

# LASEREM EXCITOVANÉ LUMINOFORY

Vojtěch Miller<sup>1</sup> <vojtech.miller@tul.cz>, Jan Kubát<sup>2</sup>, Karel Žídek<sup>1</sup>

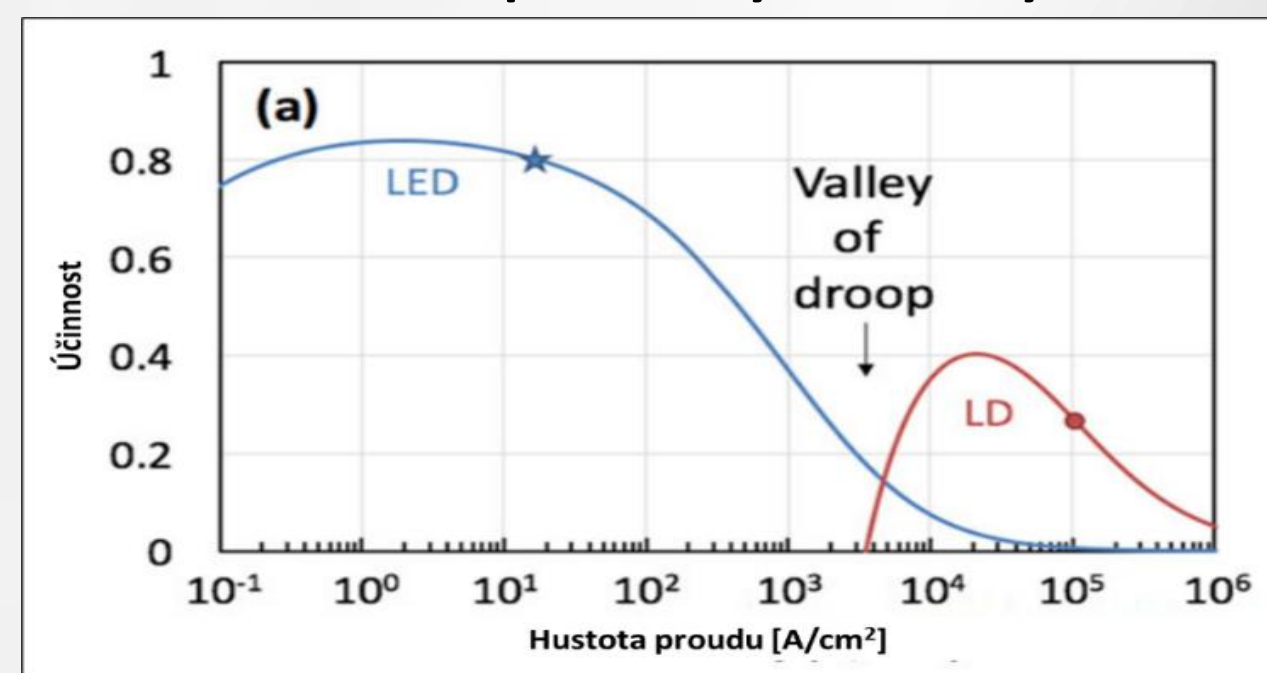
<sup>1</sup>Technická Univerzita v Liberci, Fakulta Mechatroniky, Aplikované vědy v inženýrství; <sup>2</sup>Crytur spol. s r.o., Turnov

## ABSTRAKT

Cílem této práce je charakterizace a optimalizace parametrů monokrystalických a polykrystalických luminoforů z hlediska světelných parametrů. Součástí práce je návrh a sestavení měřicí sestavy pro charakterizaci světelných a výkonových charakteristik. V průběhu práce byly měřeny světelné vlastnosti yttrito a lutecito hlinitých granátů dopovaných ionty  $\text{Ce}^{3+}$  v závislosti na vybraných parametrech, jež byly zkoumány.

