ON LIGHT AND GLASS – LIGHTING AND OPTICAL GLASS

5. ZÁŘÍ 2024, LIBEREC, ČESKÁ REPUBLIKA
5th SEPTEMBER 2024, LIBEREC, CZECH REPUBLIC

EDITOR: MARIE STARÁ

© 2024

Vydavatelství ČSS, s.r.o., Sportovní 554, 468 41 Tanvald

ISBN: 978-80-904044-7-2

Obsah (Content)

<i>Valoušková Kamila</i> <i>Muzeum regionu Valašsko, Vsetín</i> Světlo s vůní petroleje. Osvětlovací sklo ze sklárny S. Reich & Co Krásno	 8
<i>Strnadel Ondřej</i> <i>Střední uměleckoprůmyslová škola sklářská, Valašské Meziříčí</i> Triplex design	 11
<i>Kováč Miroslav</i> <i>GLASS SERVICE, a.s., Vsetín</i> Our Solutions for Glass Industry	 13
<i>Pavela Jaroslav</i> <i>Schott, Germany</i> Side Glow Fiber Optics – SideLights	 14
<i>Zajíc Jiří</i> <i>Kavalierglass, a.s., Sázava</i> Trubice a tyče ze skloviny SIMAX	 17
<i>Parma Mikuláš</i> <i>Mgr. Mikuláš Parma, Rožnov pod Radhoštěm</i> Fotometrická měření světla a svítidel z hlediska návrhu osvětlovací soustavy	 19
<i>Hosseini Hossein Ebrahim</i> <i>FunGlass, Alexander Dubček University of Trenčín, Slovakia</i> Synthesis and photoluminescence properties of a novel UVA emitting Bi ³⁺ -doped K ₄ SrGe ₃ O ₉ phosphor	 24
<i>Rabell Jan</i> <i>Brokis s.r.o., Praha</i> Brokisglass	 27
<i>Krutská Helena, Kočárek Jiří</i> <i>EcoGlass a.s., Jablonec nad Nisou</i> Návrh skleněného optického komponentu a jeho funkčnost	 30

<i>Trtík Jiří</i> <i>BMRC Group s.r.o., Praha</i> Vývoj nových typů designových světel (TIM)	 33
<i>Kubát Jan</i> <i>CRYTUR, spol. s r.o., Turnov</i> Luminiscence v monokrystalech a její využití v optických komponentách	 34
<i>Mrózek Magdalena, Svobodová Lucie, Krafka Michal, Bakalova Totka, Daďourek Karel</i> <i>Technická univerzita v Liberci, Liberec</i> Modifikace tenkých vrstev na skleněném substrátu pomocí plazmových technologií se zavedenou antibakteriální účinností	 38
<i>Prusík Pavel</i> <i>Preciosa Lighting, Kamenický Šenov</i> Vývoj světelných technologií od ohně po moderní interaktivní instalace	 49
<i>Kopřiva Pavel</i> <i>Střední uměleckoprůmyslová škola sklářská, Kamenický Šenov</i> Vzdělávání v oboru Design světelných objektů na SUPŠS v Kamenickém Šenově	 50
<i>Hotař Vlastimil</i> <i>Technická univerzita v Liberci, Liberec</i> Porézní skleněná plastelína jako inovace pro osvětlovací sklo	 52
<i>Hauschwitz Petr</i> <i>Inovativní laserové technologie ve sklářském průmyslu</i> HiLASE, Praha	 56
<i>Kašík Ivan</i> <i>Ústav fotoniky a elektroniky AVČR, Praha</i> Optická vlákna a skelné materiály pro zdroje záření	 60
<i>Polák Jaroslav, Brustmann Ondřej</i> <i>POLPUR spol. s r.o., Turnov</i> Využití principů optické výroby	 64

Úvod

Z pověření výboru České sklářské společnosti zajistila Katedra sklářských strojů a robotiky, Technické univerzity v Liberci společně se Střední uměleckoprůmyslovou školou sklářskou v Kamenickém Šenově odbornou garanci i organizačním způsobem I. konferenci Sklo a světlo – osvětlovací a optické sklo, která se koná poprvé u příležitosti 300. výročí od zahájení výroby osvětlovacího skla v severočeském regionu.

Organizačnímu výboru se podařilo připravit toto reprezentativní setkání sklářských odborníků z oblasti moderních technologií při tvorbě designu, konstrukce, řešení optických vlastností a realizaci optických a osvětlovacích systémů. Konference je dále zaměřena na využívání speciálních technik pro dosažení jedinečných optických vlastností skla a za zmínku stojí i historický vývoj výroby osvětlovacího skla.

Předkládaný sborník obsahuje 18 příspěvků, přičemž obsah referátů zahrnuje všechny odborné okruhy vytýčené organizátory pro tuto konferenci. Referáty zpracované na vysoké odborné úrovni dávají možnost předpokládat, že problémy naznačené v referátech zaujmou a budou dobrým základem k odborné diskusi a otevřené výměně zkušeností v hlavním jednání i v kuloárech konference.

PŘÍPRAVNÝ VÝBOR KONFERENCE

Introduction

On behalf of the committee of the Czech Glass Society, the Department of Glass Producing Machines and Robotics, Technical University in Liberec, together with the Secondary Art Glass-making School in Kamenický Šenov provided a professional guarantee and an organization of the 1st Conference Glass and Light - Lighting and Optical Glass, which is being held for the first time at the occasion of the 300th anniversary of the start of production of lighting glass in the North Bohemian region.

The organizing committee managed to prepare this representative meeting of glass experts from the field of modern technologies in a design, solution of optical properties and implementation of optical and lighting systems. The conference is also focused on the use of special techniques to achieve the unique optical properties of glass, the historical development of lighting glass production is also worth mentioning.

The proceedings conclude 18 abstracts and their contents involve all specialised topics of the Conference. The papers are prepared on a high technical level and the presumption is that problems suggested in the lectures will lead to a wide-ranging discussion and open exchange of experience.

PREPARATORY COMMITTEE

Světlo s vůní petroleje. Osvětlovací sklo ze sklárny S. Reich & Co Krásno

Kamila Valoušková

Úvod

V roce 1854 založil Eugen hrabě Kinský na svých pozemcích v Krásně nad Bečvou sklárnu, na jejímž provozování se dohodl s rodinnou firmou S. Reich & Co. Firma se v průběhu následujících let stala jedním z největších podniků v Rakousko-Uhersku a na Moravě provozovala většinu skláren. Produkci sklárny v Krásně firma zaměřila na výrobu skla pro svítidla a osvětlovací sklo zůstalo jejím hlavním sortimentem až do krachu firmy v roce 1934.

Petrolejové lampy

Sklárna v Krásně nad Bečvou vyráběla sklo ke stolním, závěsným i přenosným lampám do interiéru, ale i sklo pro exteriérová světla. Firma dodávala na trh pouze skleněné komponenty a ve stále podrobnějších firemních katalozích svůj sortiment rozdělovala i podle světelného zdroje. Produkce skla pro petrolejové lampy byla vyhodnocována z dochovaných firemních katalogů (od roku 1865), zákresových knih (od roku 1888), výrobních podkladů (stříhy k rotačním tvarům skla, předlohy pro rafinační procesy), sbírkových předmětů z muzeí v regionu (Muzeum regionu Valašsko, Národní muzeum v přírodě – Valašské muzeum v přírodě) a z archiválií.

V Krásně se po zahájení výroby v roce 1855 vyráběly malé přenosné lampy, tzv. všiváky (Lauslampen) z čirého i barevného skla. K oblíbeným typům patřily lampy opatřené plechovým zrcadlem k odrazu světla a háčkem k zavěšení na zeď (tzv. špíglampy). Především pro anglický trh byly vyráběny vysoké kabinetní lampy. V nabídkových katalozích z 60. –70. let 19. století převládají stolní lampy s balustrovým podstavcem a s oboustranně otevřenými stínidly vycházející z tvaru koule, vejčitého tvaru (tzv. tulpny) a kuželovitá stínidla s rozevřenou manžetou při horním okraji. Kromě stolních lamp sklárna vyráběla i nádoby na petrolej k závěsným světlům a přenosné lampy s ouškem.

V 70. letech 19. století byly lampy zdobené brusem, dekorativní malbou s arabeskami a rozptýl světla u stínidel zajišťovalo matování. V 80. letech 19. století dominují nabídky lampy se vsazovací nádobkou na petrolej (tzv. einsatzlampe) využitelné i jako váza. Byly zdobené realistickou malbou s přírodními motivy.

V 90. letech 19. století se stále více uplatňoval plastický dekor dosažený foukáním do kovových forem. Stínidla z křišťálového skla (tvar koule a květu tulipánu) byla zdobena manografii (leptaný dekor předtištěný z ocelové desky) kombinující dva typy matu: hrubší pískovaný a

jemnější leptaný. Po roce 1900 se v tvarech i dekorech petrolejových lamp projevila secese, barevné sklo bylo využíváno i pro stínidla s hutními dekory.

Poslední nabídkový katalog specializovaný na petrolejové lampy vydala firma S. Reich & Co v roce 1912. Obsahoval tvarově jednoduché stolní lampy z opálového skla zdobené malbou stylizovaných květů i závěsné lampy ve tvaru žaludu.

Vybrané tvary petrolejových lamp s plastickým dekorem vyráběné firmou S. Reich & Co především v závěru 19. století se do produkce sklárny ve Valašském Meziříčí – Krásně vrátili v 70. letech 20. století, kdy byly upraveny pro elektřinu.



Obr. 1 Stolní vsazovací petrolejové lampy, S. Reich & Co, Krásno nad Bečvou, 1884, kolorovaná černobílá fotografie. Sbíрка Muzea regionu Valašsko, Valašské Meziříčí.

Závěr

Firma S. Reich & Co vyráběla ve sklárně v Krásně nad Bečvou široký sortiment skla pro petrolejové lampy, který systematicky obohacovala o nové tvary a dekory do roku 1912. Dochovaná výrobní dokumentace zaznamenává tvarovou proměnu jak stolních, tak závěsných lamp. Způsoby rafinace skla odpovídaly jak stylovému vývoji, tak požadavkům na funkci předmětů.

Literatura

- [1] Muzeum regionu Valašsko, muzeum Valašské Meziříčí, podsbírka uměleckoprůmyslové práce
- [2] Národní muzeum v přírodě, Valašské muzeum v přírodě, podsbírka etnografická
- [3] Státní okresní archiv Vsetín, fond Okresní úřad Valašské Meziříčí, 1855–1868
- [4] Zemský archiv v Opavě, fond Českomoravské sklárny, a. s., Valašské Meziříčí se sídlem v Praze, dříve S. Reich a spol., Krásno nad Bečvou (1827) 1864–1945 (1961)

Anotace

Příspěvek se zabývá historií výroby skla pro petrolejové lampy ve sklárně v Krásně nad Bečvou, založené Eugenem hrabětem Kinským v roce 1854. Sklármu provozovala rodinná firma S. Reich & Co až do svého krachu v roce 1934. Výzkum je založen na dochovaných firemních katalogích, zákresových knihách, výrobních podkladech a sbírkových předmětech z regionálních muzeí. Tvarová proměna různých typů skla od malých přenosných lamp, přes stolní a závěsné lampy, až po bohatě zdobené lampy do luxusních interiérů je sledována od 60. let 19. století. Pozornost je věnována také rafinačním technikám: broušení, leptání a malbě skla i s ohledem na jejich vliv na funkci svítidel. V práci je zdůrazněna také inovativnost a adaptabilita sklárny v reakci na změny stylu a technologií, včetně návratu některých historických designů v 70. letech 20. století.

Summary

LIGHT WITH THE SCENT OF KEROSENE. LIGHTING GLASS FROM THE GLASSWORKS S. REICH & CO KRÁSNO

The paper deals with the history of glass production for kerosene lamps at the glassworks in Krásno nad Bečvou, founded by Count Eugen Kinský in 1854. The glassworks were operated by the family firm S. Reich & Co until its bankruptcy in 1934. The research is based on preserved company catalogs, drawing books, production materials, and collection items from regional museums. The transformation of various types of glass, from small portable lamps to table and hanging lamps, and richly decorated lamps for luxurious interiors, is traced from the 1860s. Attention is also given to refining techniques: cutting, etching, and painting of glass, considering their impact on the functionality of the lamps. The paper highlights the innovation and adaptability of the glassworks in response to changes in styles and technologies, including the revival of some historical designs in the 1970s.

Mgr. Kamila Valoušková, Muzeum regionu Valašsko, příspěvková organizace, Horní náměstí 2, 755 01 Vsetín, e-mail: valouskova@muzeumvalassko.cz, tel.: +420 737 006 628

Triplex Design

Ondřej Strnadel

Úvod

Přednáška vychází z teoretické části autorovy diplomové práce obhájené v roce 2012 na Fakultě multimediálních komunikací Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně v rámci studijního oboru Průmyslový design. Je věnována produkci osvětlovacího skla sklářské velkoﬁrmy S. Reich & Co. a jejich nástupců, včetně národního podniku Osvětlovací sklo.

Triplex je technologickým postupem vrstvení skla při výrobě osvětlovacího skla, zavedeným do výroby ve sklárně v Krásně nad Bečvou v roce 1907. Jeho využití provázelo historii výroby osvětlovacího skla největšího výrobce v České republice, tj. právě Valašského Meziříčí.

K prvním výrazným designérům, kteří triplex využívali, patřil Jaroslav Antonín Junek. V roce 1958 je založeno vývojové oddělení, do kterého o rok později přichází další výrazná postava Karel Volf. V 60. letech minulého století spolupracuje Karel Volf s J. A. Junkem. Po dokonalém seznámení s výrobním sortimentem si začal Volf utvářet svůj osobitý přístup k designu navrhovaných svítidel. Ty respektovaly tradici výroby opálového skla namísto využívání třpytivých a jiskřících efektů skla. Spolu s designérem plastických hmot a keramikem Ivanem Jakešem, autorem několikanásobně zvětšených šachových figurek, a sklářským návrhářem Jiřím Boháčem pokračoval v realizacích poměrně velkých, elegantně tvarovaných svítidel. Podobně pracovali i vynikající modelér František Slavík a jeden z posledních návrhářů Jan Votava, autor lampy „Napoleón“, jež byla vyvzorována pro mezinárodní sklářskou soutěž „Zlatá sklářská píšťala.“

Celá řada svítidel těchto designérů získala mezinárodní věhlas. Ocenění CID (Czechoslovak Industrial Design) a zlaté medaile z veletrhů v Liberci a Brně svědčí o jejich nesporných kvalitách.



Obr. 1 Ivan Jakeš - Stolní svítidla „Šachové figurky“ 1971

Literatura

- [1] Fišer J. a kol., Osvětlovací sklo v interiéru, Státní nakladatelství technické literatury Praha (1965).
- [2] Grus P. a kol. Osvětlovací sklo a svítidla v interiéru, 2. vydání, Státní nakladatelství technické literatury Praha (1965).
- [3] Podzemná A., Stanický P., Historie a současnost sklářské tvorby na Zlínsku, Verbum Zlín (2010).
- [4] Pauly J., Sté výročí narození Ing. Miloslava Prokopa, Národní technické muzeum Praha Volf M. B., Sklo, podstata-krása-užití, Pražské nakladatelství V. Poláčka Praha (1947).

Anotace

Přednáška vychází z teoretické části autorovy diplomové práce obhájené v roce 2012 na Fakultě multimediálních komunikací Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně v rámci studijního oboru Průmyslový design. Zabývá se jednotlivými sklářskými výtvarníky působícími v Krasenské sklářské huti, kteří ve své práci využívali techniku vrstveného skla – triplex. Jedná se o období od 30. do 80. let 20. století. K nejvýraznějším designérům je řazen Jaroslav Antonín Junek, Miloslav Prokop, Karel Volf, Ivan Jakeš a Jan Votava.

Summary

TRIPLEX DESIGN

The lecture is based on the theoretical part of the author's diploma thesis defended in 2012 at the Faculty of Multimedia Communications of Tomas Bata University in Zlín within the study field of Industrial Design. It deals with individual glass artists working in the Krasna Glassworks who used the technique of layered glass - triplex - in their work. The period is from the 1930s to the 1980s. The most prominent designers include Jaroslav Antonín Junek, Miloslav Prokop, Karel Volf, Ivan Jakeš and Jan Votava.

MgA. Ondřej Strnadel, Střední uměleckoprůmyslová škola sklářská Valašské Meziříčí, Sklářská 603/8, 757 01 Valašské Meziříčí, e-mail: ostrnadel@sklarskaskola.cz, tel.: +420 737 320 626

Our Solutions for Glass Industry

Miroslav Kováč

Anotace

Jako lídr v oblasti řešení pro sklářské pece má GS také klíčovou roli při dekarbonizaci sklářského průmyslu. V souladu s tímto účelem se GS neustále snaží poskytovat sklářům špičková řešení, inovativní řešení oprav a nástroje pro monitorování pece, které budou součástí zítřejší uhlíkově neutrální sklářské pece.

Informace o tavících agregátech a analýza parametrů skla potřebná pro technologický návrh řešení v oblasti optických skel a při výrobě osvětlovacích těles.

Summary

- Analysis of customer requirements and suggestions for possible solutions
- Analysis of glass properties necessary for proper technological design
- Design of technical and technological solution.
- Project management
- Design and manufacturing documentation
- Construction of the furnace and channel / forehearth
- Supply and installation of all designed parts and equipment
- Heating up of the furnace
- Start-up assistance and attendance at first glass melts
- Technical and technological support for the furnace lifetime

Miroslav Kováč, Glass Service, a. s., Rokytnice 60, 755 01 Vsetín, e-mail:
michaela.uhrikova@gsl.cz

Side Glow Fiber Optics – SCHOTT® SideLights

Jaroslav Pavela

Úvod

SCHOTT, founded in 1884, is a global tech group for specialty glass, glass-ceramic and innovative material solutions with a broad product portfolio for high-tech markets. Our purpose: Where others say no, we say yes. More information is available on <https://www.schott.com/>.

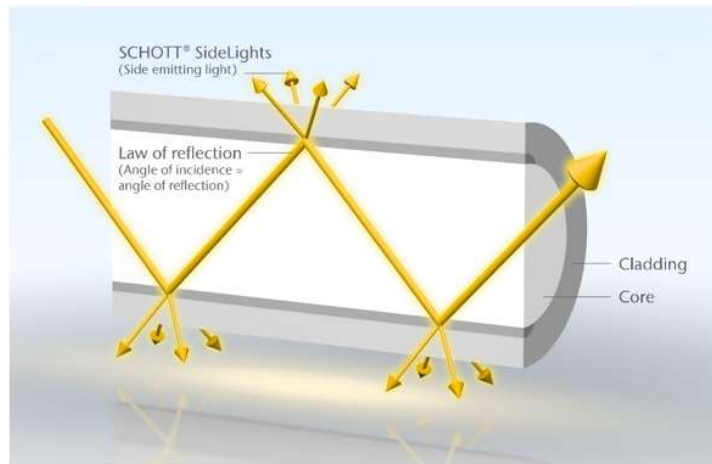
SCHOTT's experience with fiber optics began in 1964. The company draws its own glass fibers for light and image transfer with flexible or rigid glass fiber optics (see picture 1 below), but is not involved in fibers for data transfer / telecommunications. Our customized solutions serve different markets worldwide: Medical, Industrial, Microscopy, Aviation, Defense and Automotive.



Picture 1 – Flexible and Rigid Fiber Optics Products

Fiber Optic Principals

A standard fiber, with a central core surrounded by a concentric cladding (see picture 2), is designed to transmit a light along its length based on the principle of total internal reflection. SCHOTT® SideLights are side emitting flexible glass fibers made possible by our proprietary light scattering fiber cores.



Picture 2 – Fiber Optics Principals

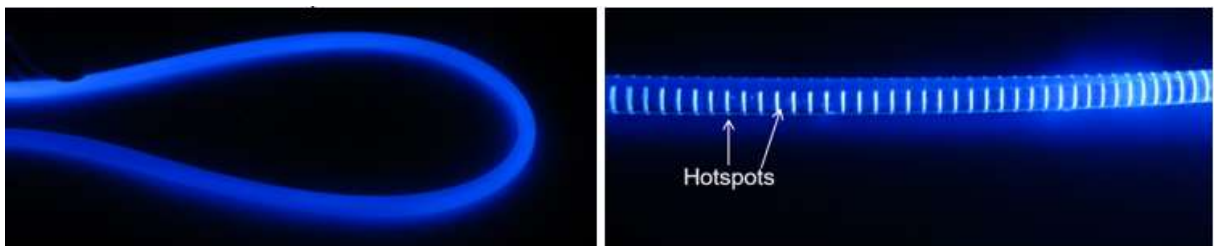
SCHOTT® SideLight Light Guides

Joining SCHOTT® SideLight single fibers into a fiber bundle with a translucent sheathing/tube and adding an end-ferule for good optical coupling creates this special light guide. The final side glow effect (see picture 3) is reached by combining a SCHOTT® SideLight guide with either a single chip or an RGB-LED light source.



Picture 1 – Side Glow Effect

SCHOTT® SideLight guides are made from an extremely robust glass type (temperature, UV, aggressive media). The major benefits (see picture 4) are 360°homogenous uniform illumination even along the bended portion, design flexibility for longer lengths and curved shape with a minimal bending radius of 5x the outer diameter, as well as direct visible installation without hotspots.



Picture 4 - SCHOTT® SideLight Light Guide

The Application

Interior ambient & exterior convenience illumination mainly in Automotive industry.



All photos, graphics: Source: SCHOTT AG.

Summary

SIDE GLOW FIBER OPTICS – SIDELIGHTS

The other application of fiber optics, usually used to deliver information, could be to create ambient, ethereal lighting effects via emitting light along their entire length. It is the ideal solution for creative automotive projects.

