

Rozhledy matematicko-fyzikální

Věra Krajčová

Opravdu krátký záblesk

Rozhledy matematicko-fyzikální, Vol. 99 (2024), No. 3, 57–58

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/152610>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2024

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ*:
The Czech Digital Mathematics Library <http://dml.cz>

Opravdu krátký záblesk

Věra Krajčová

Laser není jen ukazovátko. Je to zdroj světla s naprosto ojedinělými vlastnostmi, který umožnil například sestavení hologramu. Jeho výjimečnost tkví v tom, že jde o zdroj koherentní („učesané“ vlnění o stejné frekvenci, fázi a o stejném směru kmitání) a monochromatický (o jedné vlnové délce). Navíc je toto světlo vyzařováno ve formě úzkého svazku i na velké vzdálenosti. První laser byl sestaven v roce 1960.

Zjednodušeně si můžeme laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) představit jako nějaké aktivní prostředí (například krystal rubínu, plyn CO_2 , He-Ne), které je mezi dvěma rovnoběžnými zrcadly. Pomocí výbojky (nebo chemickou reakcí nebo elektronovým svazkem...) dodáme do aktivního prostředí energii, která vybudí většinu elektronů aktivního prostředí ze základní energetické hladiny do vyšší energetické hladiny (excitace elektronů). Z ní ale v mžiku sestupují do tzv. metastabilní hladiny, kde vyčkávají. V okamžiku, kdy se objeví stimulující foton, vrátí se elektron do základní energetické hladiny, přičemž dojde k vyzáření (emisi) kvanta energie ve formě stejného fotonu jako byl ten stimulující. Tento foton poté interaguje s dalším excitovaným elektronem, čímž se spouští lavinovitá stimulovaná emise fotonů se stejnou frekvencí a fází. Díky zrcadlům fotony opakovaně prochází prostředím a interagují s dalšími elektrony, a tím exponenciálně narůstá tok fotonů. Jakmile intenzita světla přesáhne určitou mez, je svazek fotonů vyzářen přes polopropustné zrcadlo ven. Podle toho, jaké máme aktivní prostředí, může být tento paprsek z oblasti infračerveného, viditelného světla i ultrafialového záření.

Druhů laserů je spousta. Nezávisí jen na aktivním prostředí, ale i na tom, jestli laser pracuje v pulsech nebo kontinuálně a jaký výkon při svém vyzařování vydává. A výkon laseru úzce souvisí právě s dobou vyzařování. Vždyť výkon je definován jako energie vyzářená za čas. Tedy logicky: čím kratší je doba záblesku při stejném množství vyzářené energie, tím má laser větší výkon.

Jak významný tento nástroj je, dokazuje i to, že v roce 2023 byla za vygenerování a výzkumnou práci s lasery s attosekundovými impulsy udělena Nobelova cena za fyziku, a to třem vědcům: Ferenci Krauszovi,

Pierru Agostinimu a Anne Geneviève L'Huillierové (teprve 5. žena, která získala Nobelovu cenu za fyziku). Týmu Anne Geneviève L'Huillierové se v roce 2003 podařilo získat nejkratší laserový pulz o délce 170 attosekund.

Dnes již i česká odborná pracoviště pracují s lasery, jejichž pulsy trvají pikosekundy (10^{-12} s). V centru ELI Beamlines v Dolních Břežanech dokonce vyvíjejí lasery s pulsy až attosekundovými (10^{-18}). Výkony těchto laserů se udávají v petawattech (10^{15} W). Vzhledem k opravdu krátké délce jejich impulsů je konstrukce těchto laserů poměrně složitá, více si o tom můžete přečíst přímo na stránkách ELI Beamlines:

<https://www.eli-beams.eu/cs/vyzkum/lasery/>

Úkol

Zkuste vypočítat, jak dlouhý, resp. krátký, je záblesk laseru (v metrech). Jak dlouhý bude u laserů pikosekundových, resp. laserů attosekundových? S jakými objekty byste mohli tyto délky porovnat?

Řešení

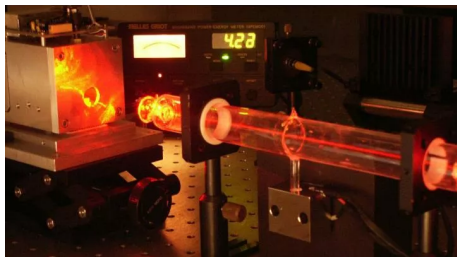
Laserový paprsek je proud fotonů pohybující se rovnoměrně přímočaře rychlostí světla $c \doteq 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, dobu pulsu známe. Délku pulsu s tedy vypočteme podle vzorce pro dráhu rovnoměrného přímočarého pohybu $s = c \cdot t$, kde t je doba pulsu. U pikosekundových laserů

$$s = 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-12} \text{ m} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m},$$

u attosekundových laserů

$$s = 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-18} \text{ m} = 3 \cdot 10^{-10} \text{ m}.$$

Délku pulsu 0,3 mm si asi představit dokážeme (např. průměr tuhy do mikrotužky), ale záblesk o délce průměru jednoho atomu?



Obr. 1: Zdroj: Lasery v metrologii a interferometrii (J. Lazar, Ústav přístrojové techniky AV ČR)