## ÚVOD

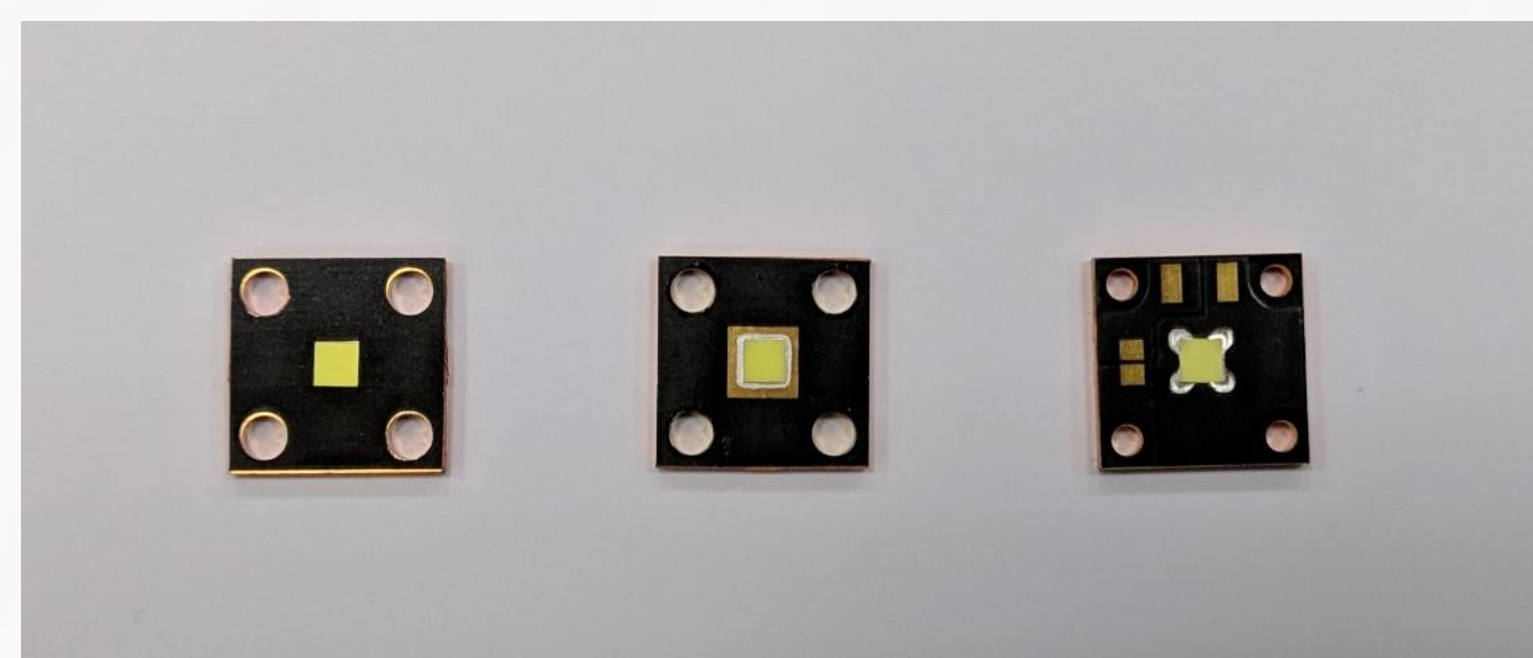
Modré LED mají jedno známé a důležité omezení – pokles účinnosti, který není teplotně závislý tzv. efficiency droop. Tento pokles účinnosti je jev, který odkazuje na pokles EQE – externí kvantové účinnosti – při stoupající proudové hustotě a je závislý na vlastním materiálu diod, jeho čistotě a koncentraci defektů. V současné době nastává pokles účinnosti při hustotách proudu v rozmezí mezi  $10^1$ – $10^2$   $\text{A}/\text{cm}^2$ . Na obrázku níže je vidět, že proudové hustoty LED zasahují napříč několika řády a postupně se zvyšující se proudovou hustotou ztrácí na účinnosti. Oproti tomu proudová hustota LD (laserová dioda) začíná až u vyšších řádů, kde účinnost LD výrazně převyšuje účinnost LED, a dělá je z tohoto důvodu atraktivním řešením pro vysokovýkonné aplikace.