Ing. Jaroslav Pavela. Schott ČR s.r.o., Dvořákova 997, 563 01 Lanškroun, e-mail: jaroslav.pavela@schott.com, tel.: +420 724 125 780

Trubice a tyče ze skloviny SIMAX

Jiří Zajíc

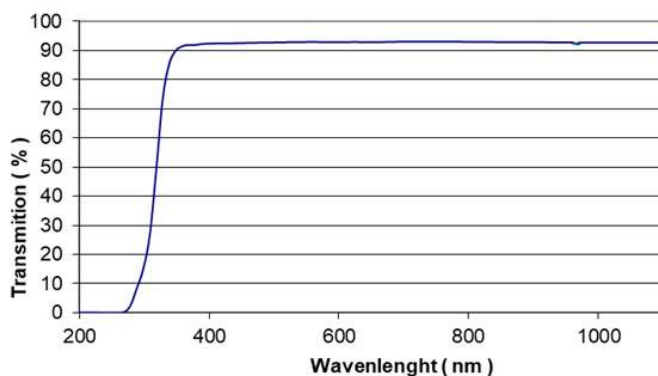
Úvod

Fyzikální a chemické vlastnosti sklovin nazývaných tvrdý borosilikát jsou dosti přísně vázány normou ISO3585. V optických vlastnostech je určitá volnost.

Optické vlastnosti tvrdých borosilikátů

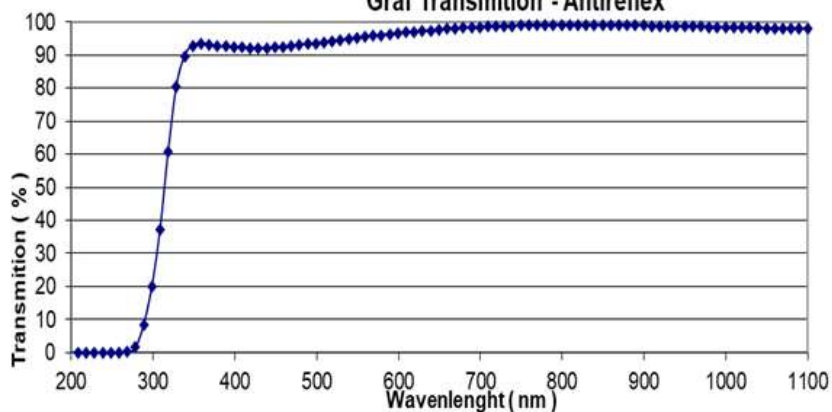
Solární průmysl vyžaduje především vysokou propustnost.

Graf Transmition 92,37 %



Dokonce se povrch upravuje metodou sol gel na antireflexní povrch. Propustnost pak může být i přes 96 %.

Graf Transmition - Antireflex



Trubice a tyče se vyrábí v rozmanitých tvarech, velikostech a délkách. Tvarují se i dodatečně mechanicky i sklofoukačsky.

Závěr

Tvrdý borosilikát je díky svým vlastnostem schopen, jak světelnou energii přijímat a pomoci přetvářet jej na elektrickou energii, tak může být mnohoúčelovým polotovarem pro zdroje světla.

Anotace

Optické vlastnosti skloviny SIMAX umožňují široké použití trubic a tyčí ve výrobě svítidel.

Summary

TUBES AND RODS MADE OF GLASS SIMAX

The optical properties of glass SIMAX enable the wide use of tubes and rods in the production of lighting fixtures.

Úvod

Světelná technika prošla za posledních několik málo let značným vývojem. Nové světelné zdroje umožňují konstruování stále sofistikovanějších svítidel, které mohou prosvětlovat prostor s dynamickou změnou nejen množství světla, ale také jeho spektrálního složení. Z hlediska návrhu osvětlení je tedy kladen značný důraz na popis těchto světelně-technických vlastností moderních svítidel.

Světlo

Jako světlo označujeme část elektromagnetického záření v rozsahu vlnových délek 380 - 780 nm. K absorpci záření dochází na sítnici oka, kde jsou stimulovány dva typy světlocitlivých buněk (fotoreceptorů) - tyčinek a čípků. Každá z těchto buněk je specificky citlivá na krátkovlnnou (400 - 550 nm), středovlnnou (450 - 670 nm) a dlouhovlnnou (500 - 700 nm) část světelného záření díky fotopigmentům rodopsinu a fotopsinu. Různé živočišné druhy jsou schopny vidění i v jiných oblastech elektromagnetického spektra, např. ptáci vidí také v UV (ultrafialové) oblasti, zašmrc plazi jsou schopni identifikovat kořist i pomocí IR (infračerveného) záření.

V roce 2001 nové výzkumy identifikovaly charakteristickou skupinu buněk obsahující melanopsin, které se nazývají světlocitlivé sítnicové gangliové buňky - ipRGCs (intrinsically photosensitive retinal ganglion cells) a které se nepodílejí na zrakovém vjemu, ale jsou zodpovědné za nevizuální reakce na dopadající záření včetně synchronizace cirkadiálního systému [1].

Světelné zdroje

Během 20. století se zdokonaloval vývoj elektrických světelných zdrojů od základní žárovky přes fluorescenční zářivky až po halogenidové výbojky. V současné době se rapidně vyvíjejí především polovodičové zdroje v podobě světlo emitujících diod - LED (Light Emitting Diod). Výrobci svítidel mají nyní možnost integrovat nejen samostatné diskretní LED diody, tj. jednotlivé polovodičové součástky specificky rozmístěné na plošném spoji, ale také různé předpřipravené LED moduly, ať jsou to např. tzv. COB LED diody, nebo LED moduly vyrobené ve standardu ZHAGA. Standardní žárovky nejrůznějších tvarů, výbojky nebo zářivky jsou v současnosti již plně nahrazeny jejich LED ekvivalenty, kterými lze ve svítidlech nahradit původní vesměs energeticky náročnější světelné zdroje.

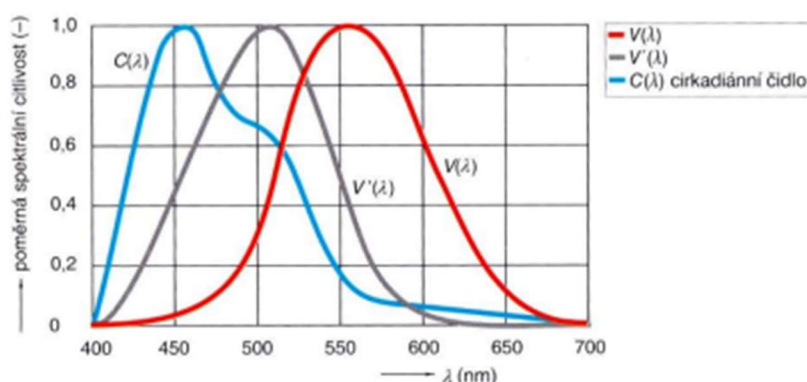
Svítidla

Svítidlo je zařízení obsahující zdroj světla, které je směřováno nejrůznějšími typy optických členů. U pokročilejších svítidel je pak možné ovládat jak kvantitu, tak i kvalitu světla. Svítidlo plní nejen svou technickou funkci, tj. osvětlovat prostor dle požadavků jejich uživatelů, ale plní

také funkci estetickou. Svítidla tak mohou být dominantou interiéru, stejně tak ale mohou být díky miniaturizaci světelných zdrojů nenápadně zaintegrována přímo do stavby nebo do nábytku.

Radiometrie vs Fotometrie

Radiometrie se zabývá měřením elektromagnetického záření v prostoru a používá absolutní veličiny, jakými jsou například zářivý tok, ozářenost, zářivost a další, zatímco fotometrie je obor, který se zabývá měřením světla v kontextu jeho vnímání lidským okem [obr. 1]. Hraje klíčovou roli při návrhu osvětlovacích soustav, protože umožňuje nejen kvantifikaci světla, ale také zajištění jeho správného rozložení v prostoru. Při návrhu osvětlovacích soustav je třeba zvážit různé fotometrické parametry, které ovlivňují jak kvalitu, tak i účinnost osvětlení.



Obr. 1: Spektrální citlivost fotometrického pozorovatele při denním vidění pomocí čípků (červená křivka), nočním vidění pomocí tyčinek (šedá křivka) a spektrální citlivost cirkadiánního čidla (modrá křivka) [2]

Základní fotometrické veličiny

Světelný tok (lumen, lm) - vyjadřuje celkové množství světla vyzařovaného zdrojem ve všech směrech. Je to základní veličina pro hodnocení výkonu světelných zdrojů. Vyšší světelný tok znamená, že světelný zdroj produkuje více světla.

Svítivost (candela, cd) - určuje, jak intenzivní je světlo vyzařované zdrojem v daném směru. Je důležitá při návrhu svítidel, zejména u reflektorů a bodových světel, kde je směřování světla klíčové.

Osvětlenost (lux, lx) - udává množství světla dopadajícího na jednotku plochy. Je klíčová pro hodnocení, zda osvětlení v daném prostoru je dostatečné pro provádění určitých úkolů.

Jas (nit, cd/m²) - definuje množství světla vyzařovaného nebo odráženého plochou v určitém směru. Je důležitý pro zajištění pohodlí očí a zabránění oslnění.

Fotometrická měření

Požadavky na měřicí laboratoř, přístrojové vybavení a další nezbytné podmínky pro získání spolehlivých a přesných fotometrických údajů jsou zakotveny v normě ČSN EN 13032-1+A1 (360456) Světlo a osvětlení - Měření a uvádění fotometrických údajů světelných zdrojů a svítidel - Část 1: Měření a formát souboru údajů. Tato část 1 popisuje základní fotometrická měření a formát souboru údajů. Další části normy se týkají údajů o světelných zdrojích a svítidlech s ohledem na účel použití. Při návrhu osvětlovacích soustav je tedy nezbytné

provádět přesná měření světelných zdrojů a svítidel. To zahrnuje laboratorní měření, která se provádějí pomocí specializovaných zařízení, jako jsou spektrometry, goniofotometry a integrační sféry.

Spektrometrie - umožňuje měřit spektrální rozložení světelného toku, což je důležité pro hodnocení barevného podání (CRI) a teploty chromatičnosti světelných zdrojů (CCT). Správné barevné podání je klíčové v prostorech, kde je důležitá přesná reprodukce barev, jako jsou galerie nebo nemocnice.

Goniofotometrie - tato technika měří rozložení svítivosti svítidla v různých směrech. Hodnoty svítivosti jsou pak uspořádány do soustavy fotometrických rovin, kde mezi nejpoužívanější patří soustava C- γ . Výsledkem jsou pak čáry (křivky) svítivosti, které jsou zásadní pro návrh osvětlení [obr. 2].

Existují v zásadě tři různá konstrukční uspořádání:

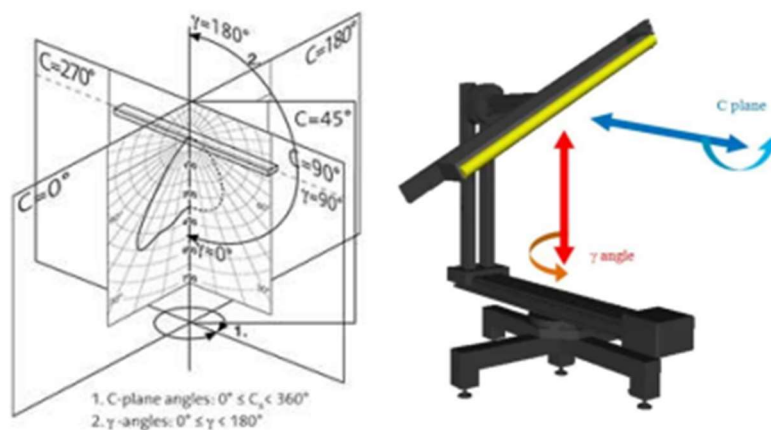
- 1) otočný zdroj a pevný fotometr
- 2) pevný zdroj a otočný fotometr
- 3) pevný zdroj i fotometr a otočný zrcadlový systém

Goniofotometry s otočným zdrojem či svítidlem nejsou vhodným řešením pro světelné zdroje, u kterých je světelný tok závislý i na jejich poloze.

Přístroje druhé skupiny lze použít pouze pro objektivní měření. Používají fotonku připevněnou na rameni, které se otáčí okolo zdroje či svítidla. Výhodou tohoto řešení je skutečnost, že svítidlo či zdroj je zavěšen v normální provozní poloze.

Goniofotometry třetí skupiny umožňují měření v libovolné vzdálenosti, jsou však velmi náročné na konstrukční řešení, zejména zvl. pokud jde o optickou kvalitu zrcadel.

Integrační sféra - umožňuje měření celkového světelného toku svítidla nebo světelného zdroje. Je nezbytný pro určení celkové účinnosti světelného zdroje.



Obr. 2 Fotometrická soustava C- γ (vlevo), goniofotometr (vpravo) [3].

Fotometrické soubory

Světelně technické informace i naměřené fotometrické veličiny lze sdílet a využívat pomocí

fotometrických souborů. Bylo vyvinuto několik formátů, ale v praxi se ujaly pouze dva typy a to standard IES (*.ies), dle americké normy IES LM -63-2002, a dále formát EULUMDAT (*.ldt), který je populární především v Evropě.

Co se týče vlastní struktury IES, jde o částečně explicitně strukturovaný textový soubor, v němž každý řádek reprezentuje jeden záznam, přičemž k identifikaci některých dat se používají klíčová slova uzavřená do hranatých závorek. Některá data jsou vyjádřena implicitně svou pozicí (definovaný konkrétní řádek).

Formát EULUMDAT na rozdíl od IES nevyužívá k identifikaci dat klíčová slova, ale definuje konkrétní řádky, na které jsou ukládána konkrétní data. Jeho velkou výhodou je možnost pracovat s více sadami světelných zdrojů a jako jediný dokáže zaznamenat informaci o indexu podání barev a náhradní teplotě chromatičnosti [4].

Oba typy souborů byly několikrát aktualizovány především s ohledem na měření LED svítidel, které nemají výměnný světelný zdroj, a je tedy nutné uvádět hodnoty svítivosti pomocí absolutní fotometrie namísto fotometrie relativní.

V současné době je vyvíjen nový formát GLDF (<https://gldf.io/>), který bude obsahovat navíc rozšiřující informace jako například spektrální složení světla nebo 3D model svítidla.

Software

Fotometrické soubory se používají primárně k usnadnění návrhu osvětlení pomocí specializovaných programů Dialux nebo Relux, své využití však nacházejí také při architektonických vizualizacích pomocí renderovacích softwarů.

Při návrhu osvětlovacích soustav je cílem zajistit, aby bylo dosaženo požadované úrovně osvětlenosti v daném prostoru s co největší energetickou účinností a komfortem pro uživatele.

Klíčovými kroky jsou:

Analýza prostoru – tzn. zohlednění účelu prostoru, jeho rozměrů a povrchu, a to jak z hlediska materiálů, tak i barev, které ovlivňují odrazivost a tím i distribuci světla.

Výběr světelných zdrojů - na základě požadavků na intenzitu a kvalitu světla se vybírají světelné zdroje s odpovídajícím světelným tokem, teplotou chromatičnosti a indexem barevného podání.

Rozvržení svítidel - pomocí fotometrických údajů a softwaru pro simulaci osvětlení se navrhuje optimální rozmístění svítidel tak, aby bylo dosaženo rovnoměrného osvětlení bez oslnění nebo tmavých míst.

Kontrola a údržba - po instalaci je nezbytné provést kontrolní měření, aby bylo zajištěno, že skutečná osvětlenost odpovídá návrhu. Pravidelná údržba, včetně čištění svítidel a výměny zdrojů, zajišťuje dlouhodobou funkčnost osvětlovací soustavy.

Vliv světla na člověka a životní prostředí

Umělé osvětlení prošlo od dob svého vzniku diametrální proměnou od ohně v podobě loučí až po organické světlo emitující diody (OLED). Různé světelné zdroje mají také různé spektrální složení emitovaného světla, a proto výzkum účinků spektrálního složení světla na člověka a životní prostředí nabývá s nově vyvíjenými světelnými zdroji na významu.

Závěr

Fotometrická měření jsou nezbytným nástrojem při návrhu a hodnocení osvětlovacích soustav. Správné pochopení a aplikace fotometrických veličin umožňují navrhnout efektivní a komfortní osvětlení, které splňuje jak technické, tak estetické požadavky. V kontextu rostoucích požadavků na energetickou úspornost a kvalitní osvětlení se význam fotometrie nadále zvyšuje. Pro návrh vhodné osvětlovací soustavy, která zajistí odpovídající osvětlení jak po stránce vizuální, tak i po stránce nevizuálního působení, je nezbytné dokonalé pochopení mechanismů účinku umělého osvětlení jako celku. Holistický přístup k této problematice je proto vhodným nástrojem pro její pochopení.

Literatura:

- [1] Thapan, K, Arendt, J and Skene, D. s.l. : An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. Journal of Physiology, 2001.
- [2] HABEL, Jiří. Světlo a osvětlování. 2.vyd. Praha: FCC Public, 2013, 622 s. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [3] <https://www.sslresource.com/en/information-of-ssl-goniophotometers/>
- [4] http://www.odbornecasopisy.cz//flipviewer/Svetlo/2021/06/Svetlo_06_2021/index.html#p=43

Anotace

Světelná technika prošla za posledních několik málo let značným vývojem. Nové světelné zdroje umožňují konstruování stále sofistikovanějších svítidel, které mohou prosvětlovat prostor s dynamickou změnou nejen množství světla, ale také jeho spektrálního složení. Z hlediska návrhu osvětlení je tedy kladen značný důraz na popis těchto světelně-technických vlastností moderních svítidel. Výklad tedy bude zaměřen na fotometrická i radiometrická měření spolu s popisem prostorového rozložení světla, integrace těchto údajů do fotometrických souborů a jejich použití při návrhu osvětlení ve specializovaných softwarech. Na závěr se jen lehce dotkneme problematiky vlivu světla na životní prostředí.

Synthesis and photoluminescence properties of a novel UVA emitting Bi³⁺-doped K₄SrGe₃O₉ phosphor

Hossein Ebrahim Hosseini

Introduction

There has been a growing curiosity in ultraviolet (UV) emitting functional luminescent materials (200–400 nm) due to various potential applications such as anti-counterfeiting, disinfecting, photocatalysis and advanced imaging [1]. However, the research on these materials have not progressed, due to the limited number of UV photoluminescent phosphors. Methods of analyses

Phosphor samples with varying doping concentration of K₄Sr_{1-x}Ge₃O₉:xBi³⁺ (0.0 ≤ x ≤ 6.0 mol%) were successfully synthesized via solid-state reaction, as depicted in Fig. 1.



Fig. 1 Schematic representation of the as-prepared phosphors via solid-state reaction.

Fig. 2(a) shows the XRD patterns of K₄Sr_{1-x}Ge₃O₉:xBi³⁺ samples, indicating the formation of K₄SrGe₃O₉ (PDF#01-083-1342). When x exceeds 5.0, Bi_{0.75}Sr_{0.25}O_{1.37} phase emerged.

Fig. 2(b) presents SEM image of K₄Sr_{0.999}Ge₃O₉:0.001Bi³⁺. The sample contained a significant number of particles that were irregular in shape and agglomerated together.

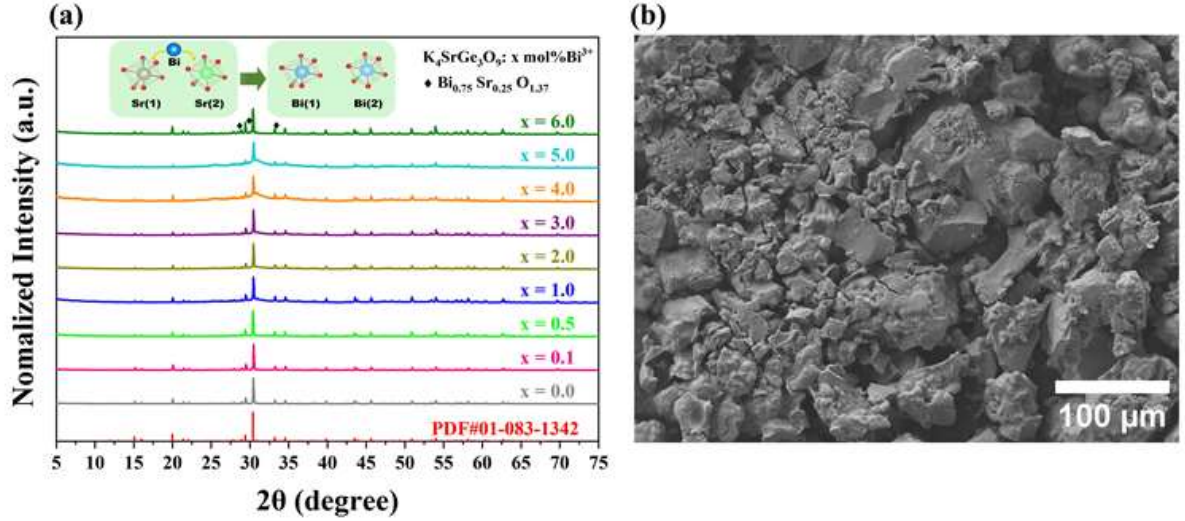


Fig. 1 (a) XRD patterns of $\text{K}_4\text{Sr}_{1-x}\text{Ge}_3\text{O}_9:\text{xBi}^{3+}$ ($0.0 \leq x \leq 6.0$ mol%) samples, (b) SEM image of the representative $\text{K}_4\text{SrGe}_3\text{O}_9$ particle (0.1 mol% Bi^{3+}) at magnification of 250.

Fig. 3(a) and Fig. 3(b) shows the room temperature photoluminescence excitation (PLE) and emission (PL) spectra of $\text{K}_4\text{Sr}_{1-x}\text{Ge}_3\text{O}_9:\text{xBi}^{3+}$ samples, respectively. By monitoring emission wavelength at 353 nm, the excitation spectrum shows the presence of two overlapping peaks within the range of $37500 - 30000 \text{ cm}^{-1}$. These overlapped peaks were deconvoluted into two Gaussian profiles with centers at approximately 34381 cm^{-1} (290 nm) and 31840 cm^{-1} (314 nm). These profiles are believed to be associated with the Jahn-Teller split $^1\text{S}_0 \rightarrow ^3\text{P}_1$ transition of Bi^{3+} . Under a 304 nm light stimulation, $\text{K}_4\text{Sr}_{1-x}\text{Ge}_3\text{O}_9:\text{xBi}^{3+}$ shows a broad PL emission band ranging from 325 to 450 nm. The peak value of this emission occurs at 353 nm, which falls within the UVA region (315–400 nm). The emission of $\text{K}_4\text{Sr}_{1-x}\text{Ge}_3\text{O}_9:\text{xBi}^{3+}$ can be attributed to the transition of Bi^{3+} from the $^3\text{P}_1$ state to the $^1\text{S}_0$ state [2].

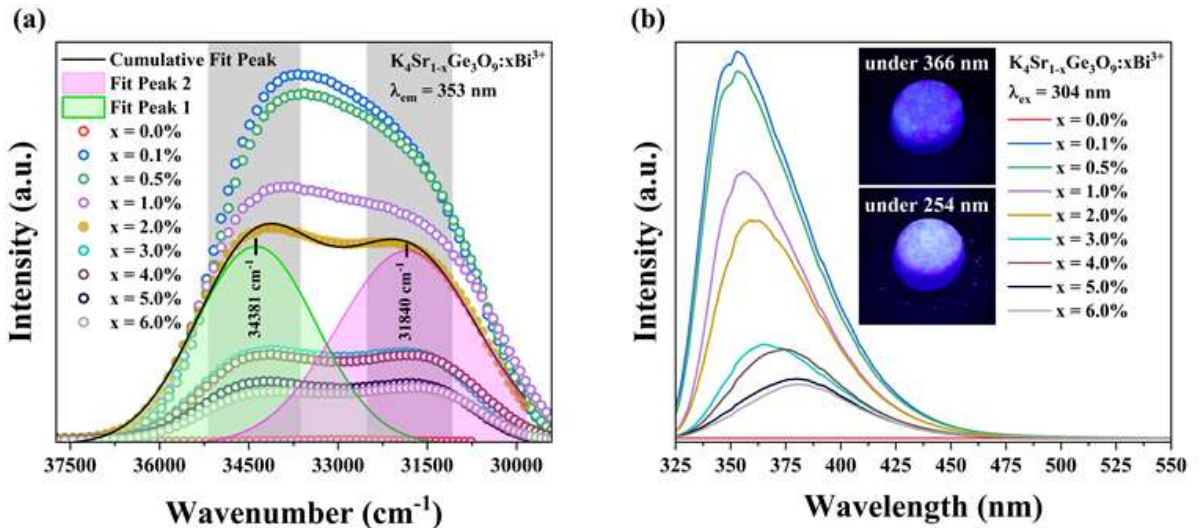


Fig. 2 (a) PLE spectra of $\text{K}_4\text{Sr}_{1-x}\text{Ge}_3\text{O}_9:\text{xBi}^{3+}$ ($0.0 \leq x \leq 6.0$ mol%) monitored at 353 nm and PLE deconvolution of the $\text{K}_4\text{Sr}_{0.98}\text{Ge}_3\text{O}_9:0.02\text{Bi}^{3+}$ phosphor, (b) PL spectra of $\text{K}_4\text{Sr}_{1-x}\text{Ge}_3\text{O}_9:\text{xBi}^{3+}$ ($0.0 \leq x \leq 6.0$ mol%) under 304 nm light excitation (the inset shows digital photos of $\text{K}_4\text{Sr}_{0.999}\text{Ge}_3\text{O}_9:0.001\text{Bi}^{3+}$ under irradiation by the UV lamp at 366 nm and 254 nm).

Conclusion

This study presents the synthesis of Bi³⁺-doped K₄SrGe₃O₉ as a phosphor for UVA light. The results from XRD and SEM analysis demonstrated that the prepared sample is a pure phase and irregular in shape with agglomerated particles. Finally, the PL measurements showed that KSGO:xBi³⁺ (0.0 ≤ x ≤ 6.0 mol%) exhibited a wide PL emission band of 325–450 nm with a peak value at 353 nm, which belongs to the ³P₁ → ¹S₀ transition of Bi³⁺. The prepared phosphors show a potential application in anticounterfeiting, sterilization, phototherapy, as well as pc-UV-LEDs applications

References

- [1] Wang, Xianli, and Yuanbing Mao. "Emerging ultraviolet persistent luminescent materials." *Advanced Optical Materials* 10.21 (2022): 2201466.
- [2] Meng, Wei, et al. "Super long ultraviolet-A persistent luminescence and photo-stimulated luminescence from CaMgGeO₄: Bi³⁺." *Ceramics International* (2024).

Summary

SYNTHESIS AND PHOTOLUMINESCENCE PROPERTIES OF A NOVEL UVA EMITTING Bi³⁺-DOPED K₄SrGe₃O₉ PHOSPHOR

Here, a series of inorganic germanate phosphors K₄Sr_{1-x}Ge₃O₉ doped with Bi³⁺ (0.0 ≤ x ≤ 6.0 mol%) was successfully synthesized using solid state reaction method. The morphology and optical properties were characterised by scanning electron microscopy (SEM) and photoluminescence (PL) spectroscopy techniques. It exhibited UVA photoluminescence emission with maximum intensity at 353 nm which belongs to the ³P₁ → ¹S₀ electron transition of Bi³⁺.

Hossein Ebrahim Hosseini, MSc., Department of Functional Materials, FunGlass – Centre for Functional and Surface Functionalized Glass, Alexander Dubček University of Trenčín, Študentská 2, 911 50, Trenčín, Slovakia

Hossein Ebrahim Hosseini, MSc., Otto Schott Institute of Materials Research (OSIM), Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fraunhoferstrasse6, 07743, Jena, Germany, e-mail: Hossein.Hosseini@tnuni.sk, tel.: +421 32 7400 591

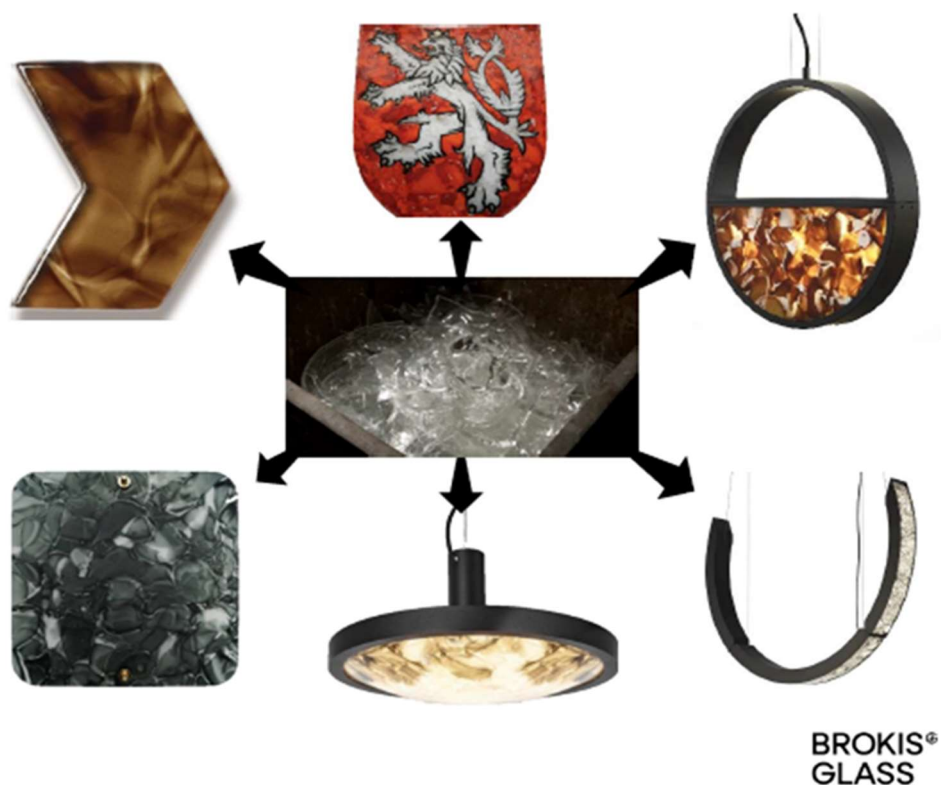
Brokisglass

Jan Rabell

Úvod

BROKISGLASS je výstupem ekologického přístupu Sklárný Janštejn a firmy BROKIS, jejichž spolupráce umožnila vznik nového unikátního materiálu ze skleněných střepů. Materiál přináší novou dimenzi i estetiku skla. Jeho použití je vhodné pro architekturu, stavebnictví, interiérový i produktový design.

Dekoratивní desky BROKISGLASS využívají skleněných střepů, které vznikají jako vedlejší produkt při výrobě svítidel v produkci sklárny, čímž přispívají významné redukci množství zbytkového skla. Transformací tohoto skla v nový materiál dochází k ekologické a efektivní recyklaci suroviny. Procesem recyklace skleněných střepů implementuje sklárna strategické prvky cirkulární ekonomiky a tím přispívá k vytváření zdravých vztahů mezi přírodou a lidskou společností.



Obr. 1 Brokisglass

Vývoj

Hlavním impulzem k vývoji BROKISGLASS byla potřeba změny ve vnímání střepů jako odpadu, který byl do té doby vyvážen na skládky, zatěžoval životní prostředí a měnil environmentální ráz krajiny.

Začátek příběhu vývoje BROKISGLASS se datuje rokem 2010, kdy se ve sklárně začalo přemýšlet, jakým způsobem využít střepy, které vznikají jako vedlejší produkt. Z každého kusu se odstraňuje 30% a tím se shromažďovalo 10 tun střepů za týden. Začalo se tedy nahlížet na střepy jako na možnou surovinu vhodnou pro transformaci v nový materiál. V tomto období začal proces třídění střepů podle barev a jejich uskladňování.



Obr. 2 Skleněné střepy

V prvopočátcích samotného vývoje nového materiálu spolupracovala sklárna se Střední školou sklářskou ve Valašském Meziříčí. Po úspěšných materiálových zkouškách, se sklárna rozhodla investovat do nákupu fusingové pece (2014).

Po necelém tříletém vývoji materiálu, zpracovávaného technologií stavování střepů ve stacionární peci, se Sklárna Janštejn spojila s předními odborníky ve svém oboru a vznikl koncepční návrh kontinuální pece, která by uměla zpracovávat materiál efektivněji. Tato kontinuální pec pak byla v roce 2017 zprovozněna.

Brokisglass concrete

Stvoření unikátního materiálu BROKISGLASS neznamenal konec pro možnosti recyklace střepů. Přišel další nápad, jak střepy recyklovat, a to rozdrtit je na menší frakce a využít je do betonu místo písku. To by pomohlo planetě ke snížení těžby písku a ničení krajiny těžbou.

V roce 2018 se začalo uvažovat nad myšlenkou využít střepy do betonu jako příměs nebo plnou náhradu písku. Pro výzkum se zvolil výzkumný ústav stavebních hmot v Brně a společnost CREER. Celý výzkum probíhal až do konce roku 2022, kdy přinesl pozitivní výsledek a skleněnou drť nebo prach lze využít jako plnou i částečnou náhradu písku.

V roce 2021 přišla myšlenka udělat kolekce, kde se bude nacházet beton se střepy. Nakonec vznikly dvě, Overlay a Sfera Portable, které jako podstavu mají materiál BROKISGLASS CONCRETE. Tyto dvě kolekce dostaly později i ocenění za udržitelný výrobek od Archiproducs, což je přední světová platforma pro architekturu a design.



Obr. 3 Brokisglass Concrete

Ing. Jan Rabell, Brokisglass, Španielova 1315/25, 16300 Praha 6, e-mail:
jitka.cervenkova@brokis.cz, rabell@janstejn.cz

Návrh skleněného optického komponentu a jeho funkčnost

Helena Krutská, Jiří Kočárek

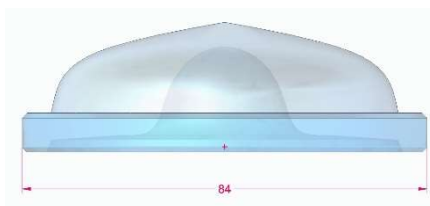
Úvod

V ECOGLASS řešíme konkrétní požadavky zákazníků definované obvykle typem světelného zdroje (LED), požadovanou vyzařovací charakteristikou a velikostí prostoru, ve kterém je optika uchycená. Často jde o nesymetrické vyzařování s různou intenzitou v horizontálním nebo vertikálním směru, takže jsou součástí řešení i poziční detaily na samotném skleněném výrobku.

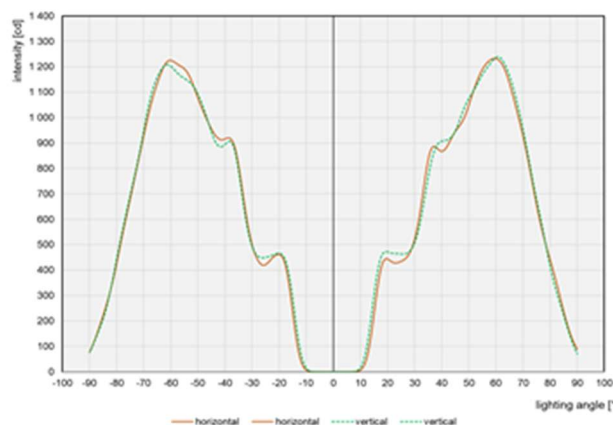
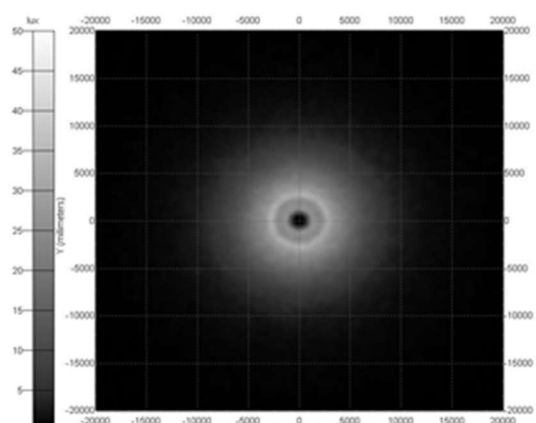
Příklad symetrického všesměrového vyzařování



Výrobce svítidel pro veřejné osvětlení, pan Pechlát, potřeboval navrhnout optiku, která umožní změnu zdroje světla a přechod od sodíkové výbojky k úspornějšímu LED zdroji. Požadoval všesměrový vyzařovací úhel alespoň 150° a jako zdroj světla zadal LED Citizen o průměru luminoforu 22mm. Současně požadoval maximální účinnost využití světelného toku LED.



Návrh optiky, kterou jsme podle zadání řešili, vedl k typu čočky, která je montovaná těsně na rovinu, na které je uchycena LED. Jen tak je možné zachytit maximum světla. Současně jsme zvolili velmi vysoký vnitřní konkávní tvar tak, aby se velká LED do optiky vešla včetně držáku zdroje. Výsledkem je vyzařovací úhel zhruba 153°.



Svítidlo je umístěné ve výšce pouze 3,7 metru nad zemí, simulace nasvíceného prostoru ukazuje plochu 40x40 metrů. Tmavý střed nasvícené plochy je stín, který vrhá sloup svítidla. Křivky vyzařovaného profilu v kandelách vykazují úhel lehce přes 150° (FWHM) a také mírné nerovnoměrnosti intenzity, viditelné i na mapě isoluxů vlevo. Ty jsme se rozhodli řešit strukturováním vnitřní části čočky.

Následné obrázky ukazují srovnání prostoru nasvíceného původním výbojkovým světlem a světlem s námi dodávanou optikou.



výbojkové svítidlo



LED s optikou

V případě použití LED a nové optiky je prostor osvětlen rovnoměrněji v celé ploše mezi jednotlivými lampami. Na prvním obrázku, u staré instalace, je v blízkosti lampy a v prostoru mezi dvěma lampami výrazná tma. V dalším kroku se bude design svítidla upravovat tak, aby bylo možné eliminovat boční svícení v případě instalace blízko domů.

Příklad asymetrického vyzařování

Zákazník požadoval návrh a výrobu skleněné optiky pro bezpečnostní návěstidlo do metra. Vyzařování ve svislé rovině mělo být podle normy velmi široké, vyzařování ve vodorovné rovině pak úzké.

Rozhodli jsme se využít naplno výhody lisování skla používaného v naší společnosti a možnosti umístit na obě lisované plochy rozdílný typ optiky. Na přední stranu jsme navrhli Fresnelovu čočku, její úkol je maximálně fokusovat světlo z LED pro dosažení požadované intenzity.

Na zadní plochu jsme navrhli soustavu válcových ploch pro dosažení asymetrického vyzařování.

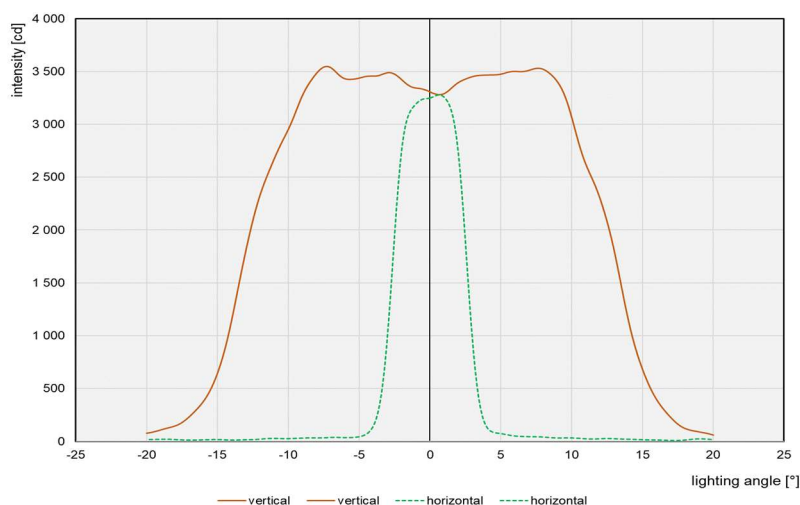
Obrázky ukazují obě plochy výsledné čočky. Obrázek vpravo ukazuje i výstupek na okraji pro správnou pozici při montáži tak, aby byly vyzařovací charakteristiky zafixovány.



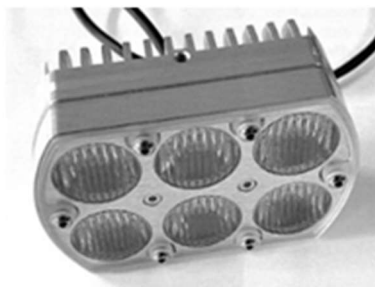
Zdrojem světla byly 4 LED, to bylo nutné s ohledem na zajištění funkce i v případě, že by jedna nebo dvě přestaly fungovat. Bylo proto nutné navrhnout i jejich optimální umístění, aby byla světelná stopa rovnoměrná. Nakonec bylo použito čtvercové rozmístění a pootočení tohoto čtvercového rastru okolo optické osy systému.

Obrázek ukazuje výsledné vyzařovací charakteristiky návěstidla pro metro.

Příklad použití standardní optiky



V naší nabídce máme celou řadu standardních optik, zejména asférické čočky nebo kolimátory. V našem E-shopu je pak mnoho zajímavých čoček. Dají se použít pro obecné osvětlovací aplikace a více informací o jednotlivých typech najdete na našem e-shopu (www.lustroveovesy.cz). Vyznačují se spolehlivou funkcí ve velkém rozsahu teplot a v obtížných klimatických podmínkách. Je pro nás ctí, že jedna z našich starších čoček byla vybrána pro výrobu světel použitých v měsíčním modulu Odysseus[1]. Na Měsíc se tak dostalo celkem 60 našich výrobků, věříme, že stále dobře svítí.



Závěr

ECOGLOSS má ve výrobě skleněné osvětlovací optiky 30 let zkušeností. Náš optický návrh bere v úvahu přednosti skla a také vyrobitelnost výsledných výrobků tak, aby bylo řešení pro konečného zákazníka přesné, spolehlivé a finančně zajímavé. Výhody skla jako materiálu jsou proti plastové optice velmi výrazné a stále více našich zákazníků se se sklem učí pracovat a jeho vlastnosti oceňuje.

Literatura

[1] Časopis Světlo č.2/2024, str. 6

Dr. Helena Krutská, EcoGlass, a.s., Arbesova 66a, 46604 Jablonec nad Nisou 4, e-mail: helena@ecoglass.cz, research@ecoglass.cz, tel.: +421 603 828 617

Vývoj nových typů designových světel (TIM)

Jiří Trtík

Úvod

Je snem každého výrobce a prodejce stvořit výrobek (osvětlení), které bude úspěšné na trhu.

Faktory, na které je třeba myslet:

1. Design – umět zaujmout tvarem, barvou – vytvořit dojem
2. Příběh – spojení s někým nebo s něčím – vytvořit emoce
3. Technologie – umět udělat nevšední výrobek, který se něčím vymyká od standardu (velikost, kvalita, provedení)

Závěr

Každý výrobek, který nemá jen praktickou ale i estetickou funkci v našem životě je potřeba pečlivě vyvíjet a umět si odpovědět na všechny tyto aspekty. Samozřejmě, že některé prvky mohou vzniknout zcela spontánně, případně náhodou, ale pokud se bavíme o úspěšném designovém výrobku, bývají v něm tyto tři faktory rozpoznatelné a vysvětlitelné.

Literatura

- [1] Propagační materiál firmy Bomma
- [2] Video natočené při příležitosti výstavy „ Svět podle Tima Burtona“

Luminiscence v monokrystalech a její využití v optických komponentách

Jan Kubát

Úvod

Fotoluminiscence je fascinující proces a jev je základem mnoha moderních technologií a je obzvláště zajímavý ve spojení s optickými materiály, jako je YAG:Ce (yttrium-aluminium-granát) dopovaný cerem. Monokrystal YAG nabízí vynikající optické a tepelné vlastnosti, což jej činí ideálním pro vysoce výkonné aplikace v oblasti osvětlení a zobrazování. Tento článek se zaměřuje na hlubší pochopení luminiscenčních jevů, fyzikálním omezení danými étendue, porovnání s Phosphor In Glass (PiG), vliv tepelné vodivosti na výkon a využití jevu totální vnitřní reflexe (TIR) v luminiscenčních komponentách. Cílem je ukázat, jak tyto materiály přinášejí nové možnosti a vylepšení v optických technologiích.

Jev fotoluminiscence v krystalech

Fotoluminiscence je proces, při kterém materiál absorbuje fotony a následně emituje fotony s nižší energií. Tento jev lze podrobněji vysvětlit na úrovni energetických hladin. Když foton zasáhne krystal, elektrony v atomové mřížce absorpční energii přecházejí na vyšší energetické hladiny (excitovaný stav). Po krátkém čase se elektrony vracejí zpět na nižší energetické hladiny (základní stav) a uvolňují přitom energii ve formě fotonů, což je jev známý jako emise. Rozdíl mezi energiemi absorbovaných a emitovaných fotonů je známý jako Stokesův posuv. Tento posuv je způsoben ztrátami energie v důsledku vnitřních procesů v materiálu, jako je vibrační relaxace a projevuje se zahříváním materiálu. V případě monokrystalu YAG:Ce energetická ztráta vlivem Stokesova posuvu představuje 21% energie v závislosti při excitační vlnové délce 450 nm a 17% v případě krystalu LuAG:Ce.

