

# PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

## 2018-37

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

**B32B 7/02** (2006.01)  
**B32B 33/00** (2006.01)  
**G01S 7/38** (2006.01)  
**H01Q 17/00** (2006.01)  
**F41H 3/02** (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **24.01.2018**

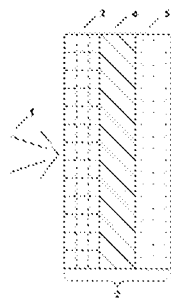
(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **31.07.2019**  
(Věstník č. 31/2019)

(71) Přihlašovatel:  
Czech Defense s.r.o., Znojmo, CZ

(74) Zástupce:  
Milan Škoda, Nahořanská 308, 549 01 Nové Město  
nad Metují, Krčín

(54) Název přihlášky vynálezu:  
**Kompozitní materiál**

(57) Anotace:  
Kompozitní materiál, zejména sendvičový kompozitní materiál (2), obsahující nejméně tři k sobě spojené vrstvy, který obsahuje první vodivou vrstvu (3), za kterou je uspořádána první dielektrická vrstva (4), za kterou je uspořádána druhá vodivá vrstva (5), jejíž měrná elektrická vodivost je stejná nebo vyšší než měrná elektrická vodivost první vodivé vrstvy (3).



## Kompozitní materiál

### Oblast techniky

5

Vynález se týká kompozitního materiálu, zejména sendvičového kompozitního materiálu k realizaci pasivní virtuální elektromagnetické reality.

### 10 Dosavadní stav techniky

Prudký rozvoj materiálového inženýrství zasahuje do mnoha průmyslových odvětví, přičemž bezpečnostní a vojenské aplikace nejsou samozřejmě výjimkou. Výzkum a vývoj v oblasti průzkumných systémů a ochrana před ním, představuje klasický soubor ochranných/obránných a  
15 útočných technologií od dávných dob. Klasické řešení technologií maskování a kamufláže ve viditelném spektru byly s objevem radarové techniky následovány i hledáním maskovacích a kamuflážních systémů a technologií ve spektru rádiovém či infračerveném.

20 První snahy o řešení úkolů elektromagnetické neviditelnosti v oblasti rádiových vln se datují již do období druhé světové války, kdy se jednalo zejména o ukrytí letounů při nočních misích či další vojenské techniky před možností lokalizace radarovými systémy. Následovala další řešení pro viditelnou i infračervenou část elektromagnetického spektra.

25 Již v počátku řešení těchto úkolů se objevila řešení využívající parazitních anténních struktur v provedení dipólů s rozměry odpovídajícími polovině vlnové délky použitých radarových zařízení. Realizovány byly proužky tenkých kovových fólií a pomocí letadel byla vyhazována obrovská množství takovýchto parazitních dipólů nad územím zájmu rušení radarové techniky.

30 V boji na zemi se využívaly kovové konstrukce s koutovými odražeči, realizujícími zvýšení rozptylu odražených vln radarových signálů, čímž tato řešení způsobovala zásadní snížení přesnosti použitých radarů, včetně vzniku chybových signálů.

Následně se začaly uplatňovat materiály pohlcující elektromagnetické záření, a to ideálně tak, aby nedocházelo k odrazům a radarové systémy byly zmateny. Tato řešení však v drtivé většině  
35 případů stále nedosahují potřebných účinností a tak je častěji volen způsob matení pomocí různých technologií realizujících odrazení či rozptyl dopadajících elektromagnetických signálů z průzkumných radarů či jiných systémů.

40 Za jedno z neúčinnějších řešení je považována technologie „Stealth“, realizovaná feritovými vrstvami, pohlcujícími elektromagnetické záření v kombinaci s lomenými plochami realizujícími rozptyl odražených elektromagnetických vln. Vzhledem k utajování těchto technologií je jen velmi obtížně možné analyzovat jejich účinnost.

