

# Věda a praxe: špičkové lasery z centra HiLASE pro využití v průmyslu

Centrum HiLASE, součást Fyzikálního ústavu Akademie věd ČR, sídlící v Dolních Břežanech, je výzkumné středisko zaměřené na oblast průmyslového využití laserového záření. Centrum vyvíjí novou generaci vysoce výkonných diodových čerpaných polovodičových laserů a současně tyto jedinečné laserové zdroje využívá v mnoha různých průmyslových úlohách. Mezi nejslibnější patří metoda zpevňování povrchu materiálů vyklepáváním (LSP, *Laser Shock Peening*), laserové mikroobrábění, výroba funkčních povrchů nebo testování poškození materiálů laserovým zářením. Superlaser Bivoj s průměrným výkonem 1 kW je ve své třídě světovým rekordmanem. Kompaktní pikosekundové lasery Perla jsou zdrojem vysoce výkonného laserového záření v pásmu od středního infračerveného světla po vzdálené ultrafialové záření.

## Superlaser Bivoj

Na konci roku 2016 byl v centru HiLASE poprvé úspěšně spuštěn laserový systém na bázi Yb:YAG v kryogenních deskových zesilovačích nazvaný Bivoj (obr. 1). Laser dosáhl energie 105 J v pulzu trvající 10 ns při opakovací frekvenci 10 Hz na vlnové délce 1 029,5 nm. Tím se Bivoj stal prvním pulzním vysokoenergetickým pevnolátkovým diodově buzeným laserem na světě, který dosáhl průměrného výkonu 1 kW.

Pro takto výkonný laser je třeba vyvinout množství dalších špičkových optických prvků, jako jsou optické izolátory pro vysoké výkony nebo adaptivní optika – spuštěním laseru tedy vývoj nekončí, spíše začíná.

Vysoce výkonné pulzní lasery jako Bivoj nacházejí využití v mnoha komerčních i vědeckých úlohách, jako je např. mikroobrábění povrchů, vytvrzování mechanických součástek laserem generovanou rázovou vlnou nebo buzení petawattových laserů s femtosekundovými pulzy a extrémně vysokými intenzitami, které se dále používají ke generování sekundárního záření (např. záření gama) nebo částic (elektronů, protonů a iontů). Další možné využití je v medicíně pro nové léčebné metody, v rentgenografii s vysokým rozlišením nebo v průmyslu či v bezpečnostním sektoru.

## Tenkodiskové lasery a nelineární optika

Dalšími laserovými zdroji, které HiLASE provozuje, jsou výkonné pikosekundové tenkodiskové lasery s vlnovou délkou 1 030 nm založené na platformě zvané Perla (tab. 1). Pomocí nelineární konverze mohou pokrýt rozsah vlnových délek od hluboké ultrafialové oblasti s vlnovou délkou kolem 200 nm po střední infračervenou oblast s vlnovou

mi délkami nad 3  $\mu\text{m}$ , čímž se z nich stávají všestranné nástroje použitelné v mnoha průmyslových, biomedicínských nebo vědeckých úlohách. Například umožňují vrtat velmi přesné otvory malého průměru do různých materiálů, zlepšit a zpřesnit technologické po-



Obr. 1. Pulzní laser Bivoj na bázi Yb:YAG v kryogenních deskových zesilovačích (<https://youtu.be/MrXbjUhrO3o>)

stupy při výrobě polovodičových součástek a displejů, vytvářet antibakteriální povrchy a mnoho dalšího.

Vývojem těchto laserů se centrum HiLASE zabývá od roku 2012.

Nejprogresivnější z nich je v současné době Perla C, využívající jako aktivní médium Yb:YAG. Laser je jednoduše škálovatelný pro výkony od několika málo wattů po 1 kW, s energií v pulzech až 100 mJ na vlnové délce 1 030 nm.

Typická délka laserových pulzů systému Perla je menší než 2 ps, ale zkoumají se rovněž kompaktní femtosekundové systémy. Nyní probíhá také vývoj laseru Perla D s aktivním prostředím dopovaným holmiem, který svítí na vlnové délce 2,1  $\mu\text{m}$ .

