

# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

## 30 838

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

**G01N 21/00** (2006.01)  
**G01N 21/39** (2006.01)  
**G01J 3/00** (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2016-33253**  
(22) Přihlášeno: **30.12.2016**  
(47) Zapsáno: **18.07.2017**

- (73) Majitel:  
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Praha 8, CZ
- (72) Původce:  
Mateusz Rebarz, Dolní Břežany, CZ  
Mgr. Miroslav Kloz, Ph.D., Dolní Břežany, CZ  
Shirly Josefina Espinoza Herrera, Ph.D., Dolní Břežany, CZ  
Christopher Doyle Brooks, MSc., Dolní Břežany, CZ
- (74) Zástupce:  
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i. / ELI Beamlines - CITT, Karel Bauer, Za Radnicí 835, 252 41 Dolní Břežany

- (54) Název užitého vzoru:  
**UV-VIS-NIR femtosekundový  
elipsometrický systém**

CZ 30838 U1

## UV-VIS-NIR femtosekundový elipsometrický systém

### Oblast techniky

Předkládané technické řešení se týká UV-VIS-NIR (ultraviolet-visible-near infrared) femtosekundového elipsometrického systému. Technické řešení se zejména týká systému pro studium a/nebo diagnostiku optickým svazkem iniciovaných procesů v kovech, polovodičích, molekulárních látkách a mikro/nano objektech a procesů týkající se stanovení (opto)elektronické dynamiky (bio) materiálů.

### Dosavadní stav techniky

Výzkum ultra rychlé dynamiky dielektrických vlastností v polovodičích a kovech je nutný k pochopení a kontrole účinků spojených s transportní mechanikou nosičů, zejména pokud jde o jejich energii nebo polarizaci spinu.

Trvajícím pokrok v miniaturizaci a zvýšení provozní rychlosti elektronických a optoelektronických přístrojů si vyžaduje hluboké porozumění dynamice nosičů, které jsou vystaveny vnějším elektromagnetickým stimulům ve velmi krátkém časovém horizontu. Některé jevy, jako je rozptyl elektronů a fononů, stejně tak i rekombinační procesy, mohou nabývat krátkých period, řádově desítky femtosekund (fs). Uvedené procesy ovlivňují časové charakteristiky a místní dielektrické konstanty, které určují provozní parametry těchto zařízení. Z tohoto důvodu jsou žádané spolehlivé přístroje pro charakterizaci ultrarychlých dynamických změn dielektrických vlastností v různých materiálech. Jednou z nejužitečnějších metod pro studium dielektrických vlastností materiálů je elipsometrie, která využívá skutečnosti, že světlo odražené od vzorku mění svou polarizaci v závislosti na struktuře vzorku, a zejména v závislosti na jeho koeficientu odrazivosti. Z této změny mohou být odvozeny opticko-dielektrické vlastnosti osvětleného materiálu.

Elipsometrie je senzitivní neinvazivní metoda pro studium vnitřních dielektrických vlastností pevných materiálů a je obzvláště výkonná (efektivní) v případech, kdy jsou zkoumány vícevrstvé struktury. Navíc, optická spektroskopie s časovým rozlišením v řádu fs je schopna sledovat ultrarychlou dynamiku fotony excitovaných nosičů. Časové rozsahy výše zmíněné dynamiky elektronů, děr, fononů nebo rozptyl na defektech se předpokládají být v řádu fs.

Nicméně nejzajímavější experimentální výzvou s průmyslovým dopadem na biotechnologii a materiálové inženýrství je transformace elipsometrie do časově rozlišitelné techniky a vhodného zařízení s časovým rozsahem v řádu fs během operování v širokém spektrálním rozsahu. Konkrétně je vysoce žádoucí pokrýt UV oblast, protože řada polovodičů má energetické charakteristiky přesahující 3 eV.