Monokrystal YAG a jeho vlastnosti

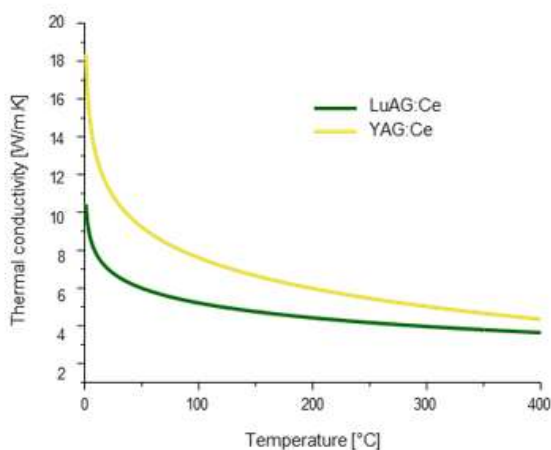
Monokrystal YAG:Ce je specifický typ luminiscenčního materiálu s vynikajícími optickými a tepelnými vlastnostmi. YAG má vysokou tepelnou vodivost, která umožňuje efektivní odvod tepla, a tím snižuje riziko teplotního zhášení, k němuž dochází při 300°C. Zároveň poskytuje výbornou optickou propustnost, což jej činí ideálním pro použití ve vysoce výkonných optických aplikacích. Základní optické a luminiscenční vlastnosti jsou uvedeny v tabulce níže:

Tabulka 1: Optické a luminiscenční vlastnosti

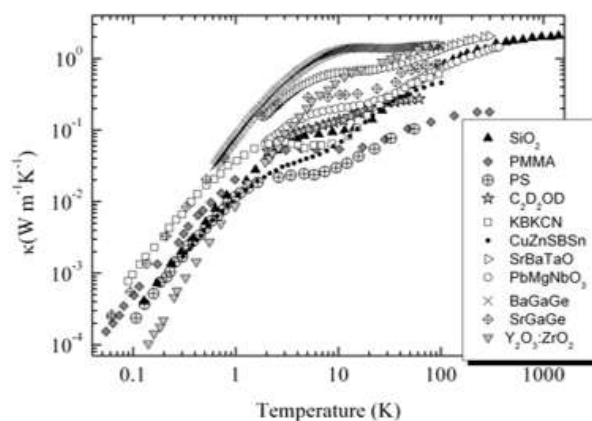
		LuAG:Ce	YAG:Ce
Vnitřní kvantová účinnost		0.96	0.94
Index lomu	@ 450 nm	1.85	1.85
	@ 550 nm	1.83	1.83
Barevné souřadnice CIE 1931 x, y		(0.326; 0.576)	(0.418; 0.554)
Barevné souřadnice CIE 1976 u' v'		(0.141; 0.560)	(0.190; 0.566)
Maximum emise	[nm]	511	537
Centroid emise	[nm]	545	573
	[eV]	2.28	2.17
Dominantní vlnová délka	[nm]	535	567
Maximum absorpce	[nm]	448	458
Absorpční koeficient @450nm	Typical [cm ⁻¹]	30 – 40	50 – 60
	Maximum [cm ⁻¹]	~60	~60
Teplo generované Stokesovým posunem	@450 nm	17%	21%

Dopad tepelné vodivosti na maximální dosažitelnou hustotu optického výkonu

Tepelná vodivost materiálu má zásadní vliv na maximální dosažitelnou hustotu optického výkonu. Materiály s vysokou tepelnou vodivostí, mohou efektivně odvádět teplo generované při vysokých světelných výkonech, což umožňuje dosažení vyšší hustoty výkonu bez rizika tepelného poškození nebo zhášení. Tento aspekt je zvláště důležitý v aplikacích, kde je požadována vysoká intenzita světla, například v laserových technologiích a vysoce výkonných osvětleních.



Obr. 1: Závislost teplotní vodivosti monokrystalů YAG:Ce a LuAG:Ce



Obr. 2: Tepelná vodivost různých skel a neuspořádaných krystalů podobná sklu; polymery PMMA; molekulární sklo C2D5OD; sklo (KBr); feroelektrický krystal PMN; feroelektrický krystal PMN; sklo s neuspořádanou strukturou, SrBaTaO; klatrátové sloučeniny SGG, BGG a CuZnSbSn; monokrystal Y2O3:ZrO2 [1]

Světlo v přístrojové technice a omezení daná Étendue

Světlo hraje klíčovou roli v přístrojové technice, zejména v oblastech jako jsou optické zobrazovací systémy, spektroskopie a laserové technologie. Přičemž jedním ze základních požadavků na světelné zdroje je vysoká účinnost v aplikaci (systémová účinnost). Ta je omezena především zákonem zachování étendue. Pochopení étendue je zásadní při vývoji osvětlovacích systémů, jako jsou projekční systémy, mikroskopy, v přístrojové technice a biotechnologiích nebo vláknové optice, protože ovlivňuje přenos energie a čistotu obrazu. Étendue, která je určena plochou a pevným úhlem průchodu světla, řídí efektivní přenos světla. Je tedy žádoucí, aby luminiscenční komponenty byly navrženy tak, aby minimalizovaly toto fyzikální omezení. V jakémkoli optickém systému (jako jsou čočky nebo zrcadla) se étendue nemůže zmenšit. To znamená, že nelze světlo více zaostřit, aniž bychom nějakou jeho část ztratili. Světelné zdroje s nejnižším étendue jsou lasery, ty ovšem některé omezení, světlo z nich má velmi malou spektrální šířku typicky pod 10 nm a záření je zároveň koherentní, což vede k nežádoucím jevům typu koherenční zrnitost.

Využití jevu TIR (total internal reflection) v luminiscenčních komponentách

Totální vnitřní reflexe (TIR) je jev, kdy světlo zůstává uvnitř materiálu kvůli úplné vnitřní reflexi na rozhraní s jiným materiálem s nižším indexem lomu. Tento jev je využíván v luminiscenčních komponentách pro zvýšení účinnosti a směrovosti světelného výstupu. V monokrystalických optických komponentách, jako je YAG s indexem lomu 1.82, TIR pomáhá optimalizovat dráhu světla a minimalizovat ztráty, což vede k vyšší intenzitě a kvalitě světelného výstupu. TIR je klíčový pro aplikace, kde je potřeba koncentrovat světlo do úzkých paprsků nebo zvýšit účinnost světelné emise.

Tyto oblasti představují komplexní pohled na využití luminiscenčních jevů v monokrystalických optických komponentách a ukazují, jak moderní materiály jako YAG přinášejí nové možnosti a vylepšení v oblasti optických technologií

Monokrystal YAG vs. Phosphor In Glass (PiG)

Při srovnání monokrystalu YAG s Phosphor In Glass (PiG) lze nalézt několik klíčových rozdílů. PiG materiály mají nižší tepelnou vodivost (typicky do 1.5W/m.K-1), což vede k teplotnímu zhášení na inkorporovaných luminiscenčních zrnech (typicky 5-20 μ m) při vysokých výkonech, zatímco monokrystal udržuje stabilní výkon díky své vyšší tepelné vodivosti. Rozptyl světla v PiG je také větší, což může vést k nižší účinnosti světelné emise ve srovnání s monokrystaly a zároveň ke zhoršení étendue světelného zdroje. Zcela transparentní materiál luminiscenční komponenty poskytuje lepší kontrolu nad směrovostí a intenzitou emitovaného světla, což je kritické pro aplikace vyžadující vysokou přesnost a výkon.

Závěr

Využití monokrystalu YAG ve výkonných luminiscenčních aplikacích nabízí několik předností oproti Phosphor In Glass (PiG). Monokrystal YAG vyniká svou vysokou tepelnou vodivostí, která umožňuje efektivní odvod tepla. To je zásadní pro udržení stability výkonu při vysokých světelných výkonech a minimalizaci rizika teplotního zhášení, které je častým problémem u výkonných aplikací v případě PiG materiálů s nižší tepelnou vodivostí.

Monokrystal YAG také umožňuje efektivnější využití jevu totální vnitřní reflexe (TIR) ke zvýšení účinnosti a směrovosti světelného výstupu, což je důležité pro optimalizaci výkonu luminiscenčních komponent. Díky těmto vlastnostem je YAG vhodnější pro použití

luminiscenčních aplikacích s velmi vysokou hustotou výkonu, kde jsou kladeny vysoké nároky na tepelnou a optickou účinnost, stabilitu a výkon.

Literatura

[1] KRIVCHIKOV A., JEŽOWSKI A.I., Thermal Conductivity of Glasses and Disordered Crystals, Low-Temperature Thermal and Vibrational Properties of Disordered Solids, pp. 69-112 (2022). https://doi.org/10.1142/9781800612587_0003

Anotace

Přednáška se zaměří na využití luminiscence v monokrystalických optických komponentách, zejména na využití monokrystalu YAG:Ce (yttrium-aluminium-garnet) a jeho porovnání s optickými skly. Budou představeny základní principy luminiscence, vlastnosti YAG monokrystalu, včetně vysoké tepelné vodivosti a schopnosti generovat světlo s vysokou hustotou výkonu a jeho využití v přístrojové technice. Dále budou diskutována omezení daná Etendue, srovnání s Phosphor In Glass z hlediska rozptylu a zhášení, a použití jevu totální vnitřní reflexe (TIR) pro zvýšení účinnosti luminiscenčních komponent. Přednáška ukáže, jak monokrystalické optické komponenty přinášejí inovace v osvětlení a optických aplikacích, a nabídne hlubší pochopení jejich technických aspektů a výhod.

Summary

LUMINESCENCE IN SINGLE CRYSTALS AND ITS USE IN OPTICAL COMPONENTS

Photoluminescence is a fascinating process and phenomenon that is the basis of many modern technologies and is particularly interesting in conjunction with optical materials such as YAG:Ce (yttrium-aluminium garnet) doped cerium. The YAG single crystal offers excellent optical and thermal properties, making it ideal for high-performance lighting and imaging applications. This article focuses on a deeper understanding of luminescence phenomena, the physical limitations imposed by etendue, comparisons with Phosphor In Glass (PiG), the effect of thermal conductivity on performance, and the use of the total internal reflection (TIR) phenomenon in luminescent components. The aim is to show how these materials bring new possibilities and improvements in optical technologies.

Ing. RNDr. Jan Kubát, Ph.D., CRYTUR spol. s r.o., Na Lukách 2283, Turnov 511 01, e-mail: jan.kubat@crytur.cz, tel.: +420 481 319 580

Modifikace tenkých vrstev na skleněném substrátu pomocí plazmových technologií se zavedenou antibakteriální účinností

Magdalena Mrózek, Lucie Svobodová, Michal Krafka, Totka Bakalová, Karel Daďourek

Úvod

Magnetronové naprašování a obloukové napařování je nejčastěji používanou depoziční technikou pro dosažení systematizovaného povlakování s řízenými a přizpůsobitelnými vlastnostmi. Existuje i řada možností, které by vedly ke zlepšení funkčnosti tohoto systému [1], zejména proces povrchové úpravy před/po depozici, výběr techniky nanášení, volba parametrů procesu, vliv rychlosti nanášení, obloukový proud, omezení kolísání teploty a tlaku během procesu, použití přísad (dopování dalšími prvky a sloučeninami).

Bakteriální kolonizace na povrchu materiálů je hlavní příčinou pooperačních komplikací, stejně tak vyvolává potíže v běžném životě každého člověka přenosem bakteriálních onemocnění skrze povrchy. Bakterie mají vysokou adaptivní schopnost, přizpůsobují se nevládným podmínkám prostředí (teplota, pH), především pokud jsou formovány v biofilm (poté již ani antibiotika nemusí mít požadovaný účinek). V biomedicínských aplikacích je většina kovů pro lidské buňky toxická a jejich začlenění do tenkých vrstev ovlivňuje biokompatibilitu vytvořeného povrchu. Zároveň některé kovy s dobrou biokompatibilitou vykazují nevyhovující mechanické vlastnosti [2].

Stříbro pevně zabudované do tenkého povlaku může být stále antibakteriální, protože deaktivuje bakterie/viry interakcí s obalem a povrchovými proteiny, blokuje buněčné dráhy interakcí s virovým genomem a interakcí s faktory replikace [3]. Měď patří mezi uznávané antimikrobiální kovy, používá se v medicíně jako antiseptická a protizánětlivá látka již více než tisíciletí [4]. Měď se zaměřuje na virový genom [5], který je nezbytný pro virovou infekčnost. Viry jsou zvláště citlivé na poškození vyvolané mědí, protože nemají opravné mechanismy, jako bakterie a houby [6]. Průzkum ukazuje, že existuje možnost vytvoření antibakteriálních/antivirových povrchů na bázi mědi (inaktivace dosažená použitím oxidu měďného v pevném stavu) [7].

Cílem našeho výzkumu je pomocí prvků do nanokompozitních povlaků omezit adhezi bakterií k povrchu tenkých vrstev a tím snížit pravděpodobnost tvorby biofilmu.

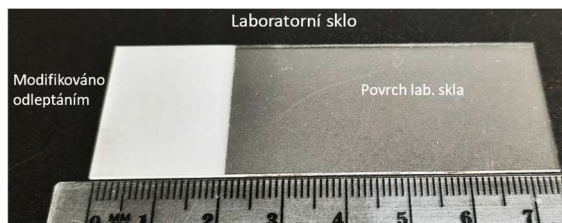
Příprava a hodnocení tenkých vrstev

K depozici vrstev bylo využito PVD magnetronové DC pulsní naprašovací zařízení se čtyřmi planárními magnetrony. Jednotlivé magnetrony byly osazeny targety s označením M1 až M4. Použité materiály targetů osazených na magnetronech M1-M4 jsou následující: M1 = Ti, M2 = Cu, M3 = Ag70Cu30 (hm. %) a M4 = Ti. Změna střídavy jednotlivých magnetronů by měla mít přímý vliv na výsledné chemické složení tenké vrstvy. Vzorky (označeny AB1-AB15, Tab. 1 a Obr. 5) byly připraveny do tří skupin: 1. sada je zabarvena do stříbrných tónů: mezi AB1 a AB5 dochází ke snižování obsahu mědi, zvyšování obsahu Ti a zachování obsahu Ag, 2. sada je zabarvena do zlatých tónů: mezi AB6 a AB10 dochází k zachování obsahu Cu a Ag a je zvyšován průtok plynu Ar a 3. sada je zabarvena do měděných tónů: mezi AB11 a AB15 dochází ke zvyšování obsahu mědi při zachování obsahu Ag.

Za účelem hodnocení různé drsnosti povrchu povlakované vrstvy bylo jako substrát použito speciálně upravené sklo (Obr. 1) s povrchovou modifikací, která byla vytvořena odleptáním.

Plazmaticky vytvořené vrstvy, které byly nanесeny na povrchu laboratorního sklíčka, tím dosahují odlišné drsnosti povrchu, což bylo dále zkoumáno především s ohledem na antibakteriální a antifoulingovou aktivitu odlišných povrchů.

U nanесených tenkých vrstev byla hodnocena jejich kvalita a následně byly sledovány parametry jako změna drsnosti povrchu ve srovnání se základním materiálem, tloušťka nanесených tenkých vrstev, smáčivost modifikovaných povrchů aj. V rámci výzkumu byly provedeny biologické experimenty pro posouzení antibakteriálních vlastností povrchu tenkých povlaků.



Obr. 1 Laboratorní podložní mikroskopické sklíčko se speciálně upravenou zónou odleptáním (vlevo)

Drsnost povrchu

Parametry drsnosti povrchu byly sledovány pomocí konfokálního mikroskopu SENSOFAR S Neox, který umožňuje bezkontaktní skenování povrchů pomocí konfokální a interferometrické metody. Zdrojem světla jsou čtyři samostatná LED světla.

Po nanесení tenkých vrstev na laboratorních sklíčkách nebyla pozorována výrazná změna drsnosti povrchu, a to pro sledované parametry S_z – největší výška (výška mezi nejnížší prohlubní a nejvyšším výstupkem); S_a – průměrná aritmetická výška (průměrná drsnost povrchu).

Tloušťka tenké vrstvy

Tloušťka vrstvy byla měřena pouze pro vzorky s nižší hodnotu drsnosti povrchu (vrstvy nanесeny na hladkém povrchu laboratorního sklíčka), na jejichž povrchu bylo metodou překryvu vytvořeno místo bez vrstvy.

Tloušťky připravených vrstev se výrazně liší. U 1. sady vzorků AB1 až AB5 byla pozorována tloušťka v rozmezí cca 250 až 300 nm, vrstvy z 2. sady AB6 až AB10 měly dvakrát větší tloušťku a to cca 500 nm a nejnížší hodnota tloušťky vrstvy byla naměřená u 3. sady vzorků AB11 až AB15 cca 160 až 240 nm.

Chemické složení tenkých vrstev

Chemické složení vrstev bylo hodnoceno pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu (SEM) a výsledky jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tab. 1: Chemické složení tenkých vrstev pomocí SEM

At. %	AB1	AB2	AB3	AB4	AB5	AB5 /vac	AB6	AB7	AB8	AB9	AB10	AB11	AB12	AB13	AB14	AB15
Ti	18,1	16,9	19,3	22,0	24,4	18,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	75,2	77,0	75,9	72,4	69,6	64,4	41,5	41,1	41,7	41,8	41,9	88,5	91,7	92,2	88,2	88,3
Ag	6,8	6,1	4,7	5,6	6,1	17,0	58,5	58,9	58,3	58,3	58,1	11,5	8,3	7,8	11,8	11,7
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Chemické složení 2. sady tenkých povlaků odpovídá depozičnímu předpokladu. Zvyšováním pracovního tlaku Ar nevedlo ke změnám chemického složení (AB6 až AB10). Naproti tomu chemické složení 1. a 3. sady (AB1-AB5 a AB11-AB15) tenkých povlaků neodpovídá depozičnímu předpokladu.

1. sada má vykazovat zvyšování koncentrace Ti na úkor Cu a vzorek AB2 nezapadá do konceptu. Výrazná změna nastala u vzorků AB5 vs. AB5/vac kde bylo očekáváno totožné chemické složení, přičemž došlo k výraznému zvýšení koncentrace Ag na úkor Cu a Ti. Tento rozdíl je pravděpodobně způsoben jiným průběhem depozičního procesu, a to za zvýšeného vakua (vzorek označen VAC). Cílem bylo zjistit, zda vzorek připravený za zvýšeného vakua bude mít lepší mechanicko-fyzikální vlastnosti než vzorek bez označení VAC.

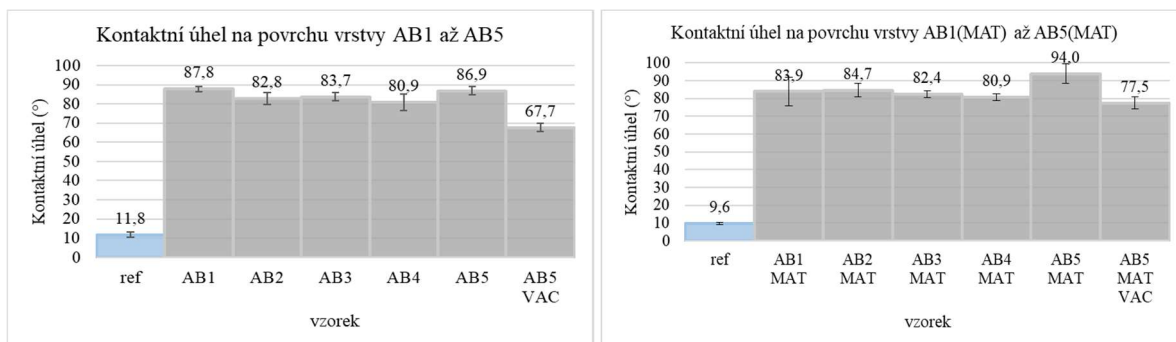
U 3. sady bylo očekáváno růst koncentrace Cu vůči Ag. Do tohoto konceptu nezapadají vzorky AB14 a AB15. Je možné, že během depozice docházelo ke kolabování plazmatu určitých magnetronů. Depozicí při použití vyššího tlaku primárního vakua bylo naprášeno více stříbra ve struktuře tenké vrstvy.

Smáčivost povrchu

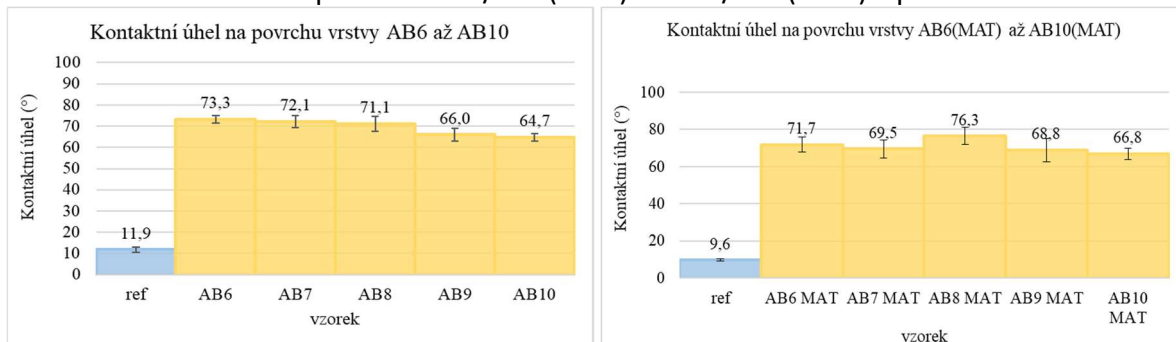
Kapková zkouška (Drop test) se provádí na přístroji Surface Energy Evaluation System (See System). Přisedlá kapka je zaznamenávána barevnou kamerou a obraz kapky se vyhodnotí (počítá se tečna k vykreslenému oblouku). Objem použité kapky: 3 μ l, použitá kapalina: destilovaná voda, počet kapek: 10 kapek na každém povrchu.

Naměřené hodnoty kontaktního úhlu na površích povlakovaných vzorcích jsou znázorněny na Obr. 2 až 4, a to vždy v porovnání s referenční hodnotou smáčivosti na povrchu laboratorního skla v základním a v modifikovaném stavu (odleptáním).