V oboru nelineární konverze výzkumníci z centra vyvinuli a provozují systémy pro 2.,

3., 4. a 5. harmonickou frekvenci (kratší vlnové délky). Konverze do větších vlnových délek je založena na optické parametrické generaci a zesilování. Dohromady mají tyto složité systémy velmi široký spektrální rozsah mezi 206 nm a 3  $\mu\text{m}$  a využívají se jako vynikající nástroje v mnoha průmyslových úlohách.

## Užití pulzních laserů v průmyslové praxi

Centrum HiLASE se podle potřeb koncových uživatelů zaměřuje na vývoj a optimalizaci nových a inovativních procesů v oblasti efektivního laserového mikroobrábění, zpevňování a úprav povrchu nebo určování prahu poškození materiálů způsobeného laserem. Pro to jsou vyvíjeny experimentální stanice propojené s laserovými systémy. Využívají se při tom nejmodernější metody v oblastech diagnostiky, robotiky, tvarování laserových paprsků a manipulační techniky.

## Mikroobrábění

Mikroobrábění laserem patří mezi nejslibnější laserové technologie. Jde o výrobu funkčních malých, ale i velkoplošných povrchů, řezání, vrtání, značení apod. Účinnost, a především výsledná kvalita

přesahují běžné průmyslové metody zpracování.

Centrum HiLASE pracuje na vývoji efektivních mikroobráběcích technologií několikařádkového obrábění, rozmítání a tvarování svazku. Laserové systémy pokrývají širokou škálu parametrů: od ultrafialového po infračervené světlo s časovou délkou pulzu od nanosekund až po jednotky pikosekund a s opakovací frekvencí od jednoho pulzu po 100 kHz.

Cílem je rychle a efektivně obrábět funkční mikro- a nanostruktury a vytvářet tak funkční povrchy nacházející uplatnění v mnoha rozličných průmyslových oblastech – v leteckém průmyslu (hydrofobní povrchy a povrchy odolné proti tvorbě námrazy), v automobilovém průmyslu (samočistící povrchy, korozivzdorné povrchy, povrchy

Tab. 1. Laserové zdroje v centru HiLASE – základní výkonové parametry

Typ	Bivoj	Perla A	Perla B	Perla C	Perla D	Perla 100
Parametry	100 J, 2 až 10 ns, 10 Hz, 1 kW	přes 1 J, do 10 ps, 100 (500 Hz)	10 kHz burst, 1 až 2 ps, 0,05 až 1 MHz, přes 1 kW	0,3 až 2 ps, 0,05 až 1 MHz, přes 1 kW	100 mJ až 1 J, 1 až 10 kHz, 1 kW	1 mJ, do 2 ps, 100 kHz, 100 W

s malým třením), ve zdravotnictví (antibakteriální a biokompatibilní povrchy) a spouště dalších. Například je možné vytvářet superhydrofobní povrchy s kontaktními úhly dosahujícími téměř 180° na povrchích korozivzdorné oceli, invaru a wolframu. Odborný článek o této speciální povrchové úpravě zájemci najdou na <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/20/4676>; videoukázka je na [https://youtu.be/0H2O\\_3hpj9E](https://youtu.be/0H2O_3hpj9E) (obr. 2).

Díky parametrům laserů vyvíjených v centru HiLASE je možné tyto techniky aplikovat na povrchy součástí nejen s požadovanou přesností, ale i s dostatečnou rychlostí zajímavou pro průmyslovou výrobu. V řadě vyvíjených postupů není centrum první na světě, ale zato se mu podařilo zkrátit čas opracování plochy několika centimetrů čtverečních z minut či hodin na sekundy.

### Měření prahu poškození způsobeného laserem

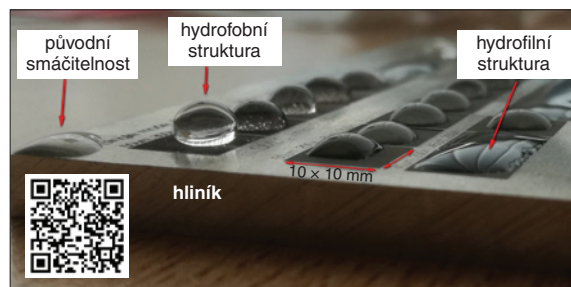
Základní součástí vývoje nové generace laserů s vysokou intenzitou a jejich spolehlivého využití v průmyslu je určení prahu poškození optických komponent způsobeného laserem (LIDT – *Laser Induced Damage Threshold*; obr. 3). Cílem výzkumu je vyvinout metodiku pro měření LIDT v podmínkách panujících v paprscích laserů vyvíjených v centru HiLASE a přispět k porozumění komplexním mechanismům vyvolávajícím poškození na optických součástech. K tomu účelu je navrhováno a ověřováno zařízení vhodné k měření LIDT podle doporučení v normách ISO 21254 (*Lasers and laser-related equipment – Test methods for laser-induced damage threshold*) pro komponenty namáhané nanosekundovými a pikosekundovými laserovými pulzy s vlnovými délkami od ultrafialové až ke střední infračervené oblasti. Vyvíjená měřicí stanice je schopná testovat vzorky různých tvarů až do hmotnosti 2 kg a rozměrů 100 × 100 × 100 mm s různou velikostí laserového paprsku a pod úhly dopadu v rozsahu 0 až 60°.

Pro sledování poškození se používají dvě metody in situ: sledování rozptýleného světla z povrchu vzorku a sledování povrchu vzorku rychlou kamerou s mikroskopovým objektivem. Těmito metodami detekce lze přesně určit okamžik výskytu poškození a průběžně sledovat ozařovaný povrch vzorku pro určení prekurzorů poškození. K charakterizaci post mortem se využívá laserový skenovací konfokální mikroskop, kterým je možné rekonstruovat 3D snímek jakéhokoliv kráteru nebo poško-

zení na povrchu vzorku s laterálním rozlišením okolo 100 nm a rozlišením v ose Z přibližně 1 nm.

### Vytvrzování povrchu laserem – LSP

V centru HiLASE je vyvíjena metoda povrchového zpracování nazvaná *Laser Shock Peening* (LSP), která prodlužuje životnost kovových součástek.



Obr. 2. Hydrofilní a hydrofobní povrchy vytvořené laserovým mikroobráběním



Obr. 3. Určení prahu poškození optických komponent způsobeného laserem (video je na <https://fb.watch/30Y-QZhMnYb/>)

*Peening*, naklepávání, obecně označuje technologii, kde je povrch součásti vytvrzován nárazem. Nejde o novou metodu, v moderním průmyslu se nejčastěji používá kuličkování, tj. otrýskávání součástí kuličkami nebo jinými tvrdými částicemi. V povrchové



Obr. 4. Laserové vyklepávání, LSP, pomáhá omezovat kavitaci korozí (společný projekt HiLASE a Sigma Group)

vrstvě se vytváří zbytkové tlakové napětí, které zabraňuje vzniku a šíření trhlin a zlepšuje mechanické vlastnosti materiálu.

Metoda LSP pro vytvrzování využívá místo kladívka nebo kuliček pulzní laserový sva-

zek. Laserový impuls generuje po dopadu na povrch součásti silnou kompresní rázovou vlnu. Rázová vlna se šíří materiálem a vytváří zbytková tlaková napětí na povrchu materiálu. Kompresní zbytková napětí, která vznikají při LSP, jsou ve srovnání s klasickými metodami (kuličkováním) zpravidla až desetkrát hlubší, a tedy i efektivněji zvyšují odolnost proti poruchám, jako jsou např. korozní praskání nebo kavitace. LSP lze použít na slitiny titanu, niklu a hliníku, na korozivzdornou ocel i na jiné kovy a jejich slitiny.

Centrum HiLASE má vlastní stanici pro LSP. Jako laserový zdroj je použit diodově čerpaný pevnolátkový laser Perla C. Stanice je vybavena šestiosým robotickým ramenem Fanuc M-20iA/20M. Robotické rameno má užitečné zatížení 20 kg a opakovatelnost polohování je ±0,08 mm. Aby bylo zajištěno stabilní a spolehlivé opracování materiálu, jsou energetická stabilita a profil laserového paprsku sledovány diagnostickým systémem založeným na CCD kamerách, sondou pro měření energie laseru a kalibrovanou fotodiódou. Laboratoř je vybavena nejmodernějšími zařízeními pro měření zbytkového napětí (Stresstech Prism pro odvrtačací metodu a Rigaku AutoMATE II pro rentgenovou difrakční analýzu).

Videoukázku postupu LSP zájemci najdou na <https://youtu.be/awhLU91-dk>; jde o ošetření čepele čerpadla proti kavitaci korozí (obr. 4). Projekt realizuje centrum HiLASE spolu s firmou Sigma Group. Nyní pracuje na řadě zajímavých projektů, kde se snaží prodloužit životnost různých součástí. Velkou oblastí je zpracování kovových a obráběcích nástrojů a velmi slibně se také jeví 3D tištěné výrobky s potřebou dokončování.

### Krystalizace amorfních nanotrubiček oxidu titaničitého do čisté anatasové fáze

Na závěr uvedu ještě jeden příklad výzkumu, který sice má k průmyslovému využití ještě daleko, ale jeho potenciál je velmi zajímavý. Jde o společný projekt centra HiLASE a Centra materiálů a nanotechnologií Univerzity Pardubice. Výzkumníci dosáhli krystalizace anodických amorfních nanotrubiček TiO<sub>2</sub> (TNT) do čisté anatasové fáze, která je ze všech polymorfů oxidu titaničitého nejefektivnější pro fotokatalytické reakce.

O téměř zázračných vlastnostech oxidu titaničitého jsem se krátce zmínil v prosincovém vydání časopisu *Automa* v článku o řízení výroby titanové běloby ve firmě Precheza (str. 30 a 31, [https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf\\_articles/13318.pdf](https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/13318.pdf)). Schopnost iniciovat fotokatalytické reakce pomáhá odstraňovat znečišťující látky ze vzduchu nebo z povrchových vod a ve spojení s koloidním

střibrem má biocidní účinky, které lze využít např. ve filtrech vzduchotechniky zdravotnických zařízení.

Bylo uvedeno, že nevhodnější fotokatalytické vlastnosti má  $\text{TiO}_2$  v krystalické formě anatasu. Krystalizace byla provedena optimalizovaným žíháním za použití 4. harmonické frekvence (257 nm) laseru Perla-C. Plocha  $1 \text{ cm}^2$  byla žíhána po dobu 14 min a výsledné anatasové vrstvy nevykazují žádné známky deformace nebo tání. Podle literatury pokusy o žíhání nanotrubiček  $\text{TiO}_2$  jinými lasery vedly v oblastech se smíšenými rutilovými a anatasovými fázemi k roztavení a rekystalizaci nebo byla tato vrstva zcela nezměněna (v závislosti na dávce ozařování v daném místě). Bylo zjištěno, že vrstvy TNT žíhané pomocí laseru Perla-C mají nízký potenciál pro vývoj vodíku (důležitá reakce v elektrochemických článcích na bázi vodíku), který je nižší než u vrstvy TNT žíhané v peci, kdy je doba žíhání několik hodin.

Společný příspěvek na toto téma byl nedávno zveřejněn v Open Access časopise Royal Society of Chemistry: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2020/ra/d0ra02929g>.

## Perla 100 dodána zákazníkovi

Centrum HiLASE spolupracuje s průmyslovými podniky na zakázkách, které jsou realizovány v sídle centra v Dolních Břežanech. Lasery na platformě Perla ale mohou být také vyráběny na zakázku a dodávány těm průmyslovým podnikům, které chtějí využívat superlaserové technologie a vyplatí se jim mít vlastní zařízení.

První komerční kompaktní laser Perla 100 optimalizovaný přesně podle potřeb zákazníka byl v červnu 2020 dodán a instalován v jeho laboratořích a následně uveden do provozu.

Perla 100 (obr. 5) je kompaktní laserový systém generující pikosekundové laserové pulzy o energii 1 mJ a opakovací frekvenci 100 kHz. Využívá stejně jako Perla C regenerativní zesilovač na bázi ytterbia, určený k zesilování laserových pulzů z vláknového front endu.

Nedílnou součástí je též řídicí systém, umožňující přesné ovládání a kontrolu celého zařízení (bude popsán v následující kapitole).