45 V oblasti teoretických úvah se objevují i řešení aktivních prvků ochrany před elektromagnetickým zářením, kdy je chráněný objekt v podstatě obalen tenkou vrstvou elektromagnetického mraku, se kterým by dopadající elektromagnetické signály interagovaly.

Z fyzikálních principů je tedy úkolem zajistit co nejkvalitnější konstrukci krycího materiálu z pohledu absorpce a nízké úrovně odrazu dopadajících elektromagnetických (dále EM) vln.  
50 Mezi moderní trendy patří řešení pomocí takzvaných metamateriálů, které díky své konstrukci dosahují neobvyklých materiálových vlastností, zejména z pohledu elektromagnetických parametrů. Tyto uměle připravené materiálové struktury tak například vykazují zápornou permitivitu či permeabilitu.

Současné způsoby řešení elektromagnetického maskování a kamufláže využívají několika základních principů, mezi něž lze řadit takzvané aktivní systémy, které obsahují zdroje záření, které svou činností buď mate průzkumnou techniku, díky interferenci s radarovými signály aktivních průzkumných systémů, nebo podvrhům vysíláním charakteristických typů generovaných elektromagnetických signálů pro pasivní radarové systémy. Dále jsou známé anténní systémy, které zahrnují anténní struktury různých typů, realizující zátěže zapojené zejména nakrátko pro odraz vysílaných radarových signálů směrem zpět k vysílači, které tak způsobují matení či zašumění radarové techniky. Znamé jsou také takzvané pasivní návnady, což jsou systémy umožňující lokalizaci podvržených, tedy falešných cílů.

Co se týká aktivních systémů, tak ty zahrnují řešení se zdroji záření, které svou činností buď matou, nebo ruší průzkumnou techniku. To vše zpravidla díky interferenci s radarovými signály aktivních průzkumných systémů, nebo díky podvrhům vysíláním charakteristických typů generovaných elektromagnetických signálů pro pasivní radarové systémy.

Mezi tato řešení patří například řešení popsané v patentovém dokumentu US 7199344 B2. Je zde využito zařízení s několika zdroji elektromagnetického záření, které generují určené spektrum EM záření, a řídicí jednotkou, která nastavuje zdroje elektromagnetického záření tak, aby generovaly EM spektrum shodné s EM spektrem, které obklopuje požadovaný objekt.

V dalším patentovém dokumentu US 3127608 je dále popsán způsob objektové kamufláže, který je založen na odrazu či absorpci radarového spektra s lineárním elektronovým akcelerátorem umístěným v přední části letadla, využitým k ionizaci vzduchu pod letadlem. Takto ionizovaný, i když pouze lokální, mrak mění fyzikální vlastnosti v okolí akcelerátoru a umožňuje tak bránit podle autorů detekci letadla radarem.

Zařízení pro radiovou kamufláž je dále popsáno v patentovém dokumentu RU 2360365. Toto zařízení je určeno pro maskování radiových vln počítačových a řídicích systémů. Využívá se efektu rozšíření spektra vysokofrekvenčního záření a snížení nerovnoměrnosti spektrální hustoty signálu vznikajícího činností počítačového vybavení a řídicích systémů.

Nevýhodou výše uvedených řešení je však samotná jejich povaha, tedy nutnost budovat infrastrukturu vyzařujících prvků, které lze snadno zaměřit a lokalizovat pasivními radary.

Co se týká anténních systémů, tak ty obsahující anténní struktury různých typů, realizující zátěže zapojené zpravidla nakrátko, pro maximální odraz vysílaných radarových signálů.

Z patentového dokumentu US 4606848 je známo využití nátěru pro pohlcování a rozptyl dopadajícího mikrovlnného záření. Nátěr obsahuje dipólové segmenty vyrobené z elektricky vodivých vláken.

Z dalšího patentového dokumentu US 4621012 je znám materiál, který maskuje vlnové délky od viditelného světla po radarové vlny. Je složen z textilie, měkké termoplastové vrstvy s dipólovými anténami určené pro absorpci radarových vln, kovové vrstvy pro odