

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2005-19

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G01N 23/20

(2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **12.01.2005**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **16.08.2006**
(Věstník č. 8/2006)

(71) Přihlašovatel:

Ústav radiotechniky a elektrotechniky AVČR, Praha, CZ

(72) Původce:

Homola Jiří Ing., CSc., Praha, CZ
Telezchnikova Olga Ing., Praha, CZ
Dostálek Jakub Mgr., Jiloviště, CZ

(74) Zástupce:

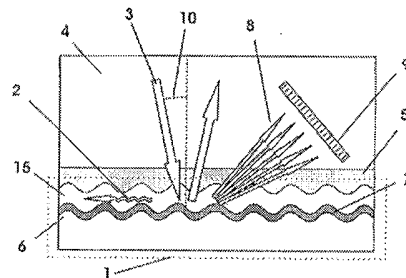
Patentové a licenční služby SSČ AV ČR, tř. Politických vězňů 7, Praha 1, 11121

(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob spektroskopie povrchových plazmonů pro senzory s povrchovými plazmony a element k provádění tohoto způsobu

(57) Anotace:

Způsob spektroskopie povrchových plazmonů (2) spočívá v tom, že se elektromagnetické záření (3) nechá dopadat na difrakční mřížku (6), na které se difrakcí excitují povrchové plazmony (2) a zároveň prostorově rozkládá spektrum vlnové délky elektromagnetického záření (3) v difragovaném svazku, přičemž se měří změny v prostorovém rozložení intenzity elektromagnetického záření vyvolané excitací povrchových plazmonů (2). Způsob se s výhodou provádí paralelně na alespoň dvou difrakčních mřížkách (6) nebo v alespoň dvou oblastech jedné difrakční mřížky (6) s využitím rozdílných svazků či částí svazků dopadajícího elektromagnetického záření. Elektromagnetické záření (3) vyzařuje z alespoň dvou zdrojů emitujících monochromatické elektromagnetické záření nebo ze zdroje polychromatického záření. Detekce difragovaného záření se zpravidla provádí pomocí alespoň dvou individuálních detektorů (9), lineárního pole detektorů, nebo dvou-dimensionálního pole detektorů. Senzorový element (1) vícekanálového senzoru s povrchovými plazmony (2) vyvinutý k provádění způsobu podle vynálezu je opatřen alespoň jednou difrakční mřížkou (6), která je kompletně nebo částečně pokrytá kovovou vrstvou (7) pro excitaci povrchových plazmonů (2). Pro účely studia molekul a jejich interakcí či detekci chemických či biologických látek je senzorový element (1) vícekanálového senzoru opatřen v alespoň jedné oblasti vrstvou obsahující vybrané molekuly.



CZ 2005 - 19 A3

Způsob spektroskopie povrchových plazmonů pro senzory s povrchovými plazmony a element k provádění tohoto způsobu

Vynález se týká způsobu spektroskopie povrchových plazmonů pro senzory s povrchovými plazmony a elementu k provádění tohoto způsobu.

Dosavadní stav techniky

Senzory patří mezi moderní prostředky pro měření fyzikálních, chemických a biologických veličin. Moderní senzory využívají rozličných metod – elektrických, optických, mechanických apod. Jednou z optických metod užívaných v senzorech je metoda optické excitace povrchových plazmonů. Povrchové plazmony jsou elektromagnetické vlny, které lze za určitých okolností vybudit například na rozhraní mezi kovem a dielektrikem (H. Raether: Surface plasmons on smooth and rough surfaces and on gratings, Springer-Verlag, Berlin, 1988). Protože elektromagnetické pole povrchového plazmonu je soustředěno při rozhraní v dielektrickém prostředí, jsou povrchové plazmony velmi citlivé ke změnám optických parametrů v tomto prostředí. V optických senzorech jsou povrchové plazmony buzeny elektromagnetickým zářením ve viditelné nebo infračervené oblasti spektra. Podmínka rezonanční vazby mezi elektromagnetickým zářením a povrchovými plazmony závisí na indexu lomu dielektrika. Proto lze změny indexu lomu dielektrika určit pomocí monitorování parametrů interakce mezi optickou vlnou a povrchovými plazmony. Senzory s povrchovými plazmony mohou sloužit jako citlivé refraktometry a lze je rovněž využít pro studium biomolekul a jejich interakcí a detekci chemických a biologických látek. Pro tento účel se senzory s povrchovými plazmony kombinují s látkami, které interagují specificky s vybranou látkou (např. protilátky, enzymy, DNA). Interakce mezi látkou upevněnou na povrchu senzoru a sledovanou látkou ve vzorku vede k lokálnímu zvýšení indexu lomu v blízkosti povrchu senzoru, které je detekováno pomocí opticky excitovaných povrchových plazmonů.