Mezi další přednosti se řadí robustní design, zaručující vysokou stabilitu a bezúdržbový provoz. Laserový systém Perla 100 je navržen tak, aby podle požadavků umožňoval flexibilní změnu výstupních parametrů.

## Řídicí systém laserů Perla

Podmínkou pro výběr řídicího systému a jeho vývoj byla možnost použít jej u všech laserů typu Perla, včetně komerčních laserů dodávaných zákazníkům.

Jádrém řídicího systému je softwarové PLC (softPLC) v prostředí TwinCAT 3 běžící na průmyslovém počítači od firmy Beckhoff. TwinCAT 3 PLC podporuje velmi krátké doby cyklů (v řádu mikrosekund) a dovoluje použít vícejádrové procesory. Všechny digitální a analogové signály jsou připojené na



Obr. 5. Perla 100, komerčně dostupný pikosekundový pulzní laserový systém

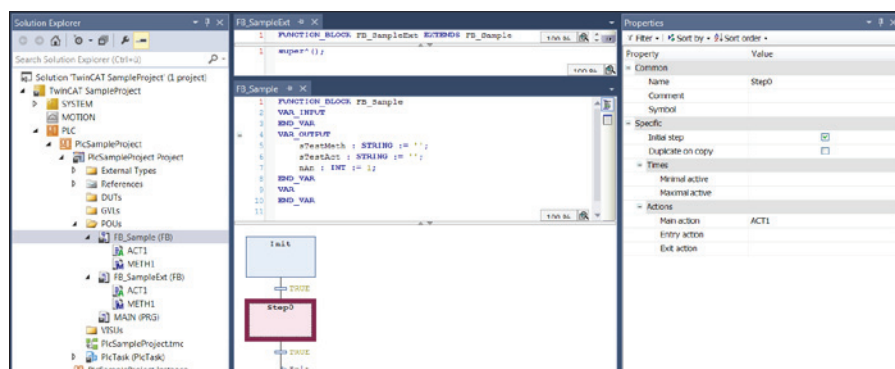
I/O terminály pomocí průmyslové sběrnice EtherCAT pracující v reálném čase, a předávány do softPLC. Komunikaci mezi interními procesy programu PLC zajišťuje rozhraní ADS (Automation Device Specification), které umožňuje výměnu zpráv mezi objekty, takže jednotlivé moduly lze považovat za nezávislá zařízení. Tím je zajištěno, že všechny časově kritické procesy a funkce jsou vykonávány v určeném pořadí a v daném čase. Sběrnice EtherCAT umožňuje vytvářet flexibilní a škálovatelnou topologii. To je vlastnost, která nejenže byla užitečná během vývoje řídicího systému laseru, ale rovněž ji

lo možné v době vývoje realizovat v softPLC. Proto má řídicí systém ještě jednu vrstvu, v níž je využíván systém EPICS. EPICS je otevřená (open source) sada softwarových nástrojů a aplikací, které poskytují softwarovou infrastrukturu pro distribuované řídicí systémy takových zařízení, jako jsou urychlovače částic, velká experimentální zařízení nebo hvězdařské teleskopy. Takové distribuované řídicí systémy typicky zahrnují desítky počítačů, které jsou vzájemně propojeny. EPICS používá ke komunikaci mezi nimi technologii client-server a publish-subscribe. Většina počítačů v systému EPICS obsluhuje lokální I/O a plní lokální řídicí úlohy. Informace o své činnosti publikují klientům s použitím robustních síťových protokolů specifických pro EPICS, s velkou šířkou pásma a soft reálným časem.

Systém EPICS je v tomto případě připojen k PLC prostřednictvím TwinCAT IOC, překladatelského programu, který předává data z protokolů Channel Access a PV Access systému EPICS do rozhraní ADS v TwinCAT 3 PLC a naopak. EPICS umožňuje připojit k řídicímu systému např. archivační modul, obsluhu alarmů nebo rozhraní člověk-stroj (HMI).