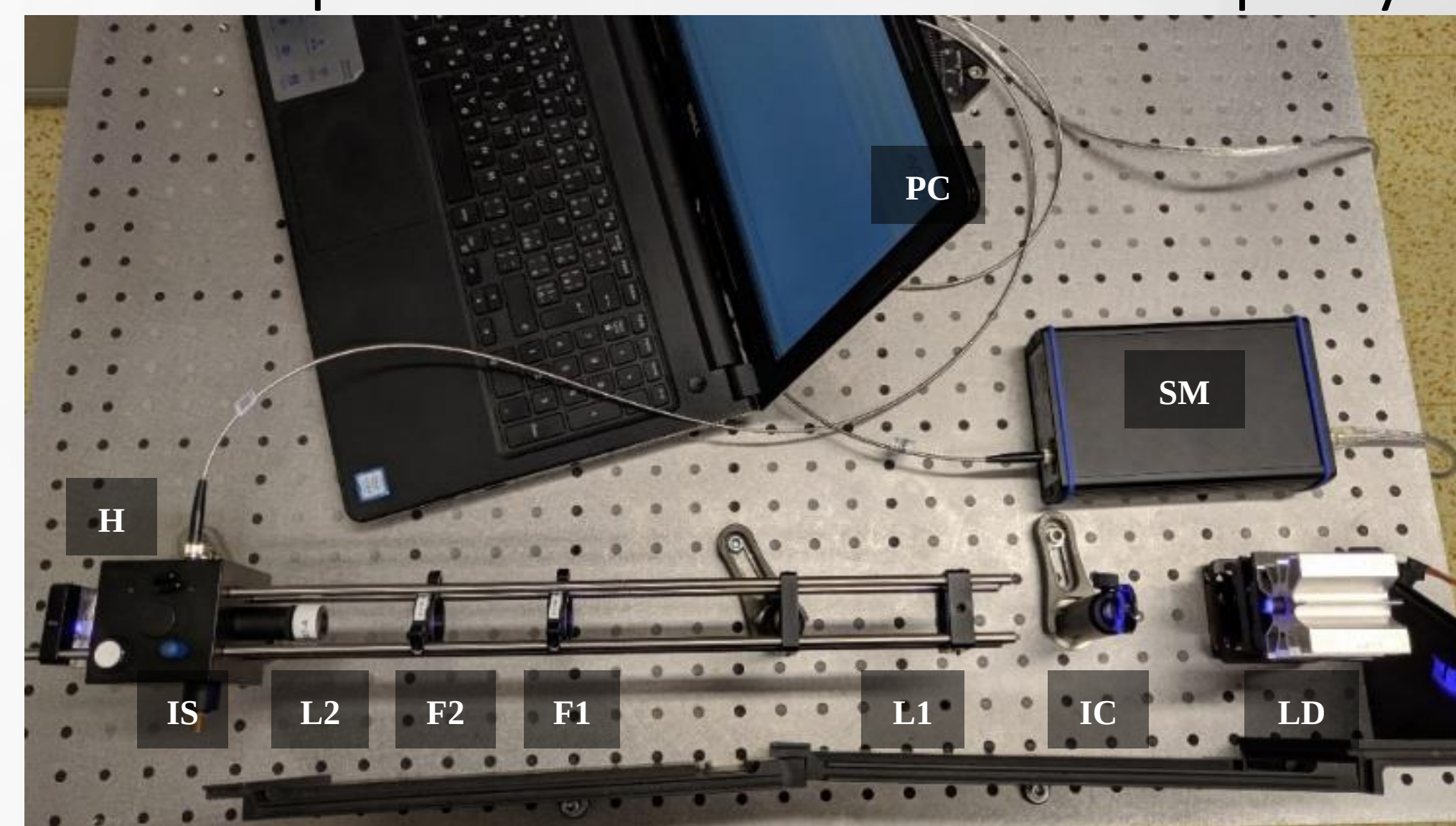
Rozložení účinností LED/LD vzhledem k proudové hustotě