V současnosti existuje v senzorech s povrchovými plazmony řada konfigurací, ve kterých je optická excitace povrchových plazmonů realizována. Tyto konfigurace využívají hranolových (Sensors and Actuators, 4 (1983) 299 – 304; Electronics Letters, 23 (1988) 1469 – 1470) a mřížkových (Sensors and Actuators B, 8 (1992) 155 – 160) vazebních elementů či vláknových (Sensors and Actuators B, 12 (1993) 213 – 220; Analytical Chemistry, 66 (1994) 963 – 970) a integrovaně-optických (Sensors and Actuators B, 22 (1994) 75 – 81) vlnovodných struktur. V současnosti je v senzorech s povrchovými plazmony s mřížkovým vazebním elementem rezonanční vazba mezi optickou vlnou a povrchovými plazmony detekována pomocí měření změn intenzity (Biosensors, 3 (1987/88) 211-225), spektra úhlu dopadu (American Laboratory, 33 (2001) 37-40) nebo spektra vlnové délky odražené optické vlny (Measurements and Science Technology, 6 (1995) 1193-1200). Pro použití senzorů s povrchovými

plazmony k paralelní detekci více chemických nebo biologických látek nebo jejich interakcí byl realizován vícekanálový SPR senzor s mřížkovým vazebním členem, ve kterém je rezonanční interakce elektromagnetického záření s povrchovými plazmony detekována v úhlovém spektru odražené optické vlny (American Laboratory, 33 (2001) 37-40). Způsob vícekanálové detekce pro optické senzory s povrchovými plazmony založený na hranolovém vazebním členu a postupné excitaci povrchových plazmonů popisuje český patent č. 291 728 (J. Čtyroký, J. Dostálek, J. Homola).

Podstata vynálezu

Předmětem vynálezu je způsob detekce v senzorech s povrchovými plazmony a spektrálním vyhodnocováním, který se provádí tak, že se elektromagnetické záření nechá dopadat na difrakční mřížku, jež difrakcí excituje povrchové plazmony a zároveň prostorově rozkládá spektrum difragovaného elektromagnetického záření. Změny v prostorovém rozložení intenzity difragovaného svazku vyvolané excitací povrchových plazmonů se detekují pomocí systému umožňujícího měřit prostorové rozložení intenzity elektromagnetického záření.

Elektromagnetické záření se při provádění způsobu podle vynálezu vyzařuje z alespoň dvou zdrojů emitujících monochromatické elektromagnetické záření nebo ze zdroje polychromatického záření. Svazek elektromagnetického záření dopadá na povrch sensorového elementu s difrakční mřížkou a excituje povrchové plazmony v úzké oblasti vlnových délek. Excitace povrchových plazmonů je provázena změnou intenzity difragovaného elektromagnetického záření v této oblasti vlnových délek. Difragované záření různých vlnových délek se směrem od difrakční mřížky šíří pod různými úhly. Změny v spektrálním rozložení intenzity elektromagnetického záření způsobené excitací povrchových plazmonů se tak převádí ve změny v prostorovém rozložení intenzity elektromagnetického záření, které se následně měří pomocí detekčního systému, který detekuje prostorové rozložení intenzity difragovaného elektromagnetického záření (takový detekční systém je označován jako prostorově citlivý detektor). Měření rozložení intenzity difragovaného elektromagnetického záření umožňuje určit vývoj rezonanční interakce elektromagnetického záření a povrchových plazmonů a tím i odezvu senzoru.

Způsob podle vynálezu je založen na sensorovém elementu, který slouží jako vazební a zároveň jako disperzní člen. Tento sensorový element je opatřen difrakční mřížkou, která umožňuje excitovat povrchové plazmony na povrchu mřížky dopadajícím elektromagnetickým zářením a zároveň úhlově rozkládat spektrum difragovaného svazku elektromagnetického záření. Tato metoda je tak principiálně odlišná od existujících metod senzorů s povrchovými plazmony a spektrálním vyhodnocováním, které používají sensorový element pouze pro excitaci povrchových plazmonů a spektrální analýza elektromagnetického záření je prováděna odděleně pomocí spektrografu, jenž obsahuje samostatný

disperzní element. Způsob popsany v tomto patentu představuje podstatné zjednodušení konstrukce senzorů s povrchovými plazmony.

Metodu detekce v senzorech s povrchovými plazmony používající sensorový element 1 pro excitaci povrchových plazmonů 2 a úhlové rozkládání spektra vlnových délek lze realizovat následujícím způsobem. Elektromagnetické záření 3 obvykle ve viditelné či infračervené oblasti spektra se šíří prostředím 4 a pod úhlem 10 dopadá skrze prostředí 5 na sensorový element 1, který je opatřen difrakční mřížkou 6 a vrstvou kovu 7. Elektromagnetické záření 3 v úzké oblasti vlnových délek excituje pomocí difrakce na reliéfní mřížce 6 povrchové plazmony 2 na rozhraní kovu 7 a optického prostředí 5. Kromě toho se elektromagnetické záření 3 po dopadu na reliéfní mřížku 6 z části odráží a z části difraguje do rozbíhavého svazku 8, ve kterém se pod různými úhly šíří záření různých vlnových délek. Ve svazku 8 s rozloženým spektrem vlnových délek dochází ke změně intenzity difragovaného světla v pásmu vlnových délek, která excitují povrchové plazmony 2. Rozbíhavý svazek 8 dopadá na prostorově citlivý detektor 9, který umožňuje měřit prostorové rozložení intenzity elektromagnetického záření. Excitace povrchových plazmonů 2 na difrakční mřížce 6 se projevuje jako změna v rozložení intenzity elektromagnetického záření detekovaného prostorově citlivým detektorem 9.

Výše popsany způsob detekce využívající sensorový element 1 lze rozšířit pro vícekanálovou detekci z více sensorových oblastí následujícími způsoby, které lze navzájem kombinovat:

V první konfiguraci elektromagnetické záření 3 simultánně dopadá na více sensorových oblastí 12 s reliéfní mřížkou 6. Tyto sensorové oblasti 12 jsou řazeny paralelně se směrem šíření povrchových plazmonů 2. Difrakční mřížky 6 v různých sensorových oblastech 12 difragují elektromagnetické záření do prostorově oddělených rozbíhavých optických svazků 8 šířících se směrem od povrchu sensorového elementu 1. Tyto optické svazky 8 dopadají do různých částí prostorově citlivého detektoru 9.

V druhé konfiguraci elektromagnetické záření 3 dopadá na více sensorových oblastí 12 s reliéfní difrakční mřížkou 6. Tyto sensorové oblasti jsou řazeny kolmo na směr šíření povrchových plazmonů. Difrakční mřížky 6 v různých sensorových oblastech 12 difragují elektromagnetické záření do optických svazků 8 šířících směrem od povrchu sensorového elementu 1. Tyto svazky 8 dopadají do různých oblastí prostorově citlivého detektoru 9.

V třetí konfiguraci elektromagnetické záření 3 dopadá kolmo na více sensorových oblastí 12 s reliéfní difrakční mřížkou 6. V různých sensorových oblastech 12 jsou přitom difrakční mřížky 6 různě natočeny vůči středu prostorově citlivého detektoru 9. Difrakční mřížky 6 v různých sensorových oblastech 12 difragují elektromagnetické záření do optických svazků 8 šířících se směrem od povrchu sensorového elementu 1. Díky různému natočení difrakčních mřížek 6 v různých sensorových oblastech 12 dopadají difragované svazky 8 do různých oblastí prostorově citlivého detektoru 9.

Senzorový element 1 je zpravidla opatřen v alespoň jedné oblasti vrstvou 15 obsahující molekuly pro detekci nebo studium interakce chemických či biologických látek přítomných ve vzorku 5, který je v kontaktu s povrchem senzorového elementu 1.

Senzorový element 1 umožňující způsob detekce podle vynálezu lze vyrobit tradičními metodami (řezání, broušení, leštění, leptání atd.) ze skel, případně lisováním či litím polymerů. Tenké kovové vrstvy 7, na kterých jsou povrchové plazmony excitovány (např. zlato, stříbro) a případné překrytové vrstvy lze zhotovit metodami jako jsou vakuové napařování a naprašování. Jako prostorově citlivý detektor lze například použít lineární nebo dvou-dimenzionální detektor CCD, PDA nebo CMOS. Jako zdroj elektromagnetické záření lze použít například světlo emitující diody (LED) nebo žárové lampy nebo výbojky.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude blíže osvětlen pomocí výkresů. Obr. 1. znázorňuje způsob detekce v senzorech s povrchovými plazmony a spektrálním vyhodnocováním, založený na senzorovém elementu 1 s reliéfní difrakční mřížkou 6 pro difraktivní navázání elektromagnetického záření 3 do povrchových plazmonů 2 a rozložení spektra vlnových délek v difragovaném svazku 8 do různých směrů. Excitace povrchových plazmonů 2 a rozklad spektra difragovaného svazku 8 je realizován různými difrakčními řády mřížky. Obr. 2 znázorňuje provedení vícekanálové detekce podle vynálezu, používající senzorový element 1 s více senzorovými oblastmi 12 s reliéfní difrakční mřížkou 6. V různých senzorových oblastech 12 se spektrum difragovaného záření rozkládá do prostorově oddělených difragovaných svazků 8 šířících se od povrchu senzorového elementu 1 a dopadajících do různých oblastí lineárního prostorově citlivého detektoru 13. Obr. 3 znázorňuje provedení vícekanálové detekce podle vynálezu, používající senzorový element 1 s více senzorovými oblastmi 12 s difrakční mřížkou 6. V různých senzorových oblastech 12 se spektrum vlnových délek rozkládá do prostorově oddělených difragovaných svazků 8 dopadajících na různé oblasti dvou-dimenzionálního prostorově citlivého detektoru 14. Obr. 4 znázorňuje provedení vícekanálové detekce podle vynálezu, používající senzorový element 1 s více senzorovými oblastmi 12 s různě natočenou difrakční mřížkou 6. V různých senzorových oblastech 12 se spektrum vlnových délek rozkládá do prostorově oddělených difragovaných svazků 8 dopadajících do různých oblastí dvou-dimenzionálního prostorově citlivého detektoru 14. Obr. 5 znázorňuje provedení senzorového elementu jako planární destičky 16 s polem difrakčních mřížek 6.