Kromě toho, technickým problémem, který je třeba vyřešit, je i udržení fs časového rozlišení s širokopásmovým bílým světlem sondy. Takové řešení by si mělo vyžádat další pozornost kvůli „chirp“ efektu a dalším nežádoucím odchylkám, které vznikají, když širokopásmový pulz prochází skrz transmisivní optiku.

### Podstata technického řešení

Předkládané technické řešení překonává výše uvedené technické problémy a popisuje systém zahrnující kombinaci elipsometrického přístupu s fs spektroskopií čerpacího paprsku a sondy (pump-probe spectroscopy), který ve výsledku vytváří fs elipsometrický systém.

Femtosekundový elipsometrický systém je v podstatě širokopásmový spektrometr, který výhodně umožňuje monitorování vývoje dielektrických vlastností materiálu krátce po excitaci.

Femtosekundový elipsometrický systém obsahuje reflektivní optiky všude tam, kde je to možné, a tenké optické prvky („thin optics“) tam, kde to je nevyhnutelné.

V souladu s technickým řešením, femtosekundový elipsometrický systém zahrnuje subsystém paprsku sondy k produkci a šíření polychromatického paprsku sondy; subsystém čerpacího paprsku pro produkci a šíření monochromatického čerpacího paprsku; elipsometrický subsystém

k ovládání polarizace paprsku sondy; detekční subsystém pro detekci sondy a čerpacího paprsku; a kontrolní subsystém.

Podle uvedeného technického řešení může subsystém paprsku sondy dále obsahovat blízké infračervené zrcadlo (NIR), výhodně s odrazivostí vyšší než 95 % při vlnových délkách 750 až 850 nm; uzávěr pro ochranu vzorku před nežádoucím osvětlením; variabilní neutrální filtr pro optimalizaci intenzity dopadajícího paprsku tak, aby se zabránilo kontinuální filamentaci, čočku pro fokusaci dopadajícího paprsku; CaF<sub>2</sub> desku pro generování kontinua tvořícího paprsku sondy; mimoosové parabolické zrcadlo pro kolimaci; štěrbinový filtr pro filtraci paprsku sondy; rovinné UV-viditelné zrcadlo, výhodně s odrazivostí vyšší než 85 % v rozmezí vlnových délek 250 až 600 nm, a fokusující konkávní zrcadlo výhodně s odrazivostí vyšší než 85 % v rozmezí vlnových délek 250 až 600 nm.

Podle technického řešení může subsystém čerpacího paprsku zahrnovat blízké infračervené (NIR) zrcadlo, výhodně s odrazivostí vyšší než 95 % při vlnových délkách 750 až 850 nm; půlvlnovou destičku s nulovým řádem korekce pro fázi odpovídající základnímu paprsku a jeho druhé harmonické vlně; BBO krystal typ I pro generování druhé a třetí harmonické vlny ze základního paprsku; deskový kompenzátoru zpožďující grupovou rychlost pro účely časového překrytí základního paprsku a jeho druhé harmonické vlny; dichroické dielektrické zrcadlo pro separaci harmonických vln; pásmový filtr pro odfiltrování čerpacího paprsku; uzávěr pro ochranu vzorku před nežádoucím osvětlením, motorizovanou zpožďovací linku pro řízení zpoždění mezi čerpacím pulzem a pulzem sondy, výhodně s minimálním přírůstkovým krokem 0,1 μm a obousměrnou opakovatelností 1 μm, a sférické zrcadlo pro zaostřování čerpacího paprsku na vzorek.

V souladu s technickým řešením může elipsometrický subsystém obsahovat tenký širokopásmý polarizátor, ideálně o tloušťce menší než 2 mm a poměru extinkce vyšším než 1000:1; achromatickou čtvrt-vlnovou desku kompenzátoru a analyzátor, pokud možno širokopásmý polarizátor s poměrem extinkce vyšším než 10000:1. V daném provedení jsou všechny z výše uvedených vlastností nainstalovány v motorizovaných a rotačních stanicích s minimálním krokem přírůstku 0,1° a minimální obousměrnou návratností 0,1°.