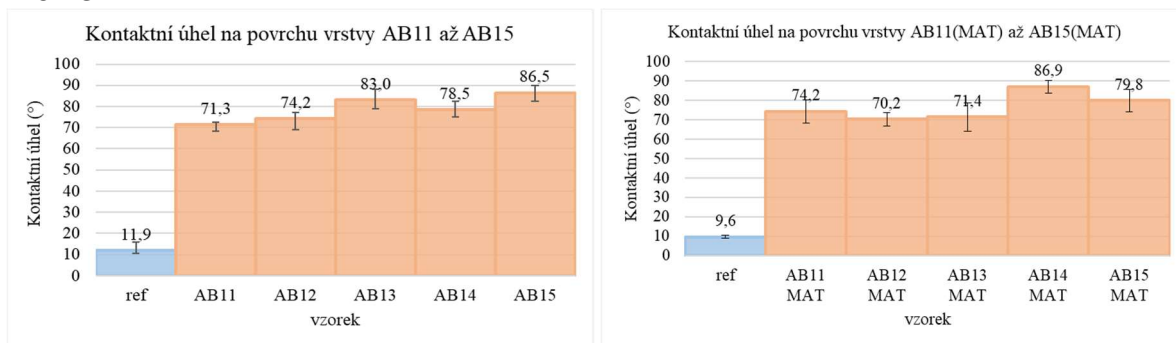
Samotné vrstvy měly podobné úhly smáčivosti bez ohledu na to, zda je vrstva nanesená na povrchu hladkého nebo modifikovaného sklíčka. Nejvyšší úhel smáčení byl naměřen u skupiny vrstev AB1/AB1(MAT) až AB5/AB5(MAT) a to 81 až 94° s výjimkou vrstvy AB5 VAC a AB5 VAC (MAT).



Obr. 2 Úhel smáčení na površích AB1/AB1(MAT) až AB5/AB5(MAT) v porovnání s ref. vzorkem



Obr. 3 Úhel smáčení na površích AB6/AB6(MAT) až AB10/AB10(MAT) v porovnání s ref. vzorkem

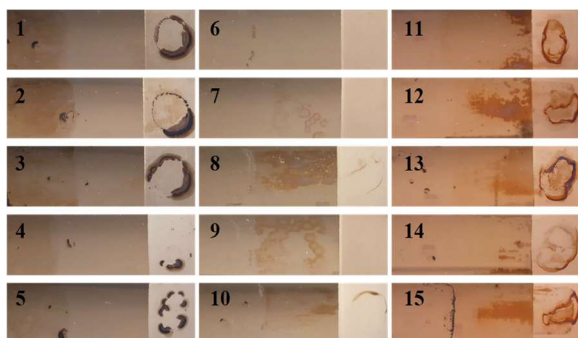


Obr. 4 Úhel smáčení na površích AB11/AB11(MAT) až AB15/AB15(MAT) v porovnání s ref. vzorkem

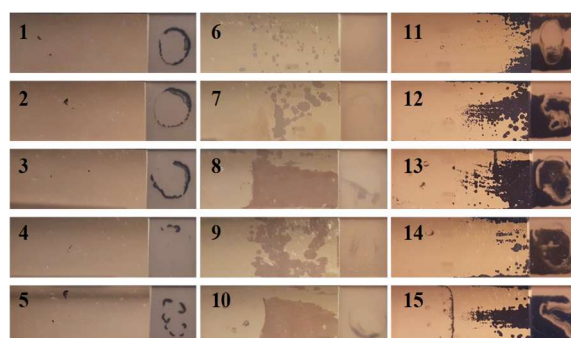
Hodnocení koroze vzorků

Vzorky byly po dobu jednoho měsíce (30 dnů) umístěny v plastové zkumavce, do níž bylo přidáno 30 ml destilované vody. Vzorky ve zkumavce s destilovanou vodou byly umístěny na horizontální třepačku a mírně protřepávány. Nakonec proběhla fotodokumentace vzorků z obou stran (ze strany tenké vrstvy a ze strany mikroskopického sklíčka, tj. bylo vidět na tenkou vrstvu ze strany substrátu). Snímky vrstev po měsíčním testu koroze v destilované vodě, očištěny etanolem jsou zachyceny na Obr. 5 a 6 (zabarvení je pouze orientační).

U vzorků AB11 až AB15 byla pozorována největší míra poškození vrstev, což může být způsobeno oxidací měděné vrstvy při kontaktu s destilovanou vodou.



Obr. 5 Vizuální dokumentace vrstev deponovaných na skle (levá část skla = lesklá, hladká; pravá část skla = drsná, matná)



Obr. 6 Vizuální dokumentace vrstev deponovaných na skle (levá část skla = lesklá, hladká, pravá část skla = drsná, matná). Fotografie ze strany, kde nebyla deponována tenká vrstva

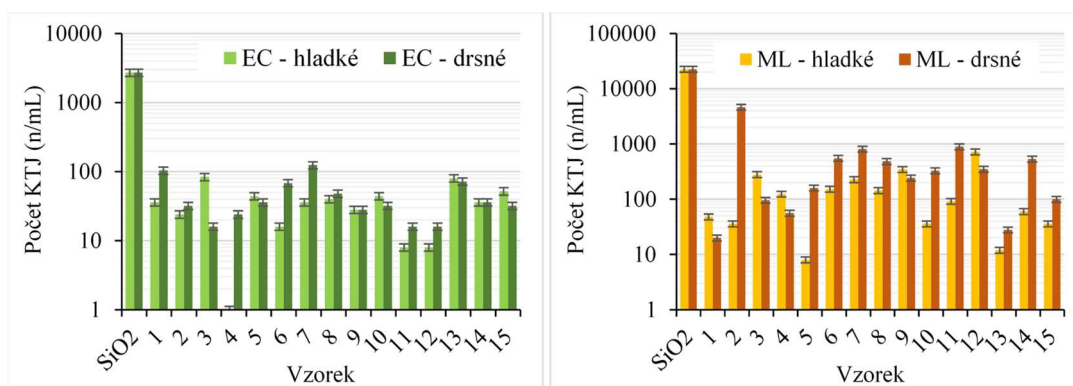
Hodnocení antimikrobiální aktivity povrchu vzorků

Testovanými bakteriální kmeny byly zvoleny *Escherichia coli* (Gram-, označeno jako EC) a *Micrococcus luteus* (Gram+, označeno jako ML). Jako reference byly použity vzorky bez tenké antibakteriální vrstvy, a to podložní mikroskopické sklíčko (označeno jako SiO₂). Tenká vrstva byla nanášena na hladkou část sklíčka (vzorky označeny jako hladké nebo lesklé) a také na drsnou část sklíčka (vzorky označeny jako drsné, nebo matné), a to s cílem hodnocení vlivu drsnosti povrchu na změnu antibakteriální aktivity vrstvy.

Stanovení populace mikroorganismů na površích

V rámci výzkumu byla pozornost zaměřena na provedení antimikrobiálních testů ve formě kontaktních testů, a to za statických podmínek v krátkodobém horizontu. Na Obr. 7 jsou vykresleny výsledky pro metodu dle ČSN EN ISO 11737-1, na Obr. 8 jsou vykresleny výsledky pro metodu dle LIVE/DEAD Cell Viability Assays (mikroskopické fluorescenční hodnocení). Obě tyto metody sledují životaschopnost bakterií po 15ti minutách jejich kontaktu s povrchem. Jedná se o velice důležité hodnocení právě ve smyslu přenosu nebezpečných bakterií skrze kontaktní plochy na vysoce frekventovaných površích s cílem maximálního potlačení růstu a množení buněk ihned po kontaktu s povrchem.

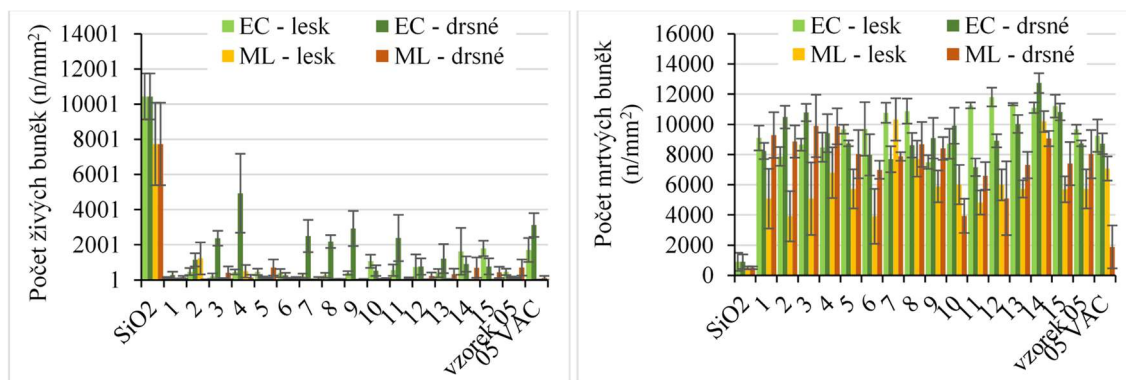
Pomocí obrazové analýzy byly vyhodnoceny bakteriální kolonie (KTJ, tzv. kolonie tvořící jednotky, tj. hodnocení počtu bakteriálních kolonií přítomných na agaru v Petriho misce). Bylo provedeno základní statistické vyhodnocení (průměr, odchylka, vyloučení odlehlých hodnot), výsledky jsou uvedeny na Obr. 7.



Obr. 7 Výsledek hodnocení počtu bakteriálních kolonií přítomných na agaru dle ČSN EN ISO 11737-1 pro *E. coli* (EC, vlevo) a *M. luteus* (ML, vpravo); osa-y je vykreslena v log-měřítku

Výsledky vykazují řádové snížení životaschopnosti bakterií již po 15ti minutovém kontaktu s povrchem připravených vzorků. Kontrolní vzorek (tj. bez funkční antibakteriální vrstvy), označen jako SiO₂ (podložní mikroskopické sklíčko), je v grafu uvedeno vždy jako nejvyšší hodnota (cca. 5000 KTJ/ml pro EC a cca. 20000 KTJ/ml pro ML). Všechny hodnocené vzorky (tj. AB1 až AB15) prokázaly významný pokles počtu přeživších bakterií, a to jak pro Gram-negativní *E. coli* (max. 200 KTJ/ml), tak také pro Gram-pozitivní *M. luteus* (max. 1000 KTJ/ml s výjimkou vzorku č. 2).

Pomocí obrazové analýzy byly vyhodnoceny bakteriální buňky (hodnocení mortality buněk ve fluorescenčním obraze). Bylo provedeno základní statistické vyhodnocení (průměr, odchylka, vyloučení odlehlých hodnot), výsledky jsou uvedeny v grafu níže (Obr. 8).



Obr. 8 Výsledek hodnocení počtu bakteriálních buněk na povrchu vzorků po 15ti minutách kontaktu metodou live/dead pro *E. coli* (EC) a *M. luteus* (ML). Graf vlevo je vyjádřením množství živých buněk, graf vpravo je vyjádřením množství mrtvých buněk

Na Obr. 8 jsou vykresleny výsledky počtu bakterií na povrchu testovaných vzorků pomocí fluorescenční metody live/dead, která sleduje životaschopnost bakterií po 15ti minutách jejich kontaktu s povrchem. Pomocí této metody lze jednoznačně a vizuálně pozorovat chování bakterií přímo na povrchu.

Výsledky vykazují řádové snížení počtu živých bakterií a navýšení počtu mrtvých bakterií již do 15ti minut od kontaktu s povrchem vzorků. Všechny hodnocené vzorky (tj. AB1 až AB15) prokázali významný pokles počtu živých bakterií (oproti kontrolnímu vzorku SiO₂), a to jak pro Gram-negativní *E. coli* (EC), tak také pro Gram-pozitivní *M. luteus* (ML).

Vyhodnocení výsledků antimikrobiální aktivity povrchu vzorků

Výsledky jsou přepočteny dle vzorce pro výpočet antimikrobiální aktivity (dle ISO 22196), a to především proto, že získáme data s bezrozměrnou jednotkou, což umožňuje porovnání mezi jednotlivými metodami a typy vzorků či mezi různými bakteriálními kmeny; vždy v porovnání s kontrolním vzorkem SiO₂ (jehož antimikrobiální aktivita je rovna nule). V tomto hodnocení rozdíl o jednu jednotku odpovídá reálně rozdílu o jeden řád (tedy 10×), protože použitý vzorec obsahuje desítkový logaritmus.

Bylo provedeno základní statistické vyhodnocení (průměr, odchylka, vyloučení odlehlých hodnot), průměrné hodnoty jsou uvedeny v Tab. 2. Barevné zvýraznění jednotlivých buněk v Tab. 2 dává do kontextu porovnání všech naměřených hodnot (v daném sloupci); maximální antimikrobiální aktivita (R) je zvýrazněna červeně; minimální antimikrobiální aktivita (R) je zvýrazněna zeleně (nabývá hodnoty 0 pro kontrolní vzorek SiO₂); hodnoty v rozmezí (min. - max.) odpovídají barevnému přechodu.

Tab. 2: Antimikrobiální aktivita (R) povrchu vzorků pro E. coli (EC) a M. luteus (ML) pro testované metody dle ČSN a live/dead

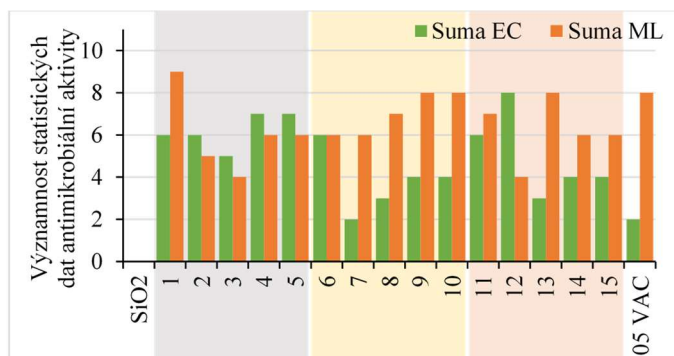
R (antimikrobiální aktivita)	EC hladké ČSN	EC drsne ČSN	ML hladké ČSN	ML drsne ČSN	EC hladké live/dead	EC drsne live/dead	ML hladké live/dead	ML drsne live/dead
SiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	1,88	1,42	2,67	3,05	2,12	1,77	2,36	1,85
2	2,05	1,93	2,79	0,69	1,58	1,25	0,90	2,45
3	1,51	2,23	1,91	2,37	1,86	0,88	2,14	1,44
4	3,43	2,05	2,26	2,61	1,56	0,53	1,36	1,87
5	1,79	1,88	3,45	2,15	1,57	1,88	1,94	1,20
6	2,23	1,60	2,17	1,61	1,66	1,85	2,42	1,95
7	1,88	1,34	1,99	1,44	1,87	0,75	2,84	2,07
8	1,83	1,75	2,19	1,67	1,85	0,85	2,58	2,22
9	1,99	1,99	1,81	1,97	1,66	0,74	2,84	2,38
10	1,79	1,93	2,79	1,84	1,25	1,54	2,45	2,29
11	2,53	2,23	2,39	1,40	1,53	0,86	3,30	1,95
12	2,53	2,23	1,49	1,81	1,41	1,40	2,65	1,66
13	1,53	1,58	3,27	2,91	1,72	1,16	2,57	1,53
14	1,88	1,88	2,58	1,62	1,06	1,28	3,03	1,16
15	1,72	1,93	2,79	2,35	1,00	1,31	2,68	1,47
05 VAC	1,58	1,99	2,09	2,45	1,05	0,76	2,90	1,90

Statistická analýza výsledků antimikrobiální aktivity povrchu vzorků

Pro data v Tab. 2 byl připraven přepočet, kde: (a) pro významnou antimikrobiální aktivitu (buňky v tabulce označeny červeně, tj. 20 % nejvyšších hodnot antimikrobiální aktivity) se počítá s hodnotou +3, (b) pro střední antimikrobiální aktivitu (buňky v tabulce označeny oranžově, tj. 50 % nejvyšších hodnot) se počítá s hodnotou +2, (c) pro nízkou antimikrobiální aktivitu (buňky označeny žlutě, tj. 70 % nejvyšších hodnot) se počítá s hodnotou +1, (d) pro ostatní antimikrobiální aktivitu (buňky označeny zeleně, tj. nejnižších 30 % dat) se počítá s

hodnotou +0. Výsledné součty (vykresleny jako graf), zvlášť součet pro *E. coli* a pro *M. luteus*, jsou uvedeny níže na Obr. 9, ze kterého lze vyčíst, že:

- pro 1. sadu vzorků (AB1-AB5) lze shrnout, že pro vzorek AB1 je vyšší antimikrobiální aktivita pro ML (*M. luteus*), pro ostatní vzorky je vliv na oba bakteriální kmeny obdobný,
- pro 2. sadu vzorků (AB6-AB10) lze shrnout, že pro vzorek AB6 je antimikrobiální aktivita pro ML (*M. luteus*) a EC (*E. coli*) shodná; pro ostatní vzorky je vliv na ML významnější (cca. dvojnásobná antimikrobiální aktivita na ML než na EC),
- pro 3. sadu vzorků (AB11-AB15) lze shrnout, že pro vzorek 12 je antimikrobiální aktivita pro ML nižší než pro EC; pro ostatní vzorky je vliv na ML významnější (až trojnásobná).

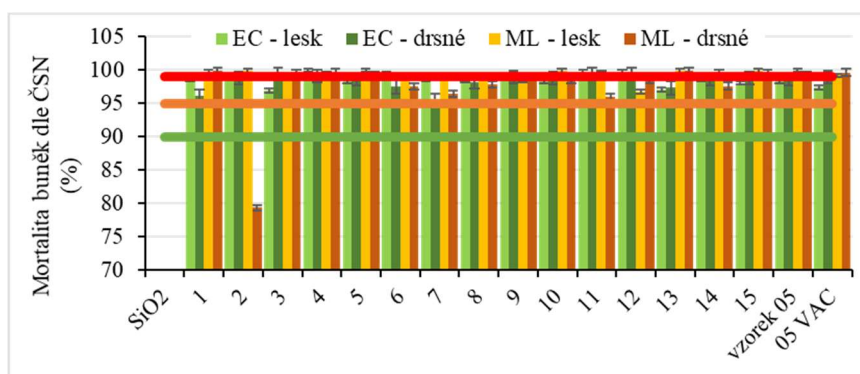


Obr. 9 Graf významnosti statistických dat vyjádřen jako součet zvlášť pro *E. coli* (EC) a pro *M. luteus* (ML) pro výsledky z hodnocení antimikrobiální aktivity

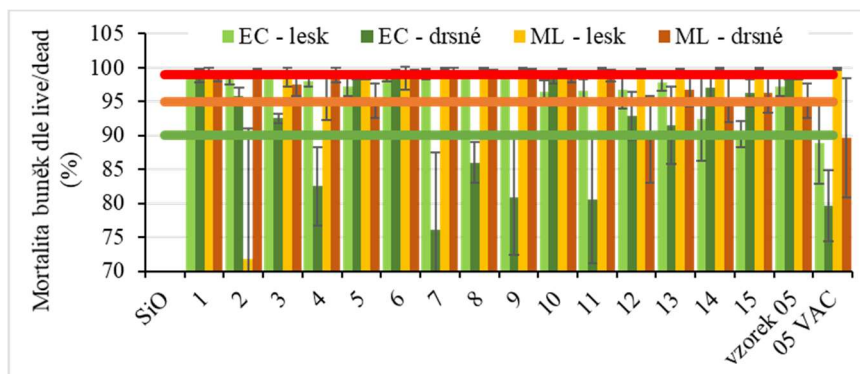
Mortalita buněk na povrchu testovaných vzorků vyjádřena v procentech je vykreslena v grafech na Obr. 10. Dle metody ČSN (Obr. 10a) dosáhly všechny vzorky alespoň 95% antimikrobiální aktivity, pouze vzorek AB2 pro bakterii ML a pro drsný vzorek dosáhl účinnosti pouze 80 %.

Dle metody live/dead (Obr. 10b) dosáhla většina vzorků alespoň 90% antimikrobiální aktivity, pouze vzorky AB2 (pro bakterii ML a pro lesklý vzorek) dosáhl průměrné účinnosti pouze 70 % a AB4, AB7, AB8, AB9, AB11, AB5 VAC (vždy pro bakterii EC a pro drsný vzorek) dosáhl průměrné účinnosti pouze 75 % - 85 %. Výsledek potvrzuje, že antimikrobiální účinnost je významně ovlivněna drsností povrchu.

Výška kontrolního vzorku označeno jako SiO2 je vždy rovna nule (SiO2 má nulovou mortalitu, resp. nulovou antimikrobiální účinnost). Červená linka v grafu odpovídá hraniční antimikrobiální aktivitě odpovídající hodnotě 99 %. Oranžová linka v grafu odpovídá hraniční antimikrobiální aktivitě odpovídající hodnotě 95 %. Zelená linka v grafu odpovídá hraniční antimikrobiální aktivitě odpovídající hodnotě 90 %.



a)



b)

Obr. 10 Výsledek hodnocení mortality buněk na povrchu vzorků pro ČSN (a) a pro live/dead (b); pro bakterie *E. coli* (EC) a *M. luteus* (ML)

Z Obrázku 9 a 10 lze vyvodit následující závěry

1. sada = snižování obsahu mědi, zvyšování obsahu Ti a zachování obsahu Ag: nebyl prokázán jednoznačný vliv snižování obsahu mědi se zvyšování obsahu titanu, může se však jednat o synergický efekt obou prvků; v dalších testech by bylo vhodné tuto hypotézu ověřit; je možné, že ačkoliv se obsah mědi snižuje, tak přesto je koncentrace dostatečně vysoká, a proto nebyl pozorován pokles v antimikrobiální účinnosti.
2. sada = zachování obsahu Cu a Ag a zvyšování průtoku plynu Ar: zvyšování průtoku plynu Ar má za následek změnu vlastností vrstvy (např. drsnost nebo smáčivost) a tyto změny vedou ke zvýšení antimikrobiální účinnosti.
3. sada = zvyšování obsahu mědi při zachování obsahu Ag: nebyl prokázán jednoznačný vliv zvyšování obsahu mědi (při zachování obsahu Ag), může se jednat o synergický efekt obou prvků; nebo je koncentrace mědi/stříbra dostatečně vysoká, a proto nebyla pozorována změna v antimikrobiální účinnosti; pro bakteriální kmen EC byl pozorován mírný pokles v antimikrobiální účinnosti; přičemž pro EC a ML byla vyhodnocena různá antimikrobiální účinnost.

Závěr

Z uvedených výsledků lze na základě nejvyšší antimikrobiální aktivity do dalších experimentů doporučit následující vzorky:

- AB1, AB5, AB6, AB11, AB12, které prokázaly nejvyšší účinnosti vůči bakteriálnímu kmeni *E. coli*.
- AB1, AB5, AB10, AB11, AB13, AB14, AB15, které prokázaly nejvyšší účinnosti vůči kmeni *M. luteus*.

Z 1. sady lze vybrat vzorek s nejvyšším obsahem mědi (AB1) a s nejvyšším obsahem titanu (AB5).

Ze 2. sady vzorek připravený při nejnižším průtoku plynu Ar (AB6) a při nejvyšším průtoku plynu Ar (AB10).

Ze 3. sady všechny vzorky prokázaly vysokou antimikrobiální účinnost, přičemž AB11 a AB12 pro Gram-negativní bakterii *E. coli* a AB13, AB14, AB15 pro Gram-pozitivní *M. luteus*.

5. Poděkování

Tato publikace byla podpořena Studentskou grantovou soutěží Technické univerzity v Liberci v rámci projektu SGS-2024-5432 a za podpory projektu č. FW09020103 „Design a modifikace povrchových vrstev pro bioaplikace za využití plazmových inovativních technologií“, který je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu TREND, podprogram 2.

Literatura

- [1] TYAGI, Ankit, R.S. WALIA, Qasim MURTAZA, Shailesh M. PANDEY, Pawan K. TYAGI a Bharat BAJAJ. A critical review of diamond like carbon coating for wear resistance applications. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* [online]. 2019, 78, 107–122. ISSN 02634368. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijrmhm.2018.09.006
- [2] DHANDAPANI, Vishnu Shankar, Ramesh SUBBIAH, Elangovan THANGAVEL, Madhankumar ARUMUGAM, Kwideok PARK, Zuhair M. GASEM, Veeravazhuthi VEERARAGAVAN a Dae-Eun KIM. Tribological properties, corrosion resistance and biocompatibility of magnetron sputtered titanium-amorphous carbon coatings. *Applied Surface Science* [online]. 2016, 371, 262–274. ISSN 0169-4332. Dostupné z: doi:10.1016/j.apsusc.2016.02.194
- [3] RAI, Mahendra, Shivaji D. DESHMUKH, Avinash P. INGLE, Indarchand R. GUPTA, Massimiliano GALDIERO a Stefania GALDIERO. Metal nanoparticles: The protective nanoshield against virus infection. *Critical Reviews in Microbiology* [online]. 2016, 42(1), 46–56. ISSN 1549-7828. Dostupné z: doi:10.3109/1040841X.2013.879849
- [4] IMANI, Sara M., Liane LADOUCEUR, Terrel MARSHALL, Roderick MACLACHLAN, Leyla SOLEYMANI a Tohid F. DIDAR. Antimicrobial Nanomaterials and Coatings: Current Mechanisms and Future Perspectives to Control the Spread of Viruses Including SARS-CoV-2. *ACS Nano* [online]. 2020, 14(10), 12341–12369. ISSN 1936-0851, 1936-086X. Dostupné z: doi:10.1021/acsnano.0c05937
- [5] WARNES, Sarah L., Emma N. SUMMERSGILL a C. William KEEVIL. Inactivation of murine norovirus on a range of copper alloy surfaces is accompanied by loss of capsid integrity. *Applied and Environmental Microbiology* [online]. 2015, 81(3), 1085–1091. ISSN 1098-5336. Dostupné z: doi:10.1128/AEM.03280-14
- [6] BORKOW, Gadi. Using Copper to Fight Microorganisms. *Current Chemical Biology* [online]. 2012, 6(2), 93–103. ISSN 22127968. Dostupné z: doi:10.2174/187231312801254723
- [7] MINOSHIMA, Masafumi, Yue LU, Takuto KIMURA, Ryuichi NAKANO, Hitoshi ISHIGURO, Yoshinobu KUBOTA, Kazuhito HASHIMOTO a Kayano SUNADA. Comparison of the antiviral effect of solid-state copper and silver compounds. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 2016, 312, 1–7. ISSN 0304-3894. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhazmat.2016.03.023

Anotace

Cílem výzkumu je navrhnout funkční povrch (antibakteriální a antifoulingový) s vysokou adhezí k většině typů materiálů (sklo, polymery, kovy, keramika, aj.) a se zvýšenou odolností proti otěru. V některých případech je potřeba zajistit, aby povrch omezoval adhezi nežádoucího materiálu, například prach, bakterie aj. Především se jedná o materiály, které jsou v častém kontaktu s lidskou pokožkou, vodou či jinými tekutinami, zejména tam, kde existuje významné riziko přenosu nákaz, chorob, bakterií, aj. Přínosem našeho výzkumu je vývoj a ověření funkční vlastnosti povrchové úpravy na skleněném substrátu se zaměřením na následnou aplikaci. Snahou je zajistit dlouhodobé funkční vlastnosti povrchu v environmentálním prostředí (ve vysoké vlhkosti, ve vodě, v půdě apod.), mechanicky a chemicky odolné vrstvy, ekologicky nezávadné, případně i designově a dekorativně zajímavé (od metalických odstínů přes různé barevné až po transparentní).

Summary

MODIFICATION OF THIN LAYERS ON A GLASS SUBSTRATE USING PLASMA TECHNOLOGIES WITH ESTABLISHED ANTIBACTERIAL

The aim of the research is to design a functional surface (antibacterial and antifouling) with high adhesion to most types of materials (glass, polymers, metals, ceramics, etc.) and with increased abrasion resistance. In some cases, it is necessary to ensure that the surface limits the adhesion of unwanted material, for example dust, bacteria, etc. These are primarily materials that are in frequent contact with human skin, water or other fluids, especially where there is a significant risk of transmission of infections, diseases, bacteria, etc. The benefit of our research is the development and verification of the functional properties of the surface treatment on the glass substrate with a focus on subsequent application. The effort is to ensure the long-term functional properties of the surface in the environmental environment (in high humidity, in water, in the soil, etc.), mechanically and chemically resistant layers, ecologically harmless, or even design and decoratively interesting (from metallic shades to various colors to transparent).

Lucie Svobodová, KMT, TU v Liberci, Studentská 2, 461 17, e-mail: lucie.svobodova@tul.cz

Magdalena Mrózek, KMT, TU v Liberci, Studentská 2, 461 17, e-mail: magdalena.mrozek@tul.cz

Michal Krafka, KMT, TU v Liberci, Studentská 2, 461 17, e-mail: michal.krafka@tul.cz

Totka Bakalova, KMT, TU v Liberci, Studentská 2, 461 17, e-mail: totka.bakalova@tul.cz

Karel Daďourek, KMT, TU v Liberci, Studentská 2, 461 17, e-mail: karel.dadourek@tul.cz

Vývoj světelných technologií od ohně po moderní interaktivní instalace

Pavel Prusík

Abstrakt

Prezentace společnosti Preciosa Lighting se zabývá historickým vývojem světelných technologií, počínaje primitivním využitím ohně až po současné sofistikované světelné instalace, které reagují interaktivně. Významným milníkem v tomto vývoji je letošní 300. výročí od udělení první licence na výrobu svítidel v Křišťálovém údolí, které se od té doby stalo centrem inovací v oblasti sklářství a světelných technologií.

Historie světla začíná u ohně, který poskytoval základní osvětlení a teplo. S příchodem průmyslových revolucí došlo k zásadním změnám ve výrobě a distribuci světla. První průmyslová revoluce přinesla plynové osvětlení, které bylo následováno elektrickým osvětlením během druhé průmyslové revoluce. Tyto inovace umožnily masovou výrobu a širší dostupnost světelných zdrojů.

Křišťálové údolí, tak jak ho známe dnes, je známé pro svou dlouhou tradici ve výrobě skla a hrálo klíčovou roli v rozvoji světelných technologií. Od ručně vyráběných svítidel až po moderní LED systémy, které kombinují estetiku s funkcionalitou, se zdejší výrobci neustále nejen přizpůsobují novým technologiím a trendům, ale i je vytvářejí. Moderní LED technologie umožňují nejen úsporu energie, ale také široké možnosti interaktivity. Tyto systémy mohou reagovat na pohyb, zvuk nebo dokonce na změny v prostředí, čímž vytvářejí dynamické a poutavé světelné instalace.

V současnosti se světelné instalace stávají stále více interaktivními, využívají nejmodernějších technologií a LED systémů. Tyto instalace mohou být programovány tak, aby měnily barvy, intenzitu a vzory světla v reakci na různé podněty. Tento vývoj představuje nejen technologický pokrok, ale také nové možnosti pro umělecké a designové vyjádření.

Závěrem lze říci, že vývoj světelných technologií od ohně po moderní interaktivní instalace odráží nejen technologický pokrok, ale také změny v estetických a funkčních požadavcích společnosti. Křišťálové údolí a společnost Preciosa Lighting, zůstávají i nadále centrem inovací, kde se tradiční sklářské umění setkává s nejmodernějšími technologiemi, čímž vytváří jedinečné a inovativní světelné instalace, a to i na prahu 5. průmyslové revoluce, kde se technologie a lidská kreativita spojují pro dosažení udržitelnější a efektivnější budoucnosti.

Ing. Pavel Prusík, Preciosa Lighting, Nový Svět 915, 471 14 Kamenický Šenov, e-mail: petra.mejzlikova@preciosa.com, tel.: +420 739 520 106

Vzdělávání v oboru Design světelných objektů na SUPŠS v Kamenickém Šenově

Pavel Kopřiva

Úvod

Cílem přednášky je nastínit způsoby a metody výuky středoškolské úrovně mládeže v oboru design světelných objektů na sklářské škole v Kamenickém Šenově, založené roku 1856.



Přednáška ukáže historii vyučovaného oboru na příkladech realizovaných objektů, poukáže na nutnou úzkou spolupráci s průmyslovými sklářskými podniky v regionu kamenicko-šenovska. Výroba lustrů má v tomto regionu 300 let dlouhou tradici a sklářská škola dál udržuje a rozvíjí v mladých lidech zájem o tento tradiční český umělecký obor. Obor, který čerpá z obrovských znalostí a šikovnosti místních řemeslníků a potenciálu kreativních výtvarníků. Přednáška ukáže příklady

spolupráce studentů školy v rámci praxí ve firmách, především u hlavního partnera školy, kterým je firma Preciosa Lighting v Kamenickém Šenově. Seznámí veřejnost se vzděláváním v oblasti výtvarného navrhování svítidel v ateliéru a následně s realizací návrhů v odborných dílnách. Pomocí kombinace tradičních řemeslných technik zpracování kovu a skla s moderními CNC procesy dosahujeme vysoké úrovně řemeslného zpracování studentských prací.

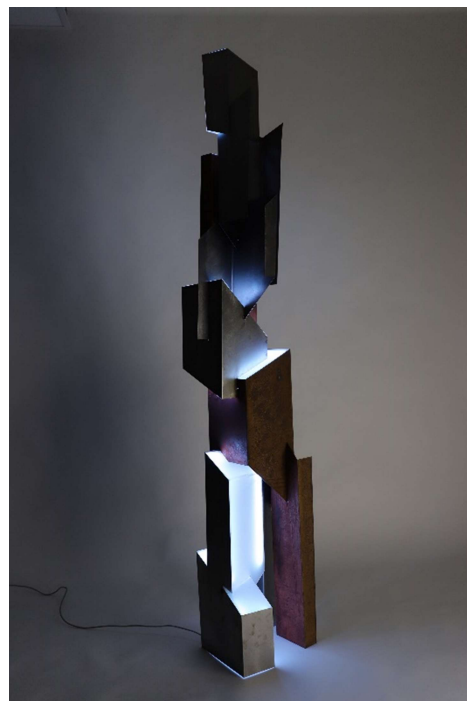


Proces vzdělávání je nastaven tak, aby byla respektována následující hlavní specifika vzdělávacího procesu v oboru Design svítidel:

- Kombinace technického a uměleckého vzdělání
- Znalost široké škály materiálů
- Manuální zručnost při práci s kovem, sklem, dřevem, plastem
- Technologie světelných zdrojů
- Povědomí o trendech průmyslového a světelného designu (robotika, senzorika, inteligentní zdroje, udržitelnost)



Přednáška také představí významné absolventy oboru design svítidel, kteří po absolvování sklářské školy pokračovali ve studiu na vysokých uměleckých školách a dnes působí jako úspěšní designéři ve vlastních studiích a firmách. Jednou z prezentovaných oblastí, kterou se studenti tohoto oboru zabývají, je také restaurování a rekonstrukce lustrů a svítidel. Během studia se dostanou k odborné práci s historickými kusy, které je učí respektu k práci předků a ukazuje jim způsoby zpracování materiálů a konstrukci svítidla, které může být až stovky let stará.



Snahou přednášky je poukázat na fakt, že máme v České republice unikátní střední umělecké školy s vysokou úrovní vzdělávání v uměleckoprůmyslových oborech, jejichž absolventi jsou technologicky a umělecky vybaveni k tomu, být konkurenceschopní s kýmkoliv na světě. Na střední uměleckoprůmyslové škole sklářské v Kamenickém Šenově je zájem studentů a pedagogů dlouhodobě zaměřen kromě skla, na světelné objekty a lustry, čímž je tato škola jedinečná.

doc. MgA. Pavel Kopřiva, PhD, Havlíčkova 57, 471 14 Kamenický Šenov, e-mail: kopřiva@supss-ks.cz, tel.: +420 487 764 964

Porézní skleněná plastelína jako inovace pro osvětlovací sklo

Vlastimil Hotař

Úvod

GLASSTICINE, dříve Porézní skleněná plastelína (PGP) je inovativní materiál, vyvinutý na Katedře sklářských strojů a robotiky Fakulty strojní Technické univerzity v Liberci. GLASSTICINE se vyrábí buď ze sklářského písku (GLASSTICINE PURE) nebo z odpadního skla (GLASSTICINE RECYCLED). Proces výroby zahrnuje přípravu surovin, formování směsi a tepelné zpracování, které vytváří charakteristickou strukturu s otevřenými póry.

GLASSTICINE nabízí unikátní reologické vlastnosti, pórovitost, pevnost, chemickou stabilitu a tepelnou odolnost. Multiplatformový materiál GLASSTICINE je komercializován prostřednictvím spin-off společnosti Glassiteca s.r.o., která hledá partnery a investory pro průmyslovou realizaci této multiplatformové technologie.

Výroba produktů z GLASSTICINE

Výroba GLASSTICINE zahrnuje několik klíčových kroků. Prvním krokem při výrobě GLASSTICINE je příprava surovin. Základními materiály jsou sklářský písek, který je použit v případě varianty GLASSTICINE PURE, nebo mleté odpadní sklo, které se používá u varianty GLASSTICINE RECYCLED. Tyto základní suroviny jsou smíchány s dalšími komponentami, jako jsou pojiva, plastifikátory a případná barviva či aditiva. Každá z těchto přísad má svou specifickou funkci – pojiva spojují jednotlivé částice do kompaktní hmoty, plastifikátory zajišťují vhodnou konzistenci pro tvarování a barviva nebo aditiva mohou zlepšit konkrétní vlastnosti finálního materiálu. Materiál se jeví jako plastelína a dá se tak dobře tvarovat.

Po přípravě surovin následuje formování směsi do požadovaného tvaru. Tento krok může být realizován několika různými způsoby v závislosti na konečném použití a požadovaném tvaru výrobku. Mezi běžné techniky formování patří použití forem, extrudérů nebo 3D tisku. V některých případech může být směs tvarována i ručně, což umožňuje vytváření jedinečných tvarů.

Následným krokem je tepelné zpracování, které je klíčové pro dosažení konečných vlastností porézní skleněné plastelíny. Materiál je vystaven vysokým teplotám, které způsobí jeho vytvrzení a vytvoření charakteristické porézní struktury. Tento proces, nazývaný sintrace, probíhá při různých teplotách v závislosti na použitém základním materiálu. Pro skleněné střepy je obvykle nezbytná teplota nad 700 °C, zatímco pro sklářský písek je teplota sintrace vyšší, pohybující se od 1200 °C výše. Během tohoto procesu dochází k částečnému roztavení a následnému spojení jednotlivých částic a zároveň díky reakcím se z hmoty uvolňují plyny, což vytváří pevnou, ale porézní strukturu.

Po tepelné úpravě následují dokončovací úpravy, které zajišťují, že finální výrobek splňuje požadované specifikace a estetické standardy. Sintrovaný výrobek může být dále opracován pomocí běžných obráběcích technologií, jako je broušení, vrtání nebo frézování. Tyto procesy umožňují upravit tvar, povrchovou úpravu a další detaily produktu tak, aby byl plně funkční a vizuálně atraktivní.

Základní vlastnosti GLASSTICINE

Porézní skleněná plastelína nabízí širokou škálu unikátních vlastností:

1. Reologické vlastnosti: Umožňují tvarování jako plastelíny, po sintrování vzniká struktura s otevřenými póry, které mohou mít velikost od 30 do 180 μm . Materiál lze tvarovat ručně nebo za použití nástrojů.
2. Pórovitost: Zvětšený povrch umožňuje nanášení submikronových a nano částic, hnojiv a kontrolované uvolňování kapalin.
3. Pevnost: Po sintrování je materiál pevný a má dostatečné mechanické vlastnosti pro většinu zvažovaných aplikací.
4. Chemická stabilita: Odolává různým chemikáliím a je stabilní ve většině běžných prostředí.
5. Tepelná odolnost a nehořlavost: Materiál odolává vysokým teplotám, což ho činí vhodným pro různé průmyslové aplikace.
6. Kombinace s transparentním sklem a kovy: Možnost materiál integrovat s transparentním sklem a také kovy, což umožňuje další aplikace, zvyšuje funkčnost a možnosti dalšího estetického využití.

Typy GLASSTICINE

GLASSTICINE lze vyrábět ve dvou variantách. V případě GLASSTICINE PURE je základní surovinou sklářský písek, což umožňuje výrobu sněhově bílého materiálu čistých barev. Teploty výpalu se pohybují mezi 1200 až 1400 °C. U GLASSTICINE RECYCLED je základní surovinou drcené odpadní sklo, materiál již nemá většinou čisté barvy a v případě využití čírého odpadního skla je produkt šedivý. Teploty výpalu začínají na 700 °C. Tento produkt lze vyrábět z odpadního skla, které má nejisté složení, barevnost a je do jisté míry znečištěné.

Aplikace GLASSTICINE

V obou variantách se jedná o multiplatformový materiál, který je možné aplikovat pro výrobu celé škály produktů a využít v mnoha oblastech. Vedle aplikací v hydroponii, jako nosiče nanočástic, filtrů, nosiče vonných doplňků do interiérů.

Využití GLASSTICINE v obou variantách je také pro jedinečné umělecké objekty které mohou spojit několik funkcí dohromady. Samotný materiál rozptyluje dobře světlo. Díky různé tloušťce materiálu je možné využít rozdílných světelných propustností a získat tak motivy, které jsou viditelné až po rozsvícení zdroje světla za materiálem. GLASSTICINE má také velmi dobré akustické vlastnosti, kdy díky svému povrchu rozptyluje a utlumuje dobře zvuk. Vyrobené desky tak mohou být účelným řešením pro vytvoření akustické pohody uvnitř místností. Další již zmíněnou vlastností je pozvolné uvolňování vůně. Výše uvedené vlastnosti mohou být kombinovány, čímž může vzniknout objekt, který je zdrojem světla, aktivně tlumí a rozptyluje zvuk a také může vonět. Protože se jedná o sklo lze v obou variantách mluvit o recyklovatelném řešení. V případě využití GLASSTICINE RECYCLED je odpadní sklo vráceno do „života“ a nekončí na skládkách. Objekty z materiálu GLASSTICINE tak kombinují funkčnost, estetiku, udržitelnost.



Obr. 1 Světelné vlastnosti GLASSTICINE PURE

GLASSTICINE může být tvarována do různých forem a struktur, což umožňuje vytváření jedinečných svítidla. Díky své pórovitosti může materiál rozptylovat světlo, což vytváří příjemnou atmosféru. Materiál může sloužit jako difuzor pro LED panely. Jeho otevřené póry mohou zajistit rovnoměrné rozptýlení světla, což je ideální pro použití v moderních interiérech. GLASSTICINE může být integrována do stěn nebo stropů, kde propouští světlo a vytváří zajímavé vizuální efekty. To může být využito v komerčních i rezidenčních prostorech. Díky flexibilitě v tvarování je materiál vhodný pro umělecké a designové projekty, kdy díky jedinečným vlastnostem lze materiál tvarovat do složitých tvarů a struktur, samozřejmě s danými technickými omezeními. Lze kombinovat světlo a strukturu. Umělci mohou experimentovat s různými tvary a barvami.

Závěr

GLASSTICINE (Porézní skleněná plastelína, PGP) představuje revoluční krok v oblasti materiálového inženýrství a recyklace skla. Její výroba a využití nejenže přináší nové možnosti v průmyslu a umění, ale také významně přispívá k ochraně životního prostředí. Jedná se o kombinaci designu a vědy, kombinuje to co je pro jiné technologie těžko propojitelné: estetika, účelnost a udržitelnost spojené s minimalizací nákladů.

Pro komercializaci této multiplatformové technologie byl založen na Technické univerzitě v Liberci spin-off, společnost Glassiteca s.r.o. Tato společnost s výzkumným zázemím, zkušeným týmem a oporou v oblasti komercializace nyní hledá partnery a investory pro realizaci technologie v průmyslovém měřítku, která přinese nové produkty s vysokou přidanou hodnotou, estetikou a využitím.

Anotace

GLASSTICINE, dříve známá jako Porézní skleněná plastelína, je inovativní materiál vyvinutý na Technické univerzitě v Liberci. Vyrábí se z čistého sklářského písku nebo recyklovaného skla a nabízí jedinečné vlastnosti jako pórovitost, světelný rozptyl, dostatečná pevnost a tepelnou odolnost. Multiplatformový materiál GLASSTICINE je vhodný pro širokou škálu aplikací, od uměleckých projektů po průmyslové využití a kombinuje funkčnost, estetiku a podporuje udržitelnost díky možnosti recyklace. Materiál je komercializován spin-off společností Glassiteca s.r.o., která hledá partnery pro průmyslovou realizaci.