Příklady provedení vynálezu

Příklad 1.

Obr. 1 znázorňuje provedení metody detekce v senzorech s povrchovými plazmony používající pro navázání elektromagnetického záření 3 do povrchových plazmonů 2 a úhlový rozklad spektra vlnových délek sensorový element 1 s reliéfní difrakční mřížkou 6. Kolimované elektromagnetické záření 3 se šíří optickým prostředím 4 a pod úhlem 10 dopadá skrze optické prostředí 5 na sensorový element 1, který je opatřen periodickou reliéfní difrakční mřížkou 6 a vrstvou kovu 7. Na rozhraní kovu 7 a optického prostředí 5 elektromagnetické záření 3 druhým difrakčním řádem excituje povrchové plazmony 2 v úzké oblasti vlnových délek. Excitace povrchových plazmonů 2 je provázána absorpcí energie elektromagnetického záření 3 v této oblasti spektra. Elektromagnetické záření 3 je po dopadu na reliéfní mřížku 6 navázáno do prvního difrakčního řádu, který tvoří rozbíhavý svazek 8. V tomto svazku 8 se šíří elektromagnetické záření různých vlnových délek pod různými úhly od povrchu sensorového elementu 1. V rozloženém spektru vlnových délek 8 dochází ke změně intenzity záření v oblasti vlnových délek, které excitují povrchové plazmony 2. Úhlově rozložené spektrum a jeho změny lze detekovat prostorově citlivým detektorem 9.

Příklad 2.

Obr. 2 znázorňuje provedení metody vícekanálové detekce v senzorech s povrchovými plazmony používající pro navázání elektromagnetického záření 3 do povrchových plazmonů 2 a úhlové rozložení spektra vlnových délek sensorový element 1 s více sensorovými oblastmi 12 s reliéfní difrakční mřížkou 6. Kolimované elektromagnetické záření 3 simultánně dopadá na více sensorových oblastí 12, které jsou řazeny paralelně ke směru šíření povrchových plazmonů 2 excitovaných dopadajícím elektromagnetickým zářením 3. Difrakční mřížky 6 v různých sensorových oblastech 12 vyvazují elektromagnetické záření do prostorově oddělených rozbíhavých optických svazků 8, které se šíří od povrchu sensorového elementu 1 a dopadají do různých oblastí lineárního prostorově citlivého detektoru 13. V difragovaných svazcích 8 se záření různých vlnových délek šíří pod různými úhly od povrchu sensorového elementu 1. Prostorového oddělení difragovaných svazků 8 lze například dosáhnout různou velikostí periody difrakční mřížky 6 v různých sensorových oblastech 12.

Příklad 3.

Obr. 3 znázorňuje provedení metody vícekanálové detekce v senzorech s povrchovými plazmony používající pro navázání elektromagnetického záření 3 do povrchových plazmonů 2 a úhlové rozložení spektra vlnových délek sensorový element 1 s více sensorovými oblastmi 12 s reliéfní difrakční mřížkou 6. Kolimované elektromagnetické záření 3 simultánně dopadá na více sensorových oblastí 12, které jsou řazeny kolmo ke směru šíření povrchových plazmonů 2 excitovaných dopadajícím elektromagnetickým zářením 3. Difrakční mřížky 6 v různých sensorových oblastech 12 difragují elektromagnetické záření do prostorově oddělených rozbíhavých optických svazků 8, které

se šířící od povrchu sensorového elementu 1 a dopadají do různých oblastí dvou-dimenzionálního prostorově citlivého detektoru 14. V difragovaných svazcích 8 se záření různých vlnových délek šíří pod různými úhly od povrchu sensorového elementu 1.

Příklad 4.