Podle technického řešení může detekční subsystém obsahovat pulzní zdroj optického záření, výhodně laser, výhodněji Ti:Sapphire laser, a spektrometr, výhodně s mřížkovým detektorem.

Podle technického řešení může řídicí subsystém obsahovat osobní počítač, ideálně s PCI sběrnici a více jádrovým procesorem, uzávěr; a jednosměrný měnič.

V souladu s technickým řešením umožňuje elipsometrický systém prostřednictvím širokopásmé spektrální oblasti monitorování souběžného vývoje mezipásma (typicky UV záření) a mezipásma (typicky VIS-NIR) probíhající v pevných materiálech. Takové širokopásmové světelné charakteristiky sondy jsou dosažené zaměřením NIR femtosekundových pulsů na CaF<sub>2</sub> desce pro účely spuštění nelineárních procesů vyplývajících ze super kontinuálního vývoje. Vzhledem k velkému rozdílu pásu (> 10 eV) CaF<sub>2</sub> sahá širokopásmé kontinuum v UV oblasti od 320 nm až do 750 nm v NIR.

Navíc intenzivní (> 100 nJ/puls) monochromatické UV impulsy používané k osvětlení vzorku s nastavitelným zpožděním ve vztahu k paprsku sondy dělají ze zařízení časově rozlišitelný spektrometr. Doba rozlišení zařízení je určena funkcí vzájemné korelace čerpadla a pulsů sondy.

Za účelem zachování femtosekundového časového rozlišení s širokopásmým světlem sondy je používána odrazová optika. Zejména pak polarizátor umístěný v širokopásmém paprsku sondy je prvkem, který může způsobit významný „kmitočec“, naproti v běžné užívané praxi při použití Glan-Taylorova polarizátoru, který dodává vysoký stupeň polarizace až 100000:1, ale vyžaduje optický prvek tloušťky větší než 5 mm, namísto toho je použit tenký (1,5 mm) širokopásmový mřížkový polarizátor. Takovéto polarizátory udržují přiměřený poměr extinkce 1000:1 a mají další výhodu, a to takovou, že jsou relativně necitlivé na natočení prvku vzhledem k ose paprsku. V důsledku toho je rozmytí grupové rychlosti na pixel mnohem menší, než je korelační funkce čerpacího paprsku, a tak je udržováno vlastní časové rozlišení.

Další výhodou tohoto technického řešení je velmi jednoduchý a citlivý detekční systém. V jistém provedení obsahuje detekční systém mřížkový detektor. Mřížkový detektor je výhodně citlivý v širokospektrálním rozsahu (200 až 1000 nm) a má 1024 pixelů horizontálně a 64 vertikálně. Vertikální zbinování pixelů podstatně zlepšuje poměr signál/šum a je dostatečně rychlé, aby přečetlo celou matici detektoru v době kratší než 1 ms, což umožňuje detekci při opakovací frekvenci až 1 kHz. Šum výstupu je vyvážen výhodami vertikálního zásobení a dynamický rozsah detekčního systému je ve výsledku asi 10000:1.

V souladu s technickým řešením obsahuje detektor pole integrovaný A/D konvertor a paralelní přenos dat do počítače, který umožňuje rychlý přenos synchronních dat takovým způsobem, že digitální záznam je vždy v souladu s příslušným počtem pixelů. Není proto třeba dalšího video-A/D-konvertoru a paměťového modulu. V důsledku toho je snadné realizovat paralelní rozšíření do několika detektorů (kamery a/nebo fotodiody) a všechny signály mohou být současně integrovány do jednoho datového toku.

Účelově připravený řídicí software pracuje vícekanálovým způsobem, přičemž kontinuální detekce, získávání dat a zpracování dat jsou navzájem od sebe odděleny z důvodu, aby se zabránilo narušení detekčního systému. Současně je načítání detektoru(ů) synchronizováno s laserovým zdrojem a dvěma optickými jednosměrnými měniči, které přerušují paprsky sondy a pumpy při poloviční a čtvrtinové frekvenci řídicího laseru. Tato konfigurace umožňuje detekci signálu ve čtyřech krocích při zohlednění případných okamžitých změn na pozadí v důsledku ozáření okolního světla nebo vlastního záření vzorku během experimentu.

#### Objasnění výkresu

Obr. 1 představuje schematický diagram preferovaného provedení elipsometrického systému podle příkladu 1.

Obr. 2 představuje příklad experimentálních dat získaných z předkládaného elipsometrického systému použitý na tenkou vrstvu (30 nm) ZnO na křemíkovém substrátu.

#### Příklad uskutečnění technického řešení

Za účelem porozumění technickému řešení jsou v následujícím popisu uvedeny četné specifické podrobnosti. Avšak, toto technické řešení může být prováděno na základě požadavků bez některých, a/nebo všech specifických detailů. Z důvodu přehlednosti nebyl technický materiál, který je známý v technických oblastech souvisejících s technickým řešením, podrobně popisován.

#### Příklad 1

Zdrojem základního paprsku je zesílený Ti:Sapphire laser 1, pracující při opakovací frekvenci 1 kHz a produkující p-polarizované femtosekundové impulsy (FWHM <40 fs) centrované při 800 nm s průměrným výkonem nad 5 W. Vzorkovač paprsku 2 snímá 1 až 2 % dopadajícího paprsku, který se šíří do čočky 8, a potom je fokusován na rotující CaF<sub>2</sub> desku 9 generující kontinuální svazek (paprsek sondy). Pulsy sondy se vyznačují širokospektrálním rozsahem 320 až 750 nm. Variabilní neutrální filtr hustoty 7 slouží k optimalizaci intenzity dopadajícího paprsku a zabraňuje kontinuální filamentaci, která se objevuje při překročení kritické energie. Paprsek sondy je kolimován mimoosovým parabolickým zrcadlem 10 a poté se filtruje skrz mřížkový filtr 11 pro odstranění zbytkového paprsku 800 nm. Filtrovaný paprsek sondy je zaměřen pomocí kulového zrcadla 15 na vzorek 36 při definovaném úhlu dopadu (60° vzhledem k normálnímu povrchu) a při známé polarizaci definované polarizátorem 16. Vzorek 36 má typicky rovný povrch a je namontovaný na držáku s možností 6-osového nastavení, a to jak x-y-z, tak vybočení-klonění-klopení. Paprsek sondy se odráží od vzorku symetricky vzhledem k dopadajícímu paprsku na normální povrch vzorku a potom rekolimuje pomocí achromatické čočky 37. Odražený paprsek prochází čtvrt vlnový kompenzátor 38 a analyzátor 39. Měření se provádí při různých polohách kompenzátoru, přičemž polarizátor 16 a analyzátor 39 jsou ustáleny na úhlech +45°, respektive -45°. Potom je paprsek sondy zaměřen sférickým zrcadlem 41 na vstupní šterbinu spektrometru (popísáno níže). Nakonec je barevný skleněný filtr BG-40 42 umístěn v přední části vstupu shlazeného spektra, vhodného pro CCD detektor.