Kritickou úlohou laserového systému je časování, které zajišťuje synchronizaci mezi jednotlivými prvky systému. Pro načasování a synchronizaci systému se používají speciální časovací karty od firmy BME Bergmann. Karty podporují šest výstupů s přesně definovaným zpožděním od 50 ns do 429 s v rozlišení 25 ps.

Řídicí software běží na OS Windows a poskytuje přístup ke všem konfiguračním para-



Obr. 6. Laserové systémy Perla jsou řízeny softwarovým PLC v prostředí TwinCAT 3, které běží na průmyslovém počítači Beckhoff

ocení technici zejména při pozdějších úpravách nebo doplňování systému.

TwinCAT 3 PLC řídí vláknový oscilátor, čerpací diodu, předzesilovače, krokové motory, vysokonapětové zdroje pro ovládání Poekelsovy cely, piezoelektrické akční členy, chladiče a další zařízení laserového systému.

Přestože terminály EtherCAT mají mnoho kombinací a variant vstupů a výstupů, bylo by velmi náročné a pravděpodobně neproveditelné připojit všechna laserová a podpůrná zařízení na jedinou sběrnici pracující v reálném čase. Také mnoho softwarových úkolů, např. zpracování a archivace obrazu z kamery, neby-

metrům karty a kalibraci. Zahrnuje také ovladač pro komunikaci s kartou prostřednictvím sběrnice PCI.

To budí trochu obavy do budoucna: sběrnice PCI začíná zastarávat a novější verze počítačů ji už nemusí podporovat. Za unikátní karty BME Bergmann, které využívají právě jen tuto sběrnici, by se však těžko hledala cenově přijatelná náhrada.

Velikost, tvar a poloha laserového paprsku jsou sledovány kamerami od firmy Allied Vision s rozhraním GigE. Získané obrazy jsou automaticky zpracovány modulem areaDetector v systému EPICS. Jeho ovladače ko-

munikují s kamerami a softwarovými pluginy, které se získanými obrazy provádějí různé operace (např. pluginy Image Decimator, Background Subtraction nebo Extended Statistics). Obrázky uvnitř modulu jsou reprezentovány jako objekty a jsou předávány z jednoho pluginu či ovladače do druhého se všemi požadovanými atributy. Většina použitých pluginů je standardních a je třeba je pouze správně nakonfigurovat, jen některé bylo nutné přizpůsobit (což je u open source softwaru snadné) nebo vyvinout od začátku.

Obrázky jsou také ukládány na disk, jako záloha nebo pro pozdější zpracování. Pro testování je možné místo výstupu kamery načíst statický obrázek (TIFF). Nezpracovaný obraz z kamery lze též vidět na HMI pro vizuální kontrolu.

Komerčně dostupné lasery jsou strojní zařízení. Aby mohlo být vydáno prohlášení o shodě a lasery uvedeny na trh, musí splňovat požadavky standardů, zejména z hlediska bezpečnosti. Kromě nebezpečného laserového zdroje systém ještě obsahuje vysokonapěťové zdroje s vodním chlazením nebo čerpací diodu, na níž i po odpojení od napájení může zůstat zbytková energie. To vše je třeba při zpracovávání návrhu bezpečnostního systé-

mu, obsahujícího komponenty od společnosti Pilz, brát v úvahu. Zajištění bezpečnosti není jednoduchá úloha, ale pro uvedení na trh je to nezbytná podmínka.

Celý systém byl navrhován s využitím inženýrského softwaru od firmy Eplan. Protože se nepodařilo najít vhodnou variantu rozváděčových skříní v katalogovém provedení, jsou pro lasery vyráběny speciální skříně ve firmě Del ve Žďáru nad Sázavou.

Unikátní je design skříně pro optickou část laserového systému Perla. Úkolem skříně je zajistit konstantní provozní podmínky a maximální přesnost systému. Proto byla zvolena konstrukce z hliníkových litých desek. V masivní základové desce je vyroben chladičový systém pomocí vrtaných kanálů. Pro možnost optimalizace distribuce tepla má systém tři nezávislé okruhy.