Obr. 4 znázorňuje provedení metody vícekanálové detekce v senzorech s povrchovými plazmony používající pro navázání elektromagnetického záření 3 do povrchových plazmonů 2 a úhlové rozložení spektra difragovaného záření sensorový element 1 s více sensorovými oblastmi 12 s reliéfní difrakční mřížkou 6. Kolimované elektromagnetické záření 3 simultánně dopadá na více sensorových oblastí 12. Difrakční mřížky 6 v různých sensorových oblastech 12 jsou různě natočené vůči středu dvou-dimenzionálního prostorově citlivého detektoru. Difrakční mřížky 6 v různých sensorových oblastech 12 difragují elektromagnetické záření do prostorově oddělených rozbíhavých optických svazků 8, které se šíří od povrchu sensorového elementu 1 a dopadají do různých oblastí dvou-dimenzionálního prostorově citlivého detektoru 14. V difragovaných svazcích 8 se záření různých vlnových délek šíří pod různými úhly od povrchu sensorového elementu 1.

Příklad 5.

Obr. 5 znázorňuje provedení sensorového elementu 1 jako rovinné destičky 16 s polem sensorových oblastí 12. Každá ze sensorových oblastí je opatřena difrakční mřížkou 6 pro navázání elektromagnetického záření 3 do povrchových plazmonů 2 a úhlový rozklad spektra difragovaného záření.

Průmyslová využitelnost

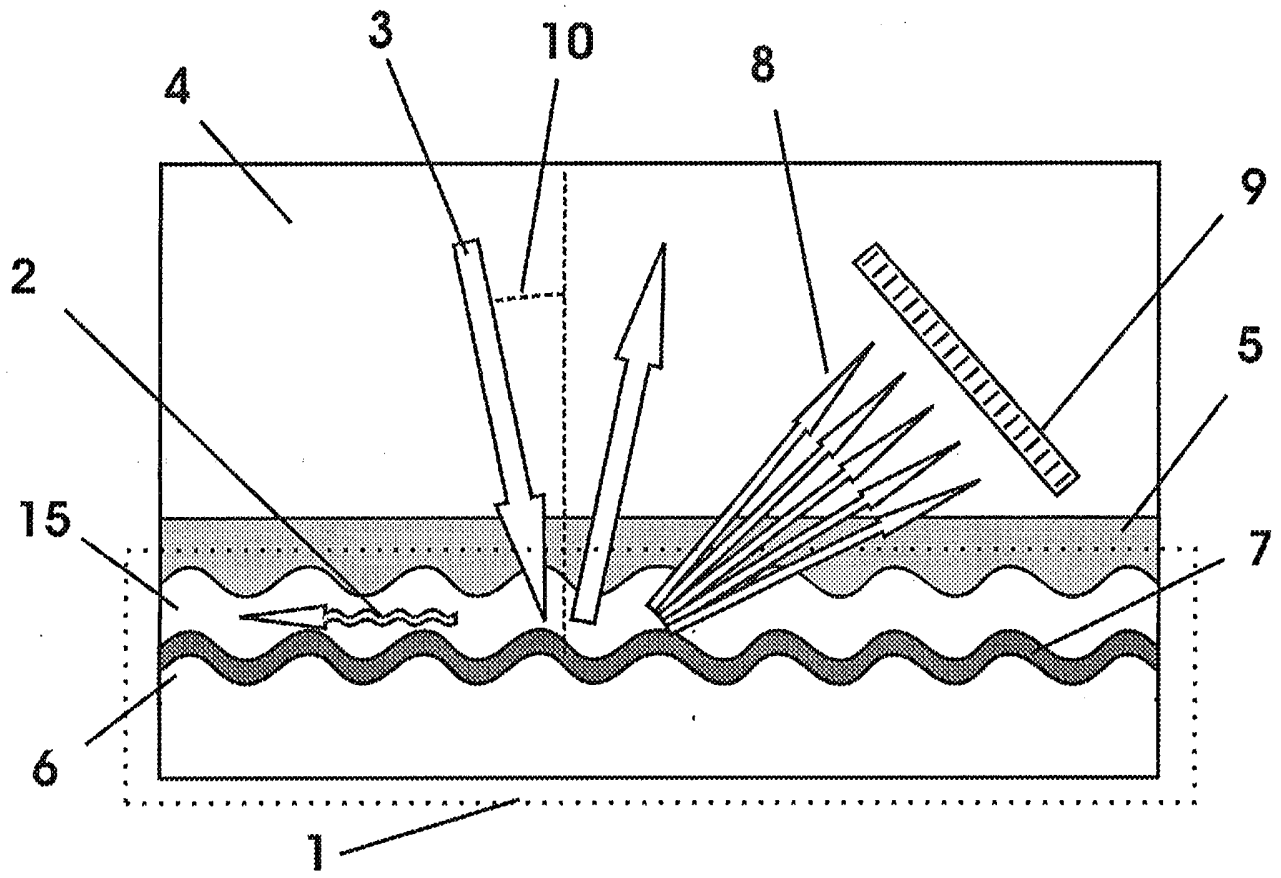
Navrhované řešení může být využito v mnoha oborech, jako je lékařství (stanovení přítomnosti a koncentrací důležitých látek), farmaceutický průmysl (vývoj a kontrola léčiv), potravinářství (kontrola jakosti potravin, detekce škodlivin), ochrana životního prostředí (monitorování znečištění vody a ovzduší), vojenství a ochrana proti terorismu (detekce otravných látek).