Většina výstupní energie základního paprsku je frekvenčně zdvojená prostřednictvím druhé harmonické vlny generované v BBO krystalu 21 pro pulzy o vlnové délce 400 nm. Dále mohou být tyto pulzy použity také jako čerpací pulzy, nebo se podílet na třetí harmonické vlně (266 nm) za použití druhého BBO krystalu 24. Fázové přizpůsobení pulsů o vlnových délkách 400 nm a 800 nm je zajištěno prostřednictvím půlvlnových destiček 20 a 23 s nulovým řádem aberace, přičemž časové překrytí je řízeno deskovým kompenzátozem 22 zpožďující grupovou rychlost pulzu. Odpovídající vlnové délky (400 nm a 266 nm) jsou od sebe odděleny pomocí dichroických dielektrických zrcadel 25 a 26, které odrážejí pouze určité použité vlnové délky. Paprsek čerpadla je dále filtrován pásmovým filtrem 27 a veden do motorizované zpožďovací linky 32, která řídí zpoždění mezi čerpadlem a impulsy sondy s přesností  $\pm 1$  fs. Paprsek čerpadla je fokusován na vzorek sférickým zrcadlem 35 pod definovaným úhlem dopadu ( $45^\circ$  vzhledem k normálnímu povrchu), a překryt paprskem sondy. Velikost bodu čerpadla může být upravena podle specifických požadavků experimentu, ale běžně se jedná nejméně o dvojnásobnou velikost bodu sondy, což zajišťuje sondáž homogenně excitované oblasti. Zbytkový základní paprsek a paprsky čerpadla jsou ukončeny v koncovém paprsku 44, 45 a 46. Uzávěry 6 a 28 jsou mezi jednotlivými měřeními uzavřeny, což chrání vzorek před nežádoucím osvětlením.

Spektrometr 43 se skládá z kolimačních a zaostřovacích čoček, disperzního prvku a mřížkového fotodetektoru. Disperzní prvek je tavený křemenný hranol, který vykazuje velmi vysokou propustnost ( $>90\%$ ) v širokospektrální oblasti (250 až 1300 nm) a střední disperzi, která umožňuje detekci velmi širokého spektra v pevné poloze hranolu.

Fotodetektor je CCD snímač pole 1024 x 64 pixelů, který se používá tak, že horizontální rozměr umožňuje spektrální rozlišení 1 nm. Průměrování (zásobování) vertikálních pixelů výrazně snižuje hluk. Doba potřebná k odečtu celého integrovaného obvodu je asi 900 ms, což umožňuje práci při 1 kHz opakovací frekvenci režimu.

Readout detektoru je synchronizován s laserem. Detektor má integrovaný A/D konvertor a používá paralelní přenos dat do počítače pomocí libovolného paralelního rozhraní (například PCI). Rozhraní je ideálně vybaveno FIFO (first in first out) pamětí, kterou lze oddělit asynchronní přístup do sběrnice. Důležitým rysem rozhraní jsou dva spouštěcí vstupy, které přepnou svůj logický stav (nízký nebo vysoký) do datového toku synchronně s odečtem kamery. Tyto vstupy jsou připojeny k jednosměrným měničům 13 a 31.

Sběr dat se provádí ve 4 krokovém cyklu. Paprsek sondy je modulovaný jednosměrným měničem 13 při 500 Hz a paprsek čerpadla je modulovaný jednosměrným měničem 31 o frekvenci 250 Hz. Oba jednosměrné měniče jsou synchronizovány s opakovací rychlostí laseru. Tmavý signál S1 je měřen, když jsou paprsky obou sond a čerpadla zablokovány, což odpovídá radiaci pozadí. Signál S2 (paprsek sondy zapnut/paprsek čerpadla vypnut) je světlo odražené od neexcitovaného vzorku. Signál S3 (paprsek sondy vypnut/paprsek čerpadla zapnut) zahrnuje luminiscenci, rozptýlené světlo a radiaci pozadí. Signál S4 (paprsek sondy zapnut/paprsek čerpadla zapnut) je světlo odražené od excitovaného vzorku. Pro každé 4 cykly se vypočítá normalizovaná přechodná reflektivita  $\Delta R/R = (S2-S1)/(S4-S3)-1$ . Vývoj tohoto parametru v různých úhlech kompenzátoru se používá k odvození dielektrické konstanty a dalších optických vlastností studovaného vzorku. Daný průměrný počet spekter je získáván z různých zpoždění sondy čerpadla a pozic kompenzátorů. Příklad měřeného souboru údajů je uveden na obrázku 2. Dále je možné použít řídicí software s grafickým uživatelským rozhraním (GUI) k získání, zpracování a zobrazení experimentálních dat.

V případě nestability laseru zahrnují některá provedení stanoveného technického řešení referenční kanál (jako doplněk kanálu vzorku, který detekuje paprsek sondy odražený od vzorku). Paprsek sondy a čerpadla je rozdělen do zkušební paprsku a referenčního paprsku. Referenční paprsky nejsou v interakci se vzorkem, ale jsou fokusovány na detektory referenčního kanálu. Signály z těchto detektorů jsou vloženy synchronně do datového toku a slouží ke korekci vypočítaného spektra.

Postup měření je řízen softwarem připraveným jakožto nepovinná součást technického řešení. Program může být napsán v prostředí LabView a zahrnuje grafické uživatelské rozhraní (GUI).

Tento software může řídit získávání dat, zpracování dat, motorizovanou zpoždovací linku 32, motorizované otáčení fází polarizátoru 16, kompenzátor 38 a analyzátor 39, jednosměrný měnič 13 a 31, jakož i uzávěry 6 a 28.

#### Průmyslová využitelnost

- 5 Uvedené technické řešení může najít uplatnění v materiálovém inženýrství, stejně tak i v elektro-  
 nice a optoelektronickém průmyslu, kde jsou laserové pulsy často využívány jako ultrarychlý  
 zdroj tepla zahrnující fázové změny a mechanické namáhání v materiálech. Ve vědě zabývající se  
 polovodiči umožňují elipsometry uživatelům charakterizovat tloušťku tenkých filmů, optické  
 konstanty nebo krystalovou strukturu mikro a nano vrstev. Prezentované technické řešení může  
 10 být také užitečné při stanovování vlastností povrchových vrstev. Vzhledem k flexibilitě a neinva-  
 zivní charakteristice tohoto systému může být také aplikován v biotechnologii a chemii povrchu.  
 Přesná charakteristika časového vývoje dielektrických vlastností různých materiálů může být  
 obzvláště důležitá v případě vysoké opakovací rychlosti při zpracovávání materiálu.

## N Á R O K Y   N A   O C H R A N U

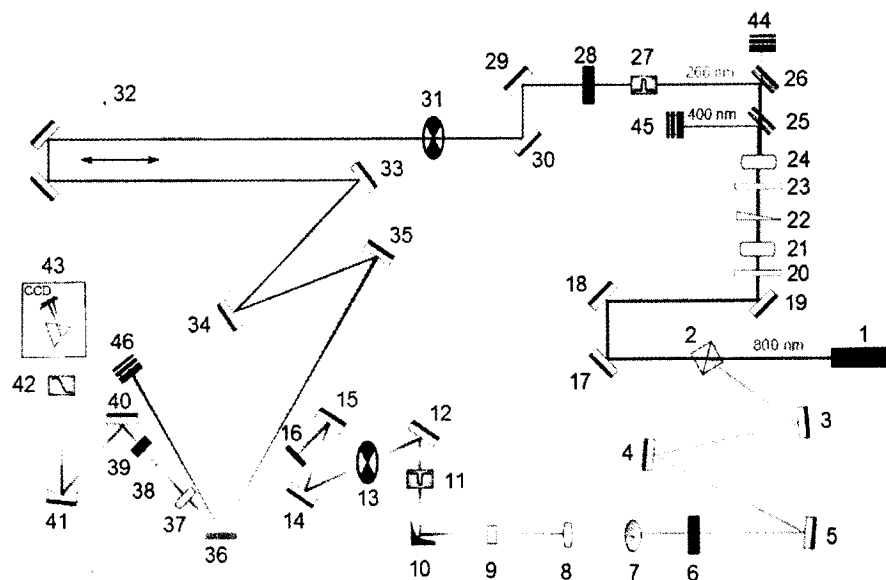
- 15 **1.** UV-VIS-NIR femtosekundový elipsometrický systém, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že  
 obsahuje:
- subsystém paprsku sondy k produkci a šíření polychromatického paprsku sondy;
  - subsystém čerpacího paprsku pro produkci a šíření monochromatického čerpacího paprsku  
 umístěný paralelně se subsystémem paprsku sondy;
  - 20 - elipsometrický subsystém k ovládání polarizace paprsku sondy umístěný za subsystémem pa-  
 prsku sondy a subsystémem čerpacího paprsku;
  - detekční subsystém pro detekci sondy a čerpacího paprsku umístěný za elipsometrickým sub-  
 systémem; a
  - kontrolní subsystém.
- 25 **2.** UV-VIS-NIR femtosekundový elipsometrický systém podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í**  
**s e t í m**, že subsystém paprsku sondy obsahuje jeden nebo více z následujících prvků
- blízké infračervené zrcadlo (3, 4, 5), výhodně s odrazivostí vyšší než 95 % při vlnových délkách  
 750 až 850 nm variabilní neutrální filtr (7) pro optimalizaci intenzity dopadajícího paprsku pro  
 zabránění kontinuální filamentace,
  - 30 - čočku (8) pro fokusaci dopadajícího paprsku;
  - achromatickou čočku pro fokusování paprsku sondy;
  - CaF<sub>2</sub> desku (9) pro generování kontinua tvořícího paprsku sondy;
  - mimoosové parabolické zrcadlo (10) pro kolimaci;
  - mřížkový filtr (11) pro zabránění reziduí základního paprsku z paprsku sondy;
  - 35 - UV-viditelné rovinné zrcadlo, výhodně s odrazivostí vyšší než 85 % při rozsahu vlnové délky  
 250 až 600 nm; a
  - zaostřovací konkávní zrcadlo (15 nebo 41), výhodně s odrazivostí vyšší než 85 % při rozsahu  
 vlnové délky 250 až 600 nm;
  - barevný skleněný filtr (42) pro korekci tvaru spektra paprsku sondy, vhodný pro mřížkový de-  
 40 tektor.

3. UV-VIS-NIR femtosekundový elipsometrický systém podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že subsystém čerpacího paprsku může dále obsahovat jeden nebo více z následujících prvků:
- zrcadlo v blízké infračervené oblasti, výhodně s odrazivostí vyšší než 95 % při rozsahu vlnové délky 750 až 850 nm;
  - půlvlnovou destičku (20, 23) s nulovým řádem korekce pro fázi odpovídající základnímu paprsku a jeho druhé harmonické vlně;
  - BBO krystal (21, 24) pro generování druhé a třetí harmonické vlny ze základního paprsku;
  - deskový kompenzátor (22) zpožďující grupovou rychlost pro účely časového překrytí základního paprsku a jeho druhé harmonické vlny;
  - dichroické dielektrické zrcadlo (25, 26) pro separaci harmonických vln;
  - pásmový filtr (27) pro odfiltrování čerpacího paprsku;
  - uzávěr (28) pro ochranu vzorku před nežádoucím osvětlením;
  - motorizovanou zpožďovací linku (32) pro řízení zpoždění mezi čerpacím pulzem a pulzem sondy, výhodně s minimálním přírůstkovým krokem 0,1  $\mu\text{m}$  a obousměrnou opakovatelností 1  $\mu\text{m}$ ; a
  - sférické zrcadlo (35) pro zaostřování čerpacího paprsku na vzorek.
4. UV-VIS-NIR femtosekundový elipsometrický systém podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že elipsometrický subsystém obsahuje jeden nebo více prvků v následujícím pořadí:
- polarizátor (16), ideálně s tloušťkou menší než 2 mm a poměrem extinkce více jak 1000: 1;
  - achromatickou čtvrt-vlnovou desku (38) kompenzátoru; a
  - analyzátor (39), výhodně s minimálním poměrem extinkce vyšším než 10000:1.
5. UV-VIS-NIR femtosekundový elipsometrický systém podle nároku 4, kde jsou všechny prvky instalovány do motorizované rotující fáze s minimálním přírůstkovým krokem 0,1° a minimální obousměrnou návratností 0,1°.
6. UV-VIS-NIR femtosekundový elipsometrický systém podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že detekční subsystém obsahuje pulzní zdroj optické radiace, výhodně laser, výhodněji Ti:Sapphire laser (1); a spektrometr (43), výhodně s detektorem pole.
7. UV-VIS-NIR femtosekundový elipsometrický systém podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že kontrolní subsystém může obsahovat osobní počítač, výhodně se sběrnici PCI a více jádrovým procesorem, uzávěr (6 nebo 28), a jednosměrný měnič (13 nebo 31).
8. UV-VIS-NIR femtosekundový elipsometrický systém podle nároku 6, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že detekční subsystém obsahuje mřížkový detektor (11), výhodně citlivý v rozsahu 200 nm až 1000 nm, mající minimálně 1024 horizontálních pixelů a 64 vertikálních pixelů pro zlepšení poměru signál/šum.
9. UV-VIS-NIR femtosekundový elipsometrický systém podle nároku 8, kde mřížkový detektor (11) obsahuje integrovaný A/D-konvertor a zařízení pro paralelní přenos dat do počítače, pro umožnění rychlého synchronního přenosu dat a načtení celé matrice za dobu kratší než 1 ms.