## EXPERIMENT

Na obrázku níže je vidět sestavená měřicí sestava pro vyhodnocování spektroskopických veličin. Zprava je laserová dioda LD Osram PLPT9 450D\_E A01 se zabudovanou soustavou čoček, irisová clona IC, a kolimační čočka L1. Následně svazek prochází dvěma ND filtry (ND 1,0 a ND 1,3) F1 a F2 pro snížení celkové dopadající intenzity. Po zeslabení intenzity paprsek vstupuje do tubusu s fokusační čočkou L2 a následně prochází 2" integrační koulí Thorlabs IS236A-4 IS a dopadá na vzorek H, který je skloněn pod 8°. Na vzorku dochází ke generaci žlutého světla a skládání s modrým světlem do výsledného bílého světla. Většina světla vstupuje do integrační koule, kde dochází k promíchání světla a odvedení optickým vláknem do spektroskopu AvaSpec ULS2048L StarLine SM. Na závěr dochází ke zpracování v PC v softwaru AvaSoft.



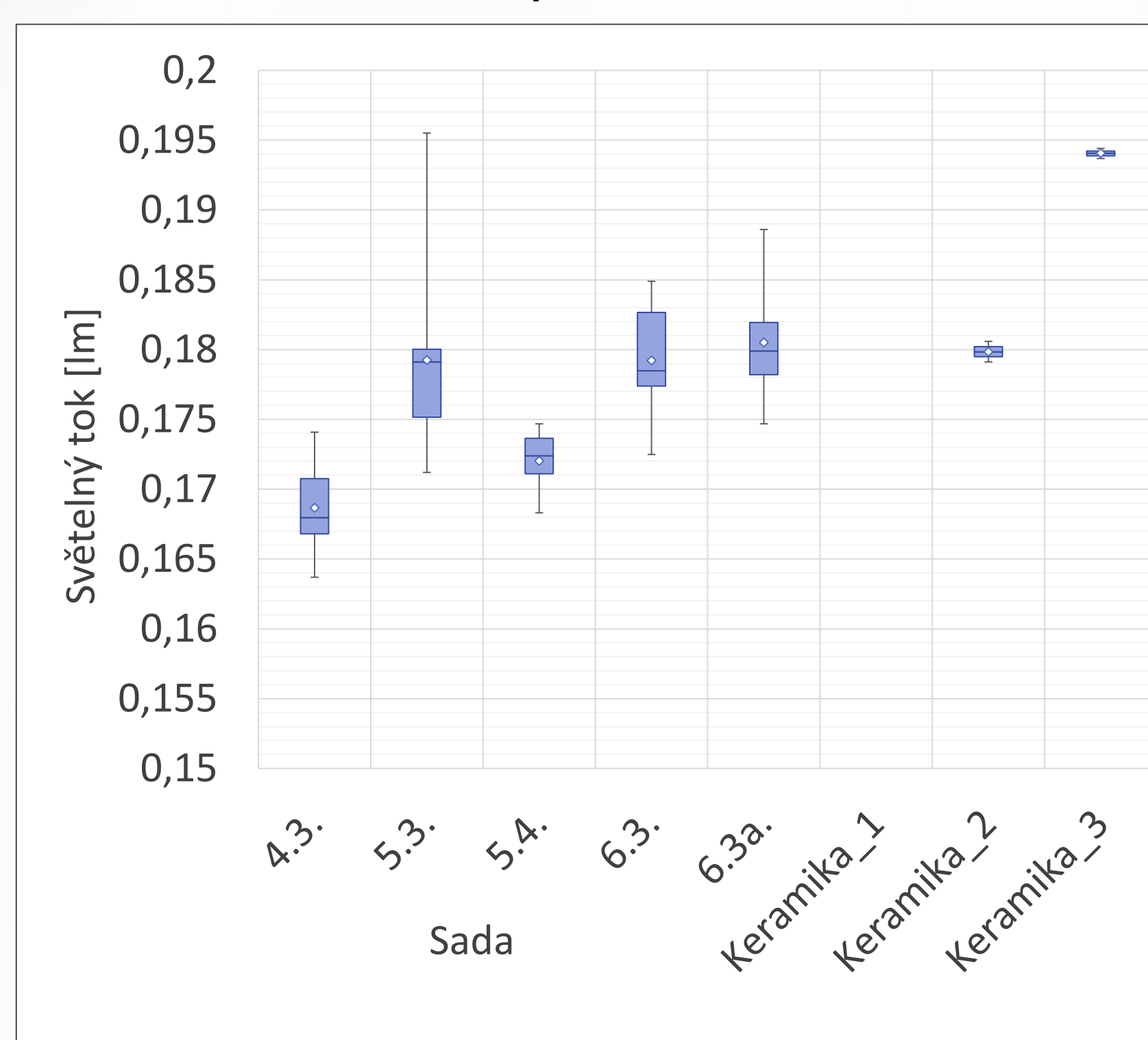
Napájené vzorky monokrystalického YAG:Ce<sup>3+</sup>