PATENTOVÉ NÁROKY

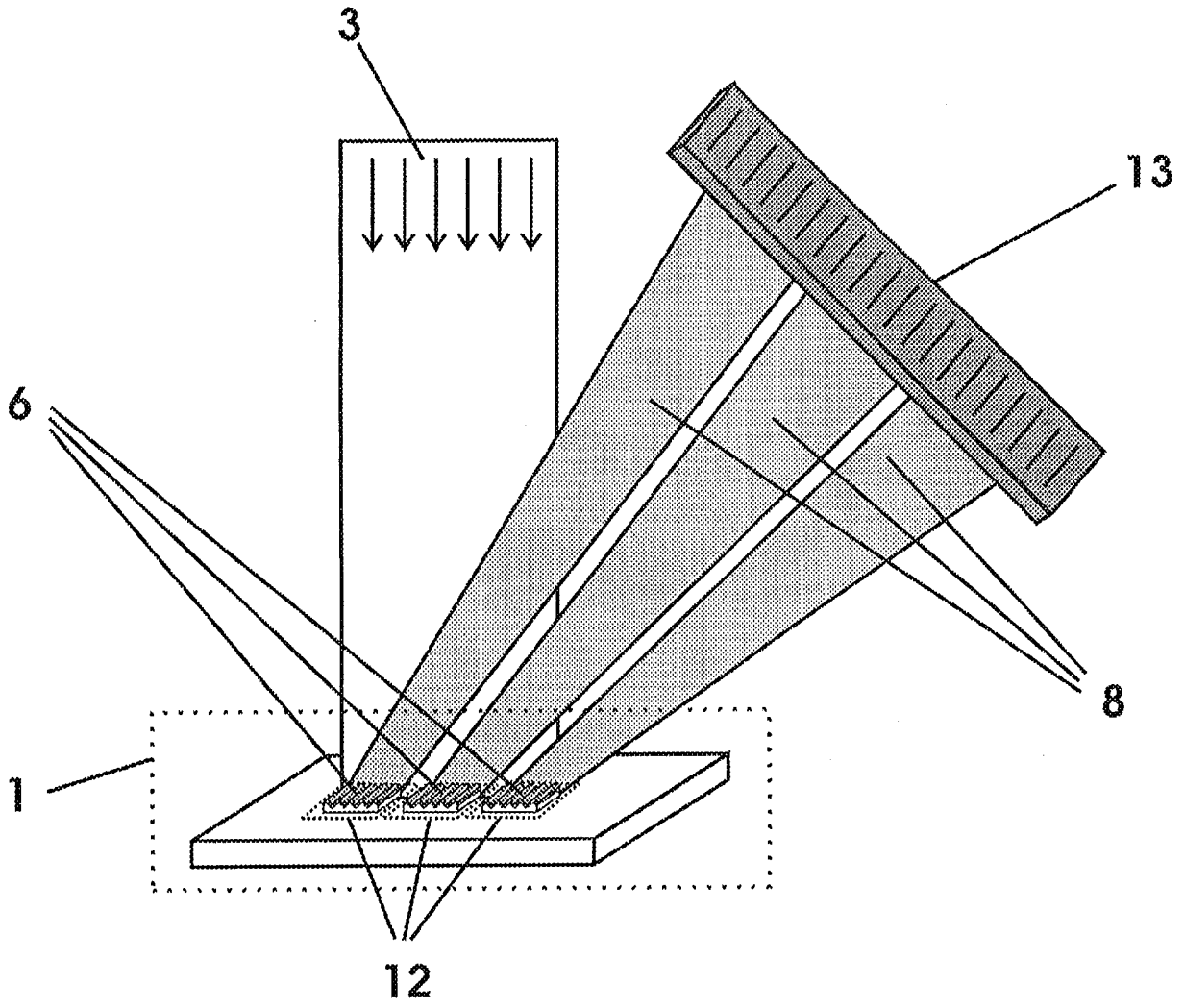
1. Způsob spektroskopie povrchových plazmonů, *vyznačující se tím*, že se elektromagnetické záření nechá dopadat na difrakční mřížku, na které se difrakcí excitují povrchové plazmony a zároveň prostorově rozkládá spektrum elektromagnetického záření v difragovaném svazku, přičemž se detekují změny v prostorovém rozložení intenzity difragovaného svazku vyvolané excitací povrchových plazmonů.
2. Způsob spektroskopie povrchových plazmonů, podle nároku 1, *vyznačující se tím*, že tento způsob se provádí paralelně na alespoň dvou difrakčních mřížkách nebo v alespoň dvou oblastech jedné difrakční mřížky s využitím rozdílných svazků či částí svazků dopadajícího elektromagnetického záření.
3. Způsob spektroskopie povrchových plazmonů, podle nároku 1, *vyznačující se tím*, že se elektromagnetické záření vyzařuje z alespoň dvou zdrojů emitujících monochromatické elektromagnetické záření nebo ze zdroje polychromatického záření.
4. Způsob spektroskopie povrchových plazmonů, podle nároku 1, *vyznačující se tím*, že se difragované záření detekuje pomocí alespoň dvou individuálních detektorů, lineárního pole detektorů, nebo dvou-dimensionálního pole detektorů.
5. Sensorový element (1) vícekanálového senzoru s povrchovými plazmony k provádění způsobu podle nároku 1, *vyznačující se tím*, že je opatřen difrakční mřížkou nebo více difrakčními mřížkami, jejichž plocha je kompletně nebo částečně pokrytá kovovou vrstvou (7) pro excitaci povrchových plazmonů (2).
6. Sensorový element (1) vícekanálového senzoru podle nároku 5, *vyznačující se tím*, že je opatřen v alespoň jedné oblasti (12) sensorového elementu vrstvou obsahující vybrané molekuly pro studium molekul a jejich interakcí či detekci chemických či biologických látek.