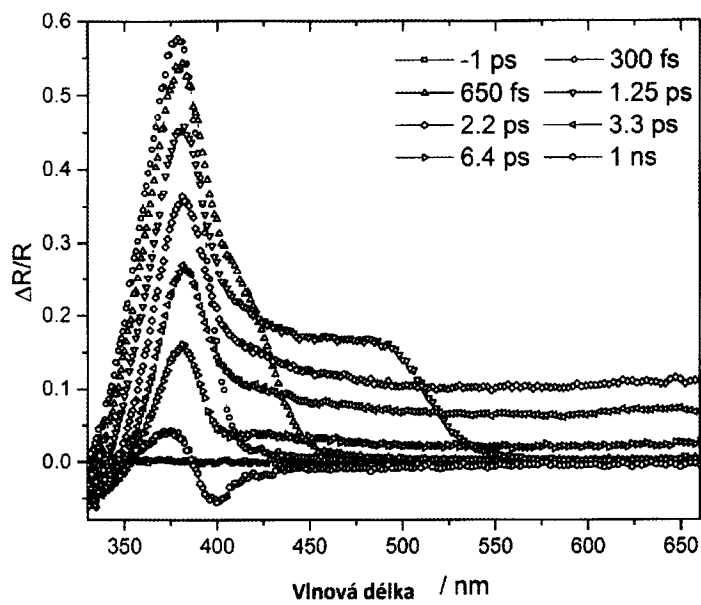
## Seznam vztahových značek:

	1	(Pulsní) Ti:Sapphire laser
	2	Vzorkovač paprsku
	3, 4, 5, 17, 18, 19	NIR rovinné zrcadlo
5	6, 28	Uzávěry
	7	Neutrální filtr hustoty
	8, 37	Čočky
	9	CaF <sub>2</sub> deska
	10	Mimoosové parabolické zrcadlo
10	11	Mřížkový filtr
	12, 14, 29, 30, 33, 34, 40	UV-VIS rovinné zrcadlo
	13, 31	Jednosměrné měniče
	15, 35, 41	Sférické zrcadlo
	16	Polarizátor
15	20, 23	Půlvlnná destička s nulovým řádem aberace
	21, 24	BBO krystal
	22	Deskový kompenzátor zpožďující grupovou rychlost
	25, 26	Dichroické dielektrické zrcadlo
	27	Pásmový filtr
20	32	Zpožďovací linka
	36	Vzorek
	38	Čtvrt vlnový deskový kompenzátor
	39	Analyzér
	42	Barevný skleněný filtr
25	43	Spektrometr
	44, 45, 46	Koncový paprsek.





Obrázek 1



Obrázek 2

Konec dokumentu