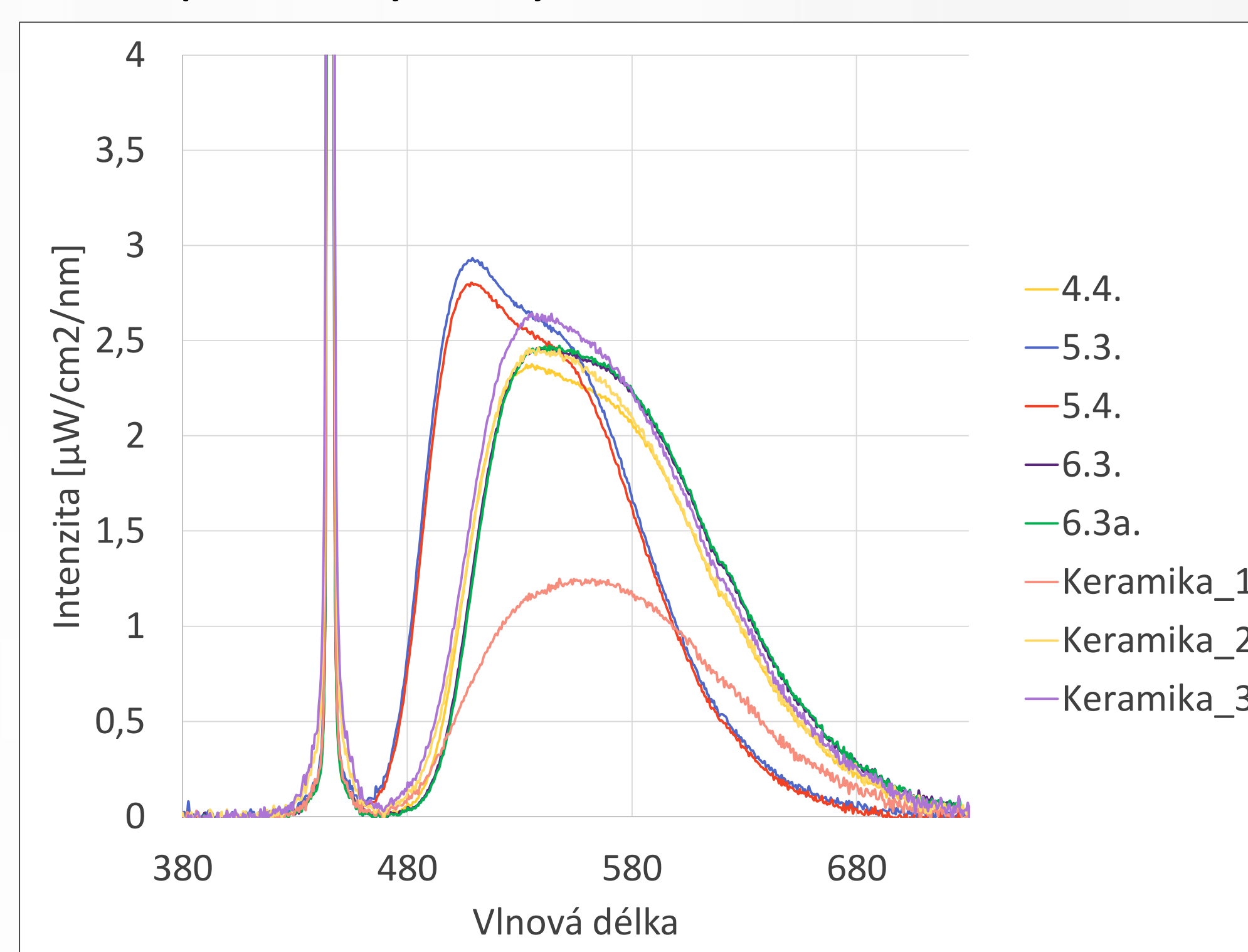
Sestavené optické měření

## VÝSLEDKY

Při porovnání materiálů YAG:Ce<sup>3+</sup> (4.3. – 300  $\mu\text{m}$ ) a GdYAG:Ce<sup>3+</sup> (6.3. – 245  $\mu\text{m}$ , 6.3a. – uvnitř šlíry) je vidět, že z experimentálních dat dopadl lépe GdYAG:Ce<sup>3+</sup>, protože jeho světelný tok je velmi blízko hodnotě u LuAG:Ce<sup>3+</sup> (5.4. – 300  $\mu\text{m}$ ), zatímco ztráta YAG:Ce<sup>3+</sup> vůči LuAG:Ce<sup>3+</sup> (5.3. – 250  $\mu\text{m}$ ) je 1,9 %. Tento jev je v rozporu s předpokladem, protože přidáním gadolinia se emisní pík posouvá směrem do červené oblasti spektra a měl by tak mít vyšší tepelné ztráty. Vysvětlení zvýšeného světelného toku spočívá v tom, že vzorky z GdYAG:Ce<sup>3+</sup> mají tloušťku 245  $\mu\text{m}$  (důvodem je ruční broušení těchto vzorků) nikoliv 250  $\mu\text{m}$  jako vzorky z LuAG:Ce<sup>3+</sup> a navíc mají výrazně vyšší A.K. (62 vs 50), který způsobuje větší absorpci modrého světla (dáno omezeným výběrem pěstovaných krystalů). Na následujících grafech je vidět porovnání světelného toku a porovnání konvertované části spekter vybraných materiálů.