### Závěrem

„DNA laserového centra HiLASE je tvořeno třemi hodnotami: jedinečností, užitečností a důvěryhodností. Proto od členů našeho týmu očekáváme, že budou posouvat hranice technologických možností za současné limity, že budou propojovat svět výzku-

mu a průmyslu a že na této cestě budou pro ostatní spolehlivými partnery. Tyto hodnoty jsou ztělesněny v naší misi: Superlasers for the real world.“ To jsou slova Tomáše Moka, vedoucího centra HiLASE.

HiLASE nabízí své služby ve vývoji laserových technologií, pronajímá laserové systémy externím uživatelům, dodává laserové systémy zákazníkům a zabývá se studiem proveditelnosti laserových zařízení. Dále ověřuje principy laserových technologií a vyvíjí prototypy laserových systémů.

HiLASE není centrum pro základní výzkum. K tomu je určeno laserové centrum ELI Beamlines, sousedící s centrem HiLASE místně i oborově. Myšlenka vybudovat v sousedství centra zabývajícího se základním výzkumem druhé centrum, které se bude starat o využití jeho výsledků, je rozhodně hodná následování.

(S využitím záznamu z exkurze do centra HiLASE, materiálů dostupných na [www.hilase.cz](http://www.hilase.cz), [www.beckhoff.com](http://www.beckhoff.com) a [www.cosylab.com](http://www.cosylab.com). Foto a videa: HiLASE, Fyzikální ústav AV ČR)

Petr Bartošik

### ► Hannover Messe Digital Edition - program konference je zveřejněn

Pořadatelé zveřejnili program virtuální akce Hannover Messe Digital Edition, jež se uskuteční ve dnech 12. až 16. dubna 2021 jako náhrada veletrhu Hannover Messe, který byl letos zrušen. Akce má návštěvníkům poskytnout přehled o aktuálních trendech v průmyslu, energetice a logistice. K programu konference přispějí odborníci z oblasti podnikání, vědy a politiky.

První den přehlídky, 12. dubna, se bude točit kolem politických rozhovorů mezi německou kancléřkou Angelou Merkelovou, dolnosaským předsedou vlády Stephanem Weilem a starostou Hannoveru Belitem Onayem, jakož i německým ministrem hospodářství Peterem Altmaierem a německou ministryní školství a výzkumu Anjou Karliczekovou, která společně

s prezidentem Fraunhoferovy společnosti Reimundem Neugebauerem předá cenu Hermes Award.

Pozornost přiláká také dialog mezi prezidenty tří sdružení, Siegfriedem Russwurmem z BDI, Karlem Haeusgenem z VDMA a Guntherem Kegelem z ZVEI, o obecném ekonomickém výhledu pro německý průmysl.

Od úterý do čtvrtka se pozornost soustředí na témata, která jsou pro Hannover Messe klíčová: od transformace průmyslu, strojového učení, propojených dodavatelských řetězců a lehkých konstrukcí až po cloudová řešení, ochranu životního prostředí, obnovitelné zdroje energie a elektroniku. Technologie založené na datech, jako jsou internet věcí a blockchain, umožňují realizovat nové, na otevřených platformách založené obchodní modely, které propojují zboží, informace a finanční transakce po celém světě. Mezi řečníky patří Michael ten Hompel z Fraunhoferova institutu pro manipulaci s materiály, Toby

Walsh z University of New South Wales nebo Jevgenij Kasperskij, generální ředitel společnosti Kaspersky.

Digitalizace rovněž celkově zefektivňuje energetický systém a otevírá trh s energií pro nové zdroje a obchodní modely. Zejména vodík lze použít jako univerzální nosič energie a médium vhodné k ukládání energie ve všech odvětvích. Díky tomu má být ústředním prvkem pro transformaci německé energetiky. O dalším vývoji v energetickém sektoru budou diskutovat prof. Claudia Kemfertová z Německého institutu pro ekonomický výzkum, Frank Possel-Dölken ze společnosti Phoenix Contact a další odborníci.

V pátek 16. dubna uspořádá Deutsche Messe AG kariérní kongres WomenPower. Program určený ženám zahrnuje společensko-politické otázky i kariérní témata.

Další informace: <https://www.hannovermesse.de/en/hm-digital-edition/>.

(ed)



Předplatné časopisu AUTOMA lze pohodlně sjednat na stránkách [www.automa.cz](http://www.automa.cz)