12.01.05

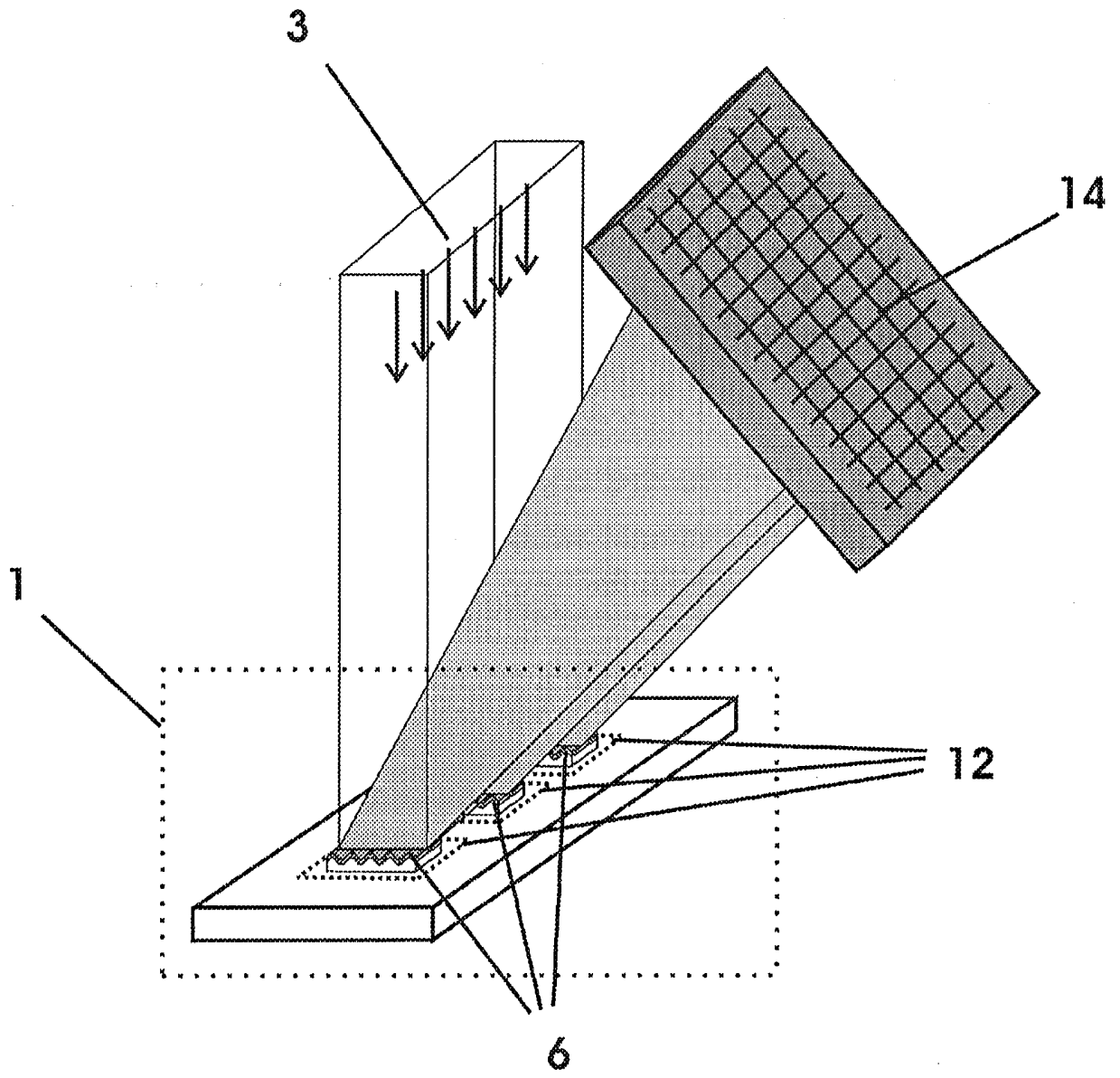
Obr. 1



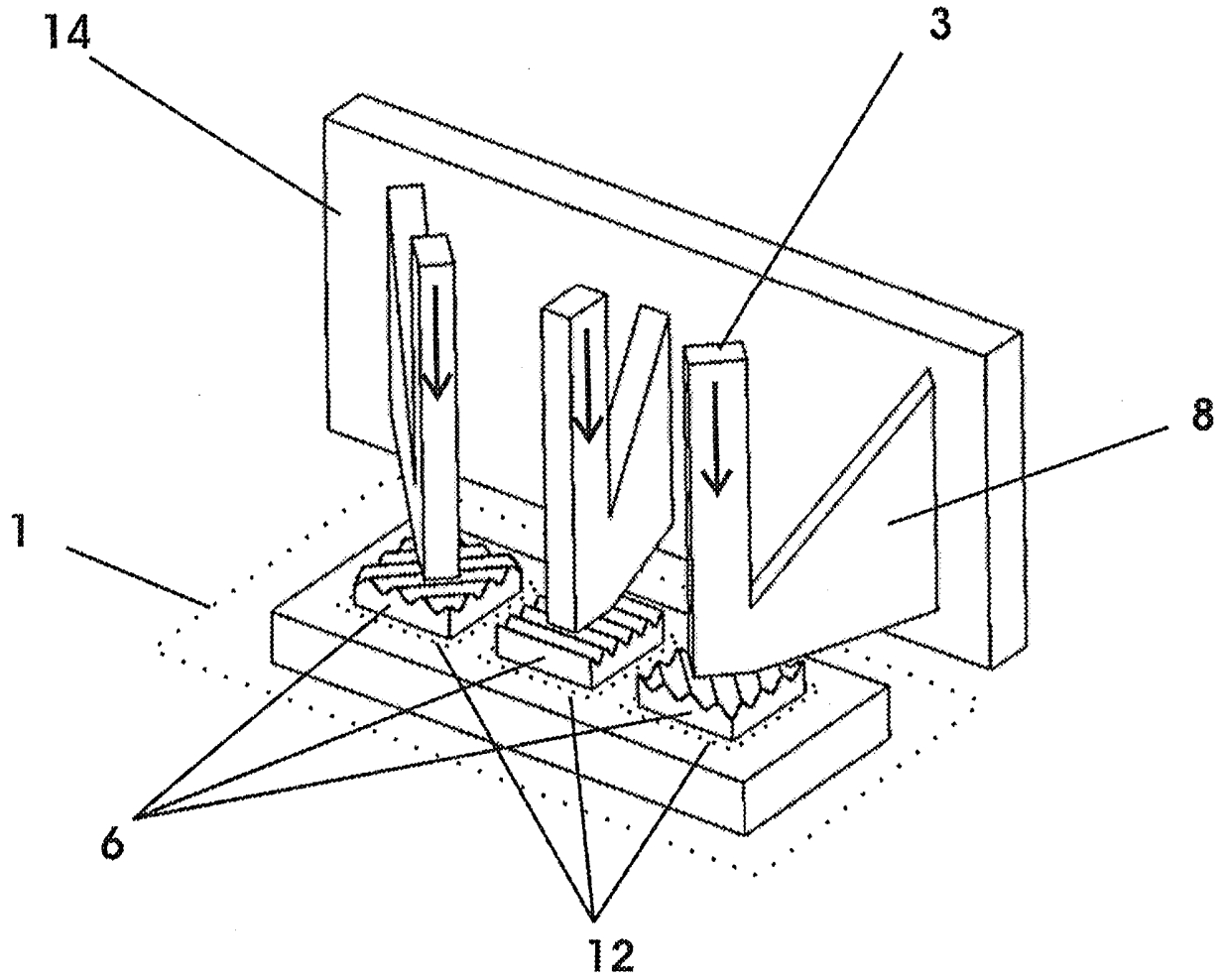
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5