Summary

GLASSTICINE AS AN INNOVATION FOR LIGHTING GLASS

GLASSTICINE, formerly Porous Glass Plasticine, is an innovative material developed at the Technical University of Liberec. It is made from pure glass sand or recycled glass and offers unique properties such as porosity, light diffusion, sufficient strength, and heat resistance. The multi-platform material GLASSTICINE is suitable for a wide range of applications, from art projects to industrial use, and combines functionality and aesthetics. It also promotes sustainability through recyclability. The material is being commercialised by spin-off company Glassiteca Ltd, which is looking for partners for industrial implementation.

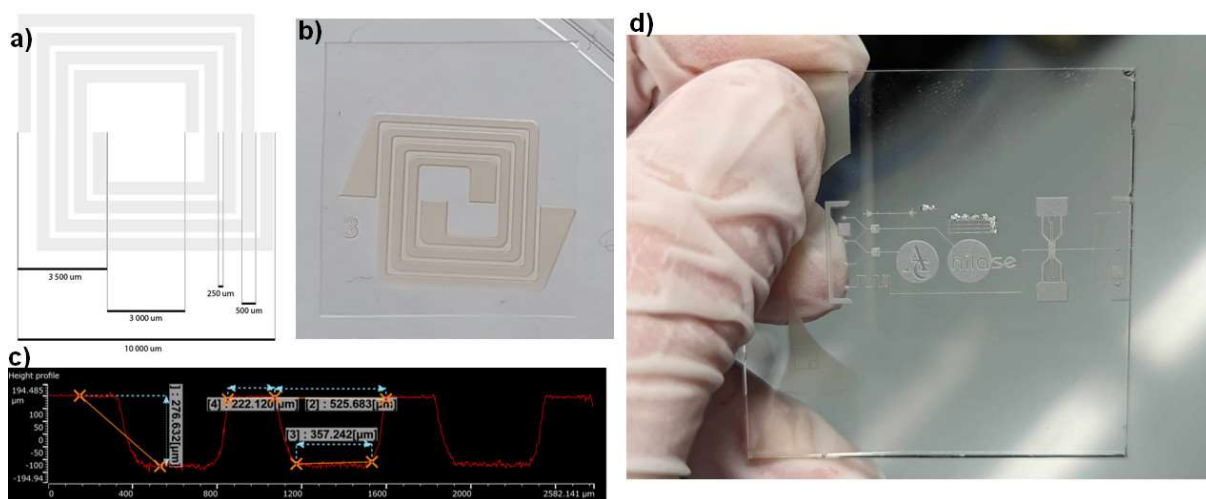
Úvod

V současné době čelí sklářský průmysl řadě výzev spojených s potřebou zvýšit efektivitu výroby, snížit náklady a zároveň dosáhnout vyšší kvality zpracovávaných materiálů. Tradiční mechanické metody opracování skla, které jsou často náročné a časově nákladné, se stávají nedostatečnými pro uspokojení požadavků moderní výroby. Na tomto pozadí představují laserové technologie vyvinuté v centru HiLASE klíčový nástroj pro inovace v oblasti zpracování skla a transparentních dielektrik.

V rámci tohoto příspěvku podrobně představíme několik špičkových laserových technologií, které byly vyvinuty a optimalizovány v centru HiLASE. Tyto technologie zahrnují efektivní opracování a strukturování skla, přičemž jsou zde využívány specifické postupy tvarování laserového svazku a pokročilé optické prvky, jako jsou Besselovské objektivy, které umožňují přesné a rychlé zpracování materiálů. Tyto metody nacházejí uplatnění v mnoha hi-tech oblastech, kde tradiční mechanické metody často selhávají.

Technologie pro opracování skla a transparentních dielektrik

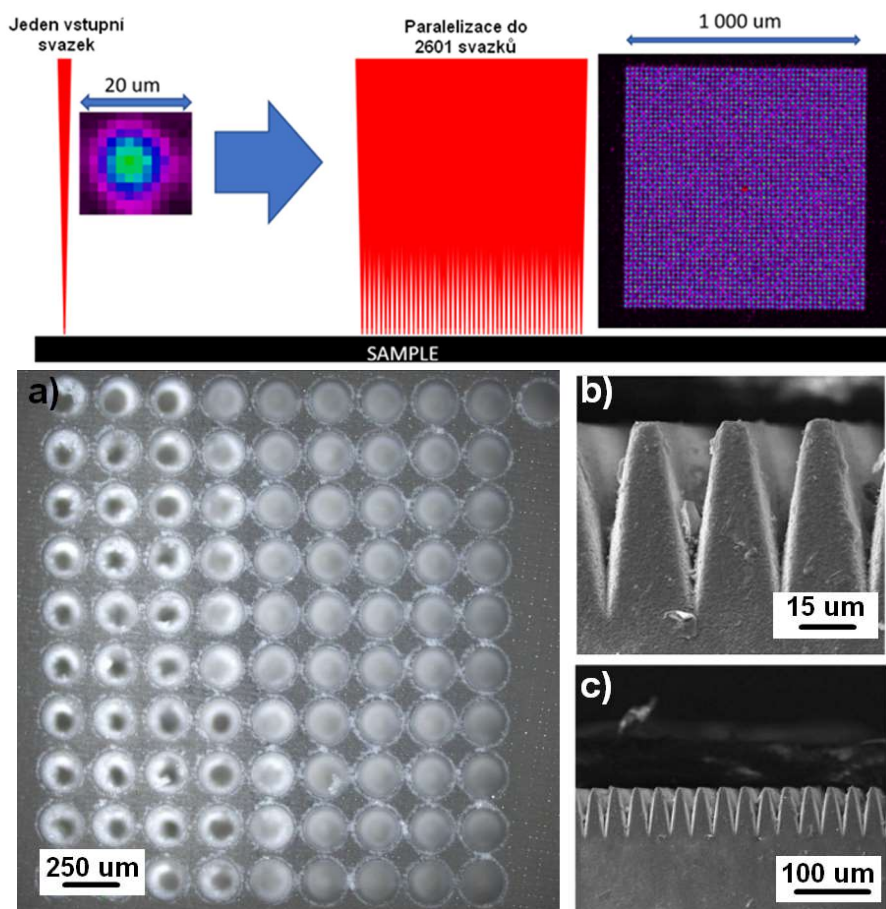
Laserové technologie umožňují vysoce přesné řezání, vrtání a gravírování skla s minimálním tepelným ovlivněním okolního materiálu. Pomocí Besselovských svazků je možné dosáhnout velmi úzkého a dlouhého ohniska, což umožňuje efektivní dicing a mikroobrábění skla s vysokou kvalitou řezu. Tato metoda je obzvláště přínosná pro zpracování optických elementů a výrobu mikrofluidních čipů, kde je vyžadována vysoká přesnost a kvalita povrchu.



Obr. 1: Příklady mikrofluidních čipů vyrobených na HiLASE. Návrh (a) a reálné provedení (b) mikrofluidního čipu pro pozorování buněčné interakce a jeho analýza z konfokálního mikroskopu (c). Příklad komplexní geometrie funkčního mikrofluidního čipu (d).

Dalším klíčovým přínosem je multi-beam technologie, tato technologie umožňuje rozdělení jednoho laserového svazku na několik paralelních svazků, což dramaticky zvyšuje produktivitu opracování a umožňuje vytvářet složité mikro a nanostruktury na povrchu skla. Tento postup

je obzvláště efektivní pro aplikace, kde je třeba dosáhnout specifických povrchových vlastností, nebo funkční geometrie. Ve vývoji metod pro zrychlování a zefektivňování laserové výroby patří Centrum HiLASE ke světově špičce, což dokládá i řada světových rekordů.

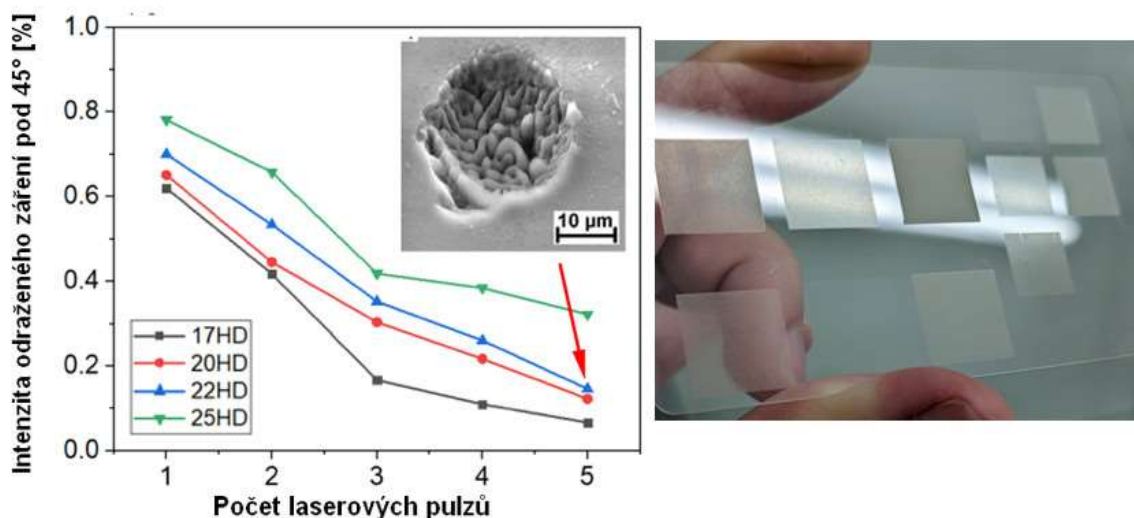


Obr. 2: Schématické znázornění multi-beam technologie pro zrychlení a zefektivnění výroby s příklady výroby funkčních geometrií; (a) Vrtání více svazky najednou s minimálními rozestupy mezi otvory; (b, c) Příklady funkční pilovité struktury pro zlepšení adheze při nanášení tenkých vrstev.

Příklad aplikací v průmyslu

Jedním z významných průmyslových využití těchto technologií je výroba povrchových mikrostruktur, které zvyšují adhezi mědi při výrobě kvantových čipů. Při tomto procesu se na sklo nanáší měděná vrstva, která musí mít vynikající přilnavost, aby bylo dosaženo požadovaných elektrických vlastností. Tradiční metody často selhávají při dosažení dostatečné adheze, což vede ke zvýšeným výrobním nákladům a problémům s kvalitou. Laserová technologie HiLASE poskytuje inovativní řešení, které zahrnuje tvorbu mikrostruktur na povrchu skla pomocí multi-beam technologie, což zvyšuje povrchovou drsnost a zlepšuje přilnavost mědi (obr. 2 b, c).

Další aplikací je gravírování skla pro dosažení specifických optických vlastností, jako je například zmatňování skla. Tento proces umožňuje vytváření povrchových mikrostruktur, které rozptylují světlo a tím snižují odrazivost skla.



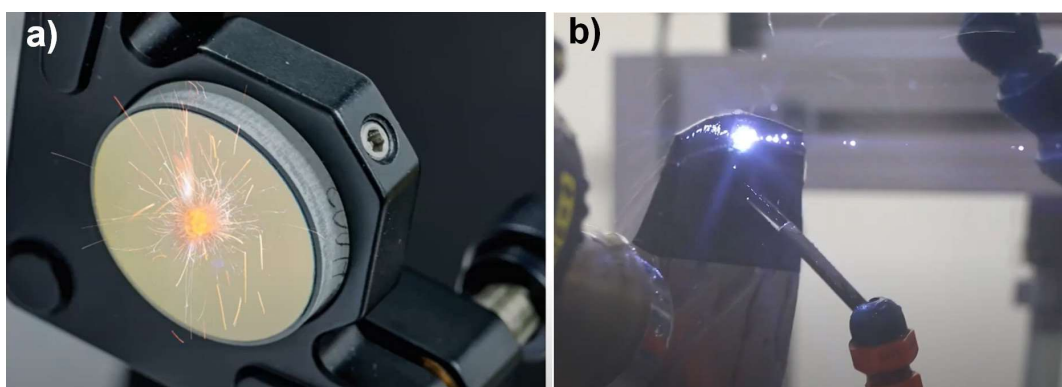
Obr. 3: Příklady zmatňování skla spolu s měřením odražené intenzity záření.

Další relevantní technologie HiLASE pro sklářský průmysl

Kromě pokročilých metod opracování a strukturování skla nabízí centrum HiLASE i další klíčové technologie, které mohou významně přispět k pokroku v moderním sklářském průmyslu. Mezi tyto technologie patří měření prahu poškození (Laser Induced Damage Threshold, LIDT) a laserové vyklepávání (Laser Shock Peening, LSP).

LIDT je technologie, která umožňuje přesné měření odolnosti optických prvků a tenkých vrstev proti poškození způsobenému laserovým zářením. Naše zařízení umožňuje provádět LIDT testy i při kryogenních teplotách, což simuluje extrémní podmínky, jako jsou ty ve vesmíru. Díky laseru Bivoj, který je schopný generovat nanosekundové laserové pulzy s energií až 150 J (světový rekord) jsme také jako jediní schopní testovat prvky i s velkým svazkem.

LSP je pak technologie, která zvyšuje odolnost materiálů proti únavě způsobené cyklickým namáháním. Tato metoda vytváří v materiálu zbytková tlaková napětí, která zlepšují jeho mechanické vlastnosti a prodlužují životnost. Ve sklářském průmyslu může LSP přispět k prodloužení životnosti forem pro odlévání a lisování skla, což vede ke snížení nákladů na údržbu a zvýšení kvality produkce.



Obr. 4: (a) Záznam z testování prahu poškození optických komponent; (b) Záznam z laserového opracování metodou LSP.

Závěr

Laserové technologie vyvinuté v centru HiLASE představují revoluční nástroj pro moderní sklářský průmysl. Jejich aplikace umožňuje nejen zvýšení produktivity a snížení výrobních nákladů, ale také dosažení vyšší kvality a spolehlivosti výsledných produktů. Vzhledem k neustálému vývoji a inovacím v oblasti laserových technologií lze očekávat, že jejich význam pro sklářský průmysl bude i nadále růst.

Naším cílem je inspirovat další vývoj v této oblasti a ukázat široké možnosti, které laserové technologie nabízejí pro sklářský průmysl. Věříme, že naše technologie mohou významně přispět k dalšímu rozvoji a inovacím v této důležité průmyslové oblasti.

Anotace

Tato prezentace se zaměří na pokročilé laserové technologie vyvinuté v centru HiLASE, které přinášejí významné inovace v oblasti opracování skla a transparentních dielektrik. Představíme technologie pro efektivní opracování a strukturování skla, včetně specifických postupů tvarování laserového svazku a využití Besselovských objektivů, které řeší problémy tradičních mechanických metod.

Dále se budeme věnovat technologii multi-beam B-TGV a jejím praktickým aplikacím. Součástí prezentace budou případové studie z různých high-tech odvětví, včetně tvorby povrchových mikrostruktur pro zlepšení adheze mědi při výrobě kvantových čipů, gravírování pro zlepšení povrchové drsnosti a následné opracování, a výroby mikrofluidních čipů a mikrostruktur do forem pro lisování přesných optických prvků.

Naším cílem je demonstrovat široké možnosti a přínosy těchto technologií pro sklářský průmysl a podpořit další inovace v tomto dynamickém sektoru."

Optická vlákna a skelné materiály pro zdroje záření

Ivan Kašík

Úvod

„Světlo“ i „sklo“ jsou široké pojmy, pod kterými si obvykle představíme viditelnou část spektra a průhledné tabulové sklo. Přitom světlo, které vnímáme lidským okem, představuje jen malou část (390-760 nm) spektra elektromagnetického záření a silikátové tabulové sklo jen malou část palety skelných materiálů [1]. Obdobně jako je silikátové sklo okno transparentní (průhledné) pro lidské oko, existuje řada dalších skelných materiálů transparentních v blízké infračervené a delší infračervené oblasti (fluoridová, chalkogenidová, germanátová aj. skla). Propustnost v této spektrální oblasti sice nemůžeme ověřit pouhým okem, ale existuje řada způsobů, jak toho dosáhnout (viz přístroje pro vidění v noci, termovize apod.). Zcela jedinečným skelným materiálem, který propouští světlo od ultrafialové oblasti po infračervenou (cca 160 – 2200 nm, resp. 4000 nm) je křemenné sklo [2, 3].

Křemenné sklo

Křemenné sklo je jednosložkové sklo z oxidu křemičitého (SiO_2). Jeho optická propustnost záleží na obsahu nečistot (nevlastní ztráty), ale v krátkovlnné ultrafialové oblasti také na síle vazeb Si-O a vadách struktury (vlastní ztráty materiálu), tedy na technologii přípravy (např. rychlosti zchlazení). Vzhledem k tomu, že koeficient roztažnosti křemenného skla je jeden z nejnižších obecně (10^{-7} K^{-1}), sklo lze zchladit i rychlostmi v řádu 10^3 K/s , aniž by došlo k popraskání. Křemenné sklo je obecně jedním z velmi mála materiálů opticky propustných v ultrafialové části spektra a vzhledem k různým způsobům technologie výroby mohou být rozdíly v propustnosti skla v této části spektra značné.

Významnou roli v optické propustnosti zejména v blízké infračervené oblasti hrají nečistoty. Již pouhé jednotky ppm (tj. podíl 10^{-6}) vlhkosti ve formě OH^- iontů vnášejí optickou absorpci materiálu okolo 1400 nm a obdobně to platí pro ionty železa Fe^{3+} , kde ovšem ztrátu optické propustnosti přinášejí již jednotky ppb (10^{-9}). Vezmeme-li v úvahu, že v běžné atmosféře poletuje asi 30 ppb iontů Fe^{3+} z korodujících předmětů denní spotřeby, pak je zřejmé, že výroba opticky čistého křemenného skla není vůbec jednoduchou úlohou. Křemenná skla připravovaná tavením nejlepších křišťálů mají obvykle obsah OH^- v jednotkách ppm, syntetická křemenná skla připravovaná z SiCl_4 mají obsah OH^- okolo 103 ppm, speciální křemenná skla pro substráty na výrobu optických vláken (F300) mají obvyklý obsah OH^- cca 0,2 - 1 ppm, vlnovodná jádra optických vláken mají obsah OH^- ještě nižší.

Technologická obtížnost výroby křemenného optického skla je kromě otázek čistoty spojena také s jeho vysokou teplotou zpracování, která se pohybuje okolo 1800 – 2200 °C; sklo je velmi krátké a T_g je okolo 1300 °C.

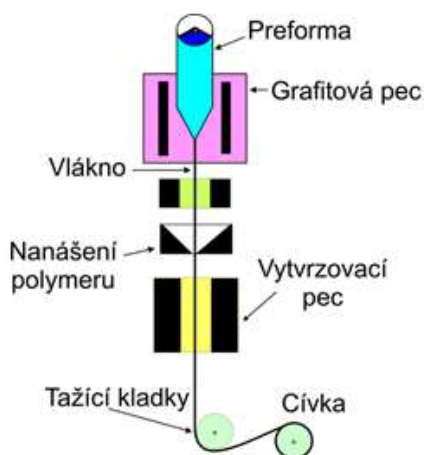
Křemenné optické vlákno a technologie přípravy

Křemenné optické sklo je tedy jedinečným materiálem, ze kterého lze vyrobit řadu optických prvků, jako jsou průzory, optická okna, vlnovody, optická vlákna aj. Výroba a zpracování křemenného skla však vyžaduje speciální instrumentaci a žáromateriály. Pro vysokoteplotní procesy je nutné používat grafitové pece s inertní atmosférou nebo kyslíko-vodíkový plamen.

Zatímco optická vlákna z měkkých silikátových skel lze táhnout z platinového kelímku do teplot 1600 °C, křemenná optická vlákna se táhnou z preforem.

Preformy jsou tyče většinou kruhového průřezu, které jsou z čirého optického křemenného skla nebo mají vlastní vrstevnatou strukturu složení a indexu lomu. Připravují se obvykle některou z metod depozice z plynné fáze (CVD), např. MCVD [4], PCVD, OVD nebo VAD [5]. Jejich rozměry se pohybují podle typu tažených vláken – průměr v jednotkách centimetrů a délka od centimetrů po metr. V současné době tým Katedry sklářských strojů TUL pracuje na výzkumu zcela nového přístupu přípravy preforem postupy 3D tisku, což by mohlo přinést významné úspory energie v této speciální sklářské oblasti a rozšíření spektra složení nebo struktur připravovaných materiálů.

Křemenná optická vlákna se táhnou za teplot okolo 2000-2200 °C. Jejich průměr pro použití v telekomunikacích je 125 μm, obecně se pohybuje v rozmezí 80 – 1000 μm, výjimečně až 3000 μm. Pro jejich použití je důležité udržení stálých geometrických parametrů, jejichž tolerance se pohybuje okolo 1 μm. Pro zajištění této stability je klíčová kvalitní tavící pec a přesný bezkontaktní měřák průměru, který je ve zpětné vazbě se systémem navíjení (Obr. 1). Aby vlákno nepraskalo, je okamžitě po opuštění tavící pece pokrýváno hydrofobním polymerem (silikonovým, akrylátovým, polyimidovým aj.) Nejedná se tedy o výrobu, kterou ve sklářské komunitě představují skleněná vlákna z Vertexu [6], ale o zcela odlišnou technologii.



Obr. 1 Schema zařízení pro tažení optického vlákna

Výzkumných pracovišť, kde se připravují stovky metrů až jednotky kilometrů speciálních vláken, je po světě asi 30, výrobních závodů o minimální kapacitě 106 km/rok je výrazně více. Těmito technologiemi se vybavují ekonomicky nejvyspělejší země světa a Česko je rozvíjí díky dědictví z dob, kdy byl Prof. Staněk prezidentem ICG. Do oblasti sklářství však obor optických vláken zapadá jen jednou ze svých částí; většina výsledků je dnes spojena s rozvojem v oblastech optoelektroniky, fotoniky a laserové fyziky.