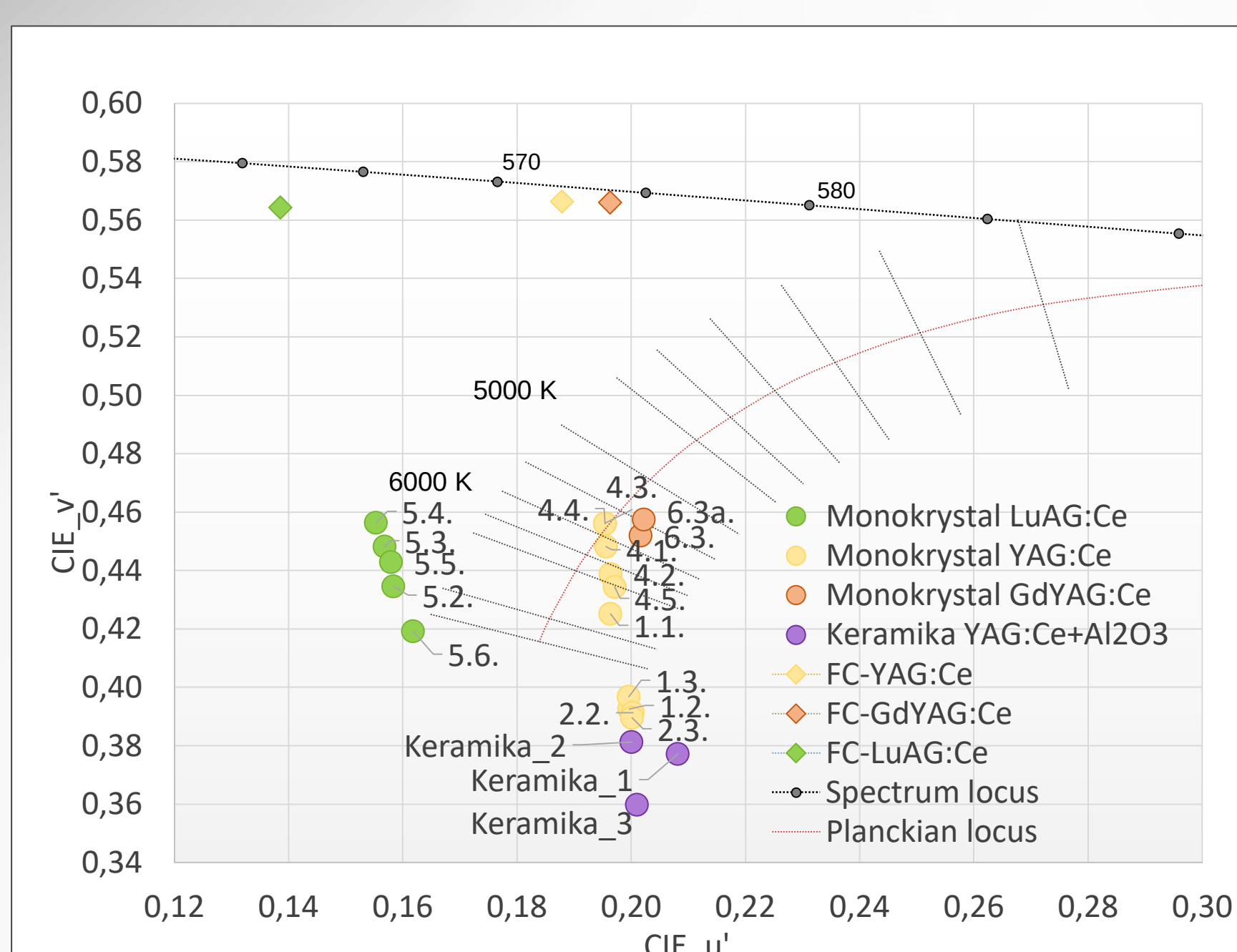


Porovnání světelného toku mono- a poly-krystalických materiálů



Porovnání spekter mono- a poly-krystalických materiálů

## POROVNÁNÍ CIELUV



Porovnání získaných barevných souřadnic CIELUV

## ZÁVĚR

Postupnou analýzou výsledků bylo zjištěno, že vzorky, které mají texturovaný povrch, vykazují vyšší hodnoty světelného toku než broušené vzorky, a to přibližně o 4 %. Dále byla zjištěna závislost světelného toku na tloušťce, kde nižší tloušťka znamená vyšší sv. tok daného nižšími ztrátami světla z bočních stěn luminoforů. Při porovnání materiálů mezi sebou bylo potvrzeno, že nejvyšších hodnot dosahuje LuAG:Ce<sup>3+</sup>, jehož světelná účinnost dosáhla v nejlepší konfiguraci hodnot 160 lm/W. Výsledky této práce budou použity pro další vývoj laserového osvětlení ve společnosti Crytur, spol. s r.o.