

# Měření výkonu laseru a energie v pulsu

## Průvodce výběrem vhodné měřící hlavy a vyhodnocovací jednotky

Výkon a energie v pulsu patří mezi základní parametry laseru, které rozhodují o možnostech jeho aplikace. Výkon laserového svazku se vztahuje k optickému výkonu kontinuálního laseru nebo k průměrnému výkonu pulsního laseru. Energie v pulsu je pak typickým parametrem pulsních laserů a odpovídá součinu špičkového výkonu pulsu a doby jeho trvání. Oba tyto parametry se však mohou v průběhu času měnit, a proto je nezbytně nutné je pravidelně kontrolovat.



Diagnostické zařízení pro měření parametrů laserového svazku se většinou skládá ze dvou samostatných součástí: měřící hlavy a vyhodnocovací jednotky tzv. měřáku. Měřící hlava generuje signál, který je úměrný výkonu nebo energii dopadajícího svazku. Měřák pak tento signál zpracovává a provádí jeho analýzu, která může zahrnovat uplatnění korekčních faktorů souvisejících s vlnovou délkou laseru a kalibrací měřáku. Výsledek měření může být zobrazen buď na display měřáku nebo pomocí PC rozhraní dále zpracován. Existují však i přístroje, které kombinují měřící hlavu a měřák do jednoho celku.

### Typy měřících hlav

Nejčastěji se pro měření využívají tři typy měřících hlav: pyroelektrická, která umožňuje měřit pouze pulsní lasery, termočláňková, která je vhodná jak pro pulsní, tak kontinuální lasery a hlava s fotodiodami, která bývá určena jen pro kontinuální lasery, ale existují i speciální modely pro měření pulsních laserů. Vlastnosti jednotlivých typů měřících hlav:

#### Pyroelektrická hlava

- Měří pouze energii pulsu pulsních laserů.
- Průměrný výkon lze určit vynásobením opakovací frekvence laseru a energie pulsu.
- Měří pulsy s opakovací frekvencí do 10 kHz.
- Rychlá časová odezva.

#### Termočláňková hlava

- Měří výkon kontinuálních laserů a integruje energii pulsu pulsních laserů, čímž měří průměrný výkon laseru.
- Může být použita pro integraci energie jednoho pulsu typicky delšího než 1 ms.
- Měří široké spektrum vlnových délek a výkonů., nedochází k saturaci

## Hlava s fotodiodami

- Nejčastěji se používají k měření kontinuálních laserů s nízkým výkonem
- Limitovaný spektrální rozsah, při měření vyšších výkonů dochází k saturaci
- Rychlejší odezva než u termočlávkových hlav

Přehled nejběžnějších měření a odpovídajících typů měřících hlav. Pro měření laserů s výkonem nad 300W je nutné používat vodou chlazené měřící hlavy.

Typ laseru	Měření	Výkon	Vlnovová délka	Typ hlavy	Modelová řada
Kontinuální	Průměrný výkon	10nW až 50 mW	250 nm až 1800 nm	Fotodiody	<a href="#">Optical Sensor</a>
Kontinuální	Průměrný výkon	250μW až > 5kW	0,15μm až 12μm	Termočlávková	<a href="#">PowerMax</a>
Pulsní	Průměrný výkon	200μW až >5kW	0,15μm až 12μm	Termočlávková	<a href="#">PowerMax</a>
Pulsní	Energie v pulsu	100 nJ až >10J	0,15μm až 12μm	Pyroelektrická	<a href="#">EnergyMax</a>
Pulsní	Energie v pulsu	10 pJ až 800nJ	325 nm až 1700 nm	Fotodiody	<a href="#">Optical Sensor</a>
Dlouhé pulsy (>1 ms)	Integrace energie jednoho pulsu	1mJ až >300J	0,15μm až 12μm	Termočlávková	<a href="#">PowerMax</a>

## Měřáky

K měřící hlavě je třeba správně vybrat vyhodnocovací jednotku tzv. měřák, který je schopen zpracovat signál generovaný měřící hlavou. Existují tři typy měřáků: měřák energie pulsu, měřák výkonu a kombinované měřáky, které jsou schopny změřit jak energii, tak výkon laseru. Měřáky je také třeba vybírat s ohledem na potřebné zpracování dat. Jednodušší modely zobrazují naměřenou hodnotu na analogovém nebo digitálním display, pokročilejší jsou pak schopny aplikovat různé kalibrační korekce a předávat data k dalšímu zpracování pomocí PC rozhraní. Dalšími typickými parametry měřáků je šum, přesnost, rozlišení a maximální opakovací frekvence.

## Integrované měřáky

Zvláštní kategorií jsou pak integrované měřáky, které spojují měřící hlavu a měřák do jednoho zařízení, které lze pomocí USB nebo RS-232 připojit k PC, kde následně probíhá vyhodnocení dat. Do této kategorie spadá modelová řada PowerMax USB/RS-232 pro měření výkonu laseru a EnergyMax USB/RS-232 pro měření energie v pulsu.