Křemenné sklo a optické vlákno jako pasivní optické prvky

Křemenné optické sklo je velmi vhodné pro pasivní přenos světla. To znamená, že slouží jako optický prvek (okno, čočka, vlákno, svazek) pro přenos světla od nezávislého zdroje světla nebo obrazu do místa jeho zpracování (oko, detektor, CCD, kamera aj.) Žádný nový optický jev (informace) přitom nevzniká. Takovým příkladem mohou být optická vlákna pro telekomunikace, kdy na začátku do vlákna vstupuje digitalizovaný datový tok a na konci je optoelektronicky nebo opticky zpracováván. S touto praktickou záležitostí mají všichni každodenní zkušenost při telefonování, platbě kartou aj. Ani při používání mobilního telefonu

se jí nevyhnou, neboť mikrovlnné signály z mobilní sítě jsou transformovány do optiky (optické sítě) a na výstupní straně následuje opačný proces. Podobně je tomu třeba v případě vláknových svazků, které slouží k přenosu obrazu v podobě matice bodů, jako např. v mikroskopii, endoskopii a řadě dalších aplikací interní medicíny. Výhodou svazků z křemenného skla oproti těm z měkkých optických skel nebo plastů jsou nižší optické ztráty (lepší kvalita obrazu), použitelnost i v ultrafialové části spektra (např. při fotodynamické diagnóze či terapii) a možnost implementace výkonných laserových terapeutických nástrojů společně se zobrazovacími nástroji v jednom svazku, které by méně odolné materiály zničily.

Křemenné sklo a optické vlákno jako aktivní optické prvky

Křemenné sklo však může představovat také aktivní optický prvek (aktivní prostředí zesilovačů, laserů, sensorů), který světlo (informaci) nejen přenáší, ale generuje. Je-li křemenné sklo tvářeno ve formě vlákna, jedná se pak o vláknové zesilovače, vláknové lasery, vláknové zdroje zesílené spontánní emise – ASE aj. Pro tyto aplikace musí být křemenná vlákna nějakým způsobem modifikována – strukturou (tvarem) nebo chemickým složením. Aby mohlo být křemenné sklo použito pro zesilovač nebo laser jako aktivní prostředí, musí být dopováno prvky vzácných zemin (případně oxidem vizmutu). Takto modifikovaná vlákna jsou pak srdcem vláknových laserů a zesilovačů, jejichž předností je efektivní čerpání, stabilita, dobré chlazení, laditelnost, vysoká účinnost (až 70-80 %), kvalitní nerozbíhavý svazek o stopě několika mikrometrů aj. Oproti vláknům z měkkých optických skel nebo plastů mají křemenná optická vlákna nižší optické ztráty, což umožňuje dosažení vysokého jasů zdroje - optické výkony se pohybují až okolo 100 kW. To při stopě paprsku v jednotkách mikrometrů představuje hustotu energie až 12,7 GW/m², tedy asi 200x větší než na povrchu slunce, tedy výkon srovnatelný s nejvýkonnějšími laserovými soustavami na světě jako třeba ELI Beamlines v Dolních Břežanech. Předností vláken z různých měkkých optických skel je na druhé straně variabilita spektrálního rozsahu propustnosti; na jejich základě tedy mohou pracovat např. (vláknové) lasery na vlnové délce 2,9 μm (Er³⁺ dopované) nebo okolo 4-5 μm (Ho³⁺ nebo Dy³⁺ dopované).

Křemenná optická vlákna dopovaná prvky vzácných zemin představují speciální oblast v oboru optických vláken. Nejen pro svoje specifické využití, ale především pro dosti komplikovanou technologii přípravy, která se v současné době globálně stále rozvíjí. Pevná síť čistého křemenného skla totiž minimálně absorbuje cizí prvky (ionty), tedy i ionty vzácných zemin, které jsou zásadní pro zesílenou stimulovanou emisi světla. Podle [1] již při obsahu 200 ppm vzácných zemin v křemenném skle dochází k fázové separaci resp. krystalizaci, která je spojena s enormním nárůstem optických ztrát materiálu. Pro dosažení žádoucího vyššího obsahu vzácných zemin, a tedy i silnější emise, byla vypracována řada modifikací složení materiálu (matrice křemenného skla), kterým nahrává vysoká rychlost zchlazení skla při přípravě preforem i tažení vláken. Výchozí kodopování oxidem germaničitým [7], běžně používaným pro modifikaci indexu lomu optických vláken, nebylo příliš úspěšné vzhledem k podobnosti oxidů křemíku a germania. Podstatně úspěšnější bylo kodopování oxidem fosforečným [8], který vzhledem k možnosti štěpení dvojné vazby výrazně kompenzuje kladné pole iontů vzácných zemin a tudíž vede k lepšímu rozpouštění zejména iontů erbia, emitujících na 1,5 μm. Avšak při dopování křemenné matrice ionty thulia nebo holmia, emitujícími na vlnové délce 1,8 – 2,0 μm, tento způsob vedl naopak k nežádoucímu zhášení emise. Proto byla škála ko-dopantů rozšířena o oxid hlinitý, který se může ve skle vyskytovat v modifikacích Al₂O₃ a [Al₂O₄]²⁻ a potřebně tedy kompenzovat vliv iontů vzácných zemin. Všechny výchozí látky obsahující hliník se však vyskytují v pevném stavu, což je pro metody CVD využívané k přípravě

preforem velmi problematické. Proto musela být vyvinuta řada nových technologických modifikací, k nimž lze připojit i metodu „nanoparticle-doping“ vyvinutou originálně v Ústavu fotoniky a elektroniky Akademie věd (ÚFE) [9]. Takto připravovaná vlákna jsou pak využívána do vláknových laserů, jejichž studiem se ÚFE následně zabývá.

Závěr

Křemenná optická vlákna jsou velmi specifickou oblastí sklářství či fotoniky. Mohou být využívána jako pasivní optické prvky pro osvětlování a přenos světla (obrazu) stejně tak jako aktivní prvky, v nichž světlo vzniká. Jejich výzkum je stále aktuální záležitostí a s periodou asi 10-15 let dochází vždy ke kvalitativnímu posunu v jejich vývoji (telekomunikační vlákna, aktivní vlákna pro lasery, fotonická dutá vlákna ...). Tradice v této oblasti založená před 45 lety, v roce 1979 ve Společné laboratoři silikátů VŠCHT a ČSAV, je i nadále rozvíjena v Ústavu Fotoniky a elektroniky AVČR [10] se současným zaměřením na globální rozvoj speciálních vláken pro vláknové lasery.

Literatura

- [1] MAZURIN, O.V, STRELCINA M.V., SCHVAJKO-SCHVAJKOVSKAYA, Svojstva stekol.
- [2] FANDERLIK, I., Křemenné sklo a jeho využití v praxi,, SNTL, Praha, 1985.
- [3] www.heraeus.de
- [4] NAGEL, S.R., MacCHESNEY, J.B., WALKER, K.L., IEEE J. Quantum. El. Q-17, 1982, 459-476.
- [5] MILLER, S.E., CHYNOWETH, A.G., Optical fiber telecommunications, Academic Press, Orlando, 1979
- [6] ŠIMŮNEK M, Sklář a keramik, 74, 2024, 98-104
- [7] AINSLIE, B.J., CRAIGH, S.P., DAVEY, S.T., WAKEFIELD, B., Mat. Lett. 6, 1988, 139-144.
- [8] CARTER, A.L.G., POOLE, S.B., SCEATS, M.G., Electron. Lett. 21,1992, 2009-2010.
- [9] PODRAZKY, O., KASIK, I, POSPISILOVA, M., MATEJEC, V., IEEE LEOS Annual Meeting Conf. Proc. 1-2, 2007, 246-247.
- [10] www.ufe.cz/cs/tym/vlaknove-lasery-nelinearni-optika

Anotace

Optická vlákna jsou jedinečným prostředkem pro přenos a zdroje světla – záření. Jsou-li z křemenného optického skla, nacházejí díky svým unikátním vlastnostem využití v široké oblasti optických, optoelektronických a fotonických aplikací, jako jsou telekomunikace, vláknové zesilovače, vláknové lasery a sensory. Rozvoj technologií přípravy speciálních optických vláken je stále aktuálním globálním tématem.

Summary

DATA EVALUATION IN GLASS INDUSTRY

Optical fibres represent unique tool for transmission and generation of light. The silica-based ones are widely used in number of optical, opto-electronic and photonic applications thanks to their excellent properties. Telecommunications, fibre lasers and fibre sensors may serve as examples of such applications. Progress of technology of specialty fibre production is currently a hot spot of global research interest.

Dr. Ing. Ivan Kašík, Ústav fotoniky a elektroniky AVČR, Chaberská 57, 182 51, e-mail: kasik@ufe.cz, tel.: +420 220 922 391

Využití principů optické výroby

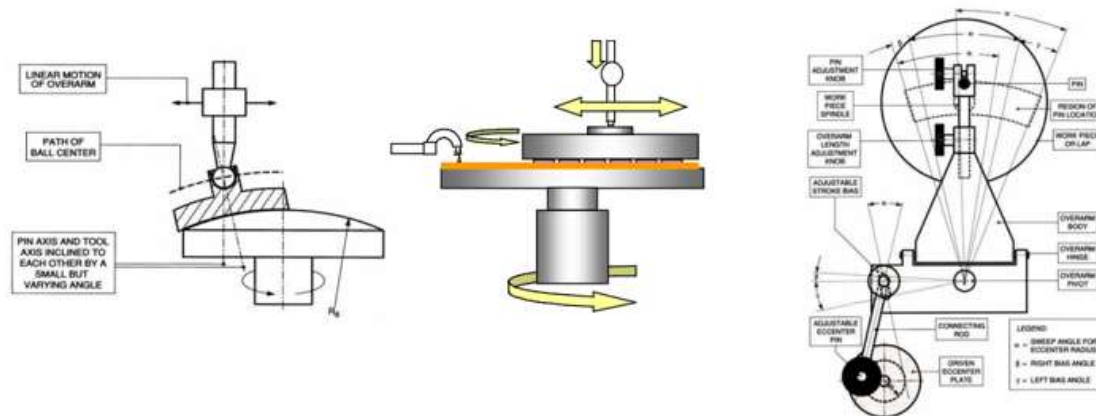
Jaroslav Polák

Úvod

V našem příspěvku představíme využití principů výroby optických prvků adaptovaných pro realizaci kusové a malosériové výroby technických a designových skleněných výrobků vysoké kvality.

Principy optické výroby

Oblast výroby přesné optiky, určené např. pro astronomické účely, představuje jednu z nejnáročnějších oblastí. Pro správnou funkci optických prvků je nutné dosáhnout velmi přesného tvaru, zároveň dodržet požadavky na drsnost povrchu, minimalizovat výskyt kosmetických defektů a v neposlední řadě dodržet geometrické parametry výrobků. Proces leštění je obecně komplikovaný, i v současné době obtížně kontrolovatelný, do kterého je zapojena celá řada fyzikálních mechanismů¹. V uplynulých staletích se podařilo optimalizovat technologii využívající náhodný pohyb lidské ruky, automatizovaný jednoduchými excentrickými mechanismy (resp. realizující pseudonáhodný pohyb napodobující stochastický pohyb), který generuje homogenní optický povrch. Ve spojení s neustálým měřením tvaru během procesu výroby se daří dosahovat fantastických přesností optických prvků. Klasická optická technologie využívá typicky relativně velkého nástroje pohybujícího se po optickém elementu (případně obráceně) a je využívána pro objekty s nepříliš složitým tvarem (plochy blízké se sférickému povrchu – paraboloidy, hyperboloidy).



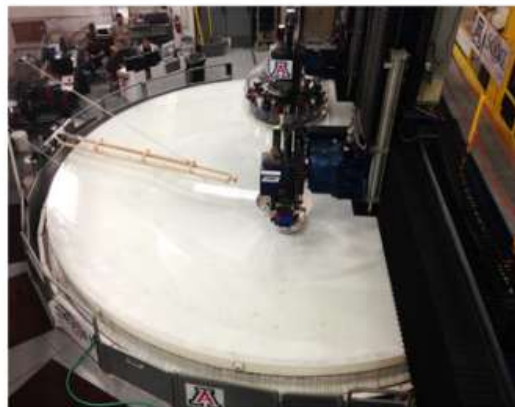
Obr. 1 Principy klasické optické výroby – kredit: Strasbaugh.com, Polishing and Grinding on Strasbaugh Overarm Machines

V posledních dekádách se technologie leštění přesné optiky posouvá k výrobě stále komplikovanějších tvarů (asférické čočky, free-form optické plochy), kdy je používáno nástrojů výrazně menších, než je velikost vyráběné optiky, které se v řadě případů přizpůsobují lokálně proměnné křivosti obrobku. Zhruba od sedmdesátých let se astro-optickému průmyslu daří technologie robotizovat, průkopníkem byla tehdejší firma Perkin-Elmer s technologií výroby optiky pro v kosmu umístěnou optiku průměru kolem 2,5m - Hubbleův vesmírný dalekohled

nebo špiónážní satelity KH (pozn.: Proces leštění primárního zrcadla Hubbleova dalekohledu byl z výrobního hlediska bezchybný a precizní, problém byl v chybné referenční optice, vůči které byl tvar povrch vyráběného zrcadla měřen.⁶). Technologie robotizace výroby se stále vyvíjí, je úspěšně nasazována ať už pro výrobu extrémně velkých astronomických prvků nebo průmyslově vyráběné asférické optiky. Postupně můžeme sledovat snahu o nasazení průmyslových robotů do procesu výroby. A to jak pro nástroje s vázaným zrnem, tak i pro nástroje využitím volného zrna. V případě robotizace výroby přesných optických prvků je velkou výzvou definování dráhy nástroje, opakujícím se dráha nástroje (např. rastr, spirála,...) může snadno vést ke vzniku parazitních struktur na povrchu optiky (tzv. Mid Spatial-Frequencies – MSF) ^{5,6,7}.



a)



b)



c)



> Active Fluid Jet Polishing (A-FJP)



> Advanced Wheel Polishing Tool (A-WPT)

d)

Obr. 2 Příklady robotizovaných optických technologií a vývoje technologie

a) rok 1979, The Perkin-Elmer Corporation, USA – počítačem řízená lešticí hlava (CCP)²

b) rok 2013, University of Arizona, USA – leštění 8.4m zrcadla pro Large Synoptic Survey Telescope³

c) rok 2008, HTW Aalen & TU Ilmenau, NNěmecko – průmyslový robot ABB využitý k leštění⁴

d) kredit: OPTOTECH GmbH – příklady různých nástrojů na průmyslových CNC strojích firmy OPTOTECH určených pro optickou výrobu (<https://www.optotech.net/en/company/technologies>)

Proč by nás měla zajímat optická výroba

V oblasti realizací technických nebo uměleckých skleněných výrobků není zdaleka nutné dosahovat sub-mikrometrové tvarové přesnosti jako v oblasti astronomické optiky. Naše výrobky jsou navíc tvarově výrazně složitější. Nicméně z hlediska výskytu defektů nebo homogenity leštěného povrchu se požadavky u náročnějších zakázek blíží optickým požadavkům. Zkušenost firmy POLPUR ukazuje, že je možné velmi výhodně adaptovat technologii optické výroby pro produkci technických a uměleckých objektů. Vzhledem k tomu, že není nutné dosahovat takové tvarové přesnosti, není třeba technologický proces přesně regulovat a lze ho relativně snadno automatizovat. Obrovskou výhodou přináší principy pseudonáhodného pohybu nástrojů generující homogenní povrchy. Výsledkem dobře adaptované optické technologie je homogenní broušený/leštěný povrch bez defektů.

V rámci našeho příspěvku představíme příklad výroby uměleckého objektivu – mísy OPULENS, která vznikla ve spolupráci firmy POLPUR a Střední uměleckoprůmyslové školy a VOŠ Turnov. V rámci této spolupráce jsme studenty seznámili s celou řadou technologií, včetně CNC opracování. Studenti vytvořili soutěžní návrhy, vítězný návrh studentky Emmy Kuncové, pod vedením Pavlína Končické, byl realizován firmou POLPUR i se zapojením studentky do výrobních a vývojových prací.

Proces využívá CNC předopracování polotovaru na adaptovaném CNC stroji a poté jsou pro broušení a leštění studentkou navržených tvarů využity modifikované stroje pro optickou výrobu.



a)



b)



c)



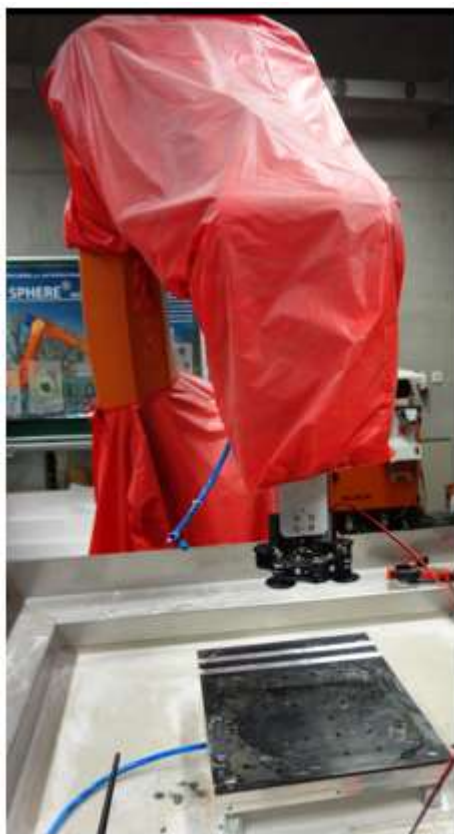
d)

Obr. 3 Mísa OPULENS – umělecký objekt realizovaný firmou POLPUR ve spolupráci se SUPŠ a VOŠ Turnov

- a) předopracování polotovaru na adaptovaném CNC stroji
- b) poloautomatické broušení na adaptovaném klasickém optickém stroji,
- c) automatické leštění
- d) výsledný designový objekt

Robotizace výroby

V rámci vývojových prací, ve spolupráci s katedrou sklářských strojů a robotiky FS TUL a fakultou mechatroniky, probíhají v současné době vývojové práce s cílem robotizovat kusovou a malosériovou výrobu skleněných objektů. I v tomto případě jsou technologie optické výroby silnou inspirací a nástroje různých konstrukcí jsou optimalizovány jak pro pohyb pomocí CNC přístupu nebo pomocí průmyslových robotů. Způsob pohybu a řízení kinematiky je v případě těchto technologií rozdílný a přináší různé výhody a výzvy. V rámci našeho příspěvku krátce představíme rozdíly mezi těmito přístupy. Cílem společných vývojových prací je vyvinout efektivní technologie, které umožní opracovávat náročné, rozměrné skleněné objekty s kvalitou povrchu blížící se optickým požadavkům.



Obr. 4 Robotické rameno KUKA na pracovišti TUL v rámci testování různých nástrojů.

Literatura

1. Evans, C. J., E. Paul, D. Dornfeld, D. A. Lucca, G. Byrne, M. Tricard, F. Klocke, O. Dambon, and B. A. Mullany. "Material Removal Mechanisms in Lapping and Polishing." *CIRP Annals* 52, no. 2 (2003): 611-633. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60207-8](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60207-8).
2. Jones, Robert A. "Grinding and Polishing with Small Tools Under Computer Control." *Optical Engineering* 18, no. 4 (August 1, 1979): 184390. <https://doi.org/10.1117/12.7972392>.

3. Kim, Dae Wook, Hubert M. Martin, and James H. Burge. "Optical Surfacing Process Optimization Using Parametric Smoothing Model for Mid-to-High Spatial Frequency Error Control." In Proc. SPIE 8884, Optifab 2013, 88840B (October 15, 2013). <https://doi.org/10.1117/12.2028816>.
4. Kelm, Andreas, Rainer Boerret, and Stefan Sinzinger. "Modeling of the Polishing Process for Aspheric Optics." In Proc. SPIE 7102, Optical Fabrication, Testing, and Metrology III, 71020H (September 25, 2008). <https://doi.org/10.1117/12.796388>.
5. Burge, James H., Dae Wook Kim, and Hubert M. Martin. "Process Optimization for Polishing Large Aspheric Mirrors." In Proc. SPIE 9151, Advances in Optical and Mechanical Technologies for Telescopes and Instrumentation, 91512R (July 28, 2014). <https://doi.org/10.1117/12.2057727>.
6. Dunn, Christina R., and David D. Walker. "Pseudo-random Tool Paths for CNC Sub-aperture Polishing and Other Applications." Optics Express 16 (2008): 18942-18949.
7. Yu, G., H. Li, and D. Walker. "Removal of Mid Spatial-Frequency Features in Mirror Segments." Journal of the European Optical Society - Rapid Publications 6 (September 2011). https://www.jeos.org/index.php/jeos_rp/article/view/11044. Accessed August 22, 2024. <https://doi.org/10.2971/jeos.2011.11044>.
8. The Hubble Space Telescope optical systems failure report: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19910003124>

Anotace

V našem příspěvku představíme využití principů výroby optických prvků adaptovaných pro realizaci kusové a malosériové výroby technických a designových skleněných výrobků vysoké kvality. Představíme základní principy technologií i probíhající práce na robotizaci výroby. Tato práce byla podpořena z operačního programu Ministerstva průmyslu a obchodu ČR/EU: Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost – Aplikace, v rámci projektu „Flexibilní technologie robotického broušení a leštění velkoformátových skleněných objektů komplexních tvarů“.



**Spolufinancováno
Evropskou unií**



**MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU**

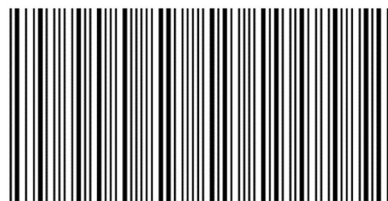
Bc. Jaroslav Polák, POLPUR spol. s r.o., Kudrnáčova 1287, 511 01 Turnov, e-mail: polak@polpur.cz, tel.: +420 608 556 884,

Bc. Ondřej Brustmann, POLPUR spol. s r.o., Kudrnáčova 1287, 511 01 Turnov, e-mail: O.Brustmann@polpur.cz, tel.: +420 481 311 581

[illegible]

Název	Sborník abstraktů I. konference Světlo a sklo – osvětlovací a optické sklo
Autoři	Kolektiv autorů (obsah)
Editor	Marie Stará
Vydavatel	Vydavatelství ČSS, s.r.o., Sportovní 554, 468 41 Tanvald
Vyšlo	v září 2024
Počet stran	70
Vydání	1.
Tiskárna	TUL Polygrafie, Studentská 2, 461 17 Liberec, ČR
ISBN:	978-80-904044-7-2

Tato publikace neprošla redakční ani jazykovou úpravou.



9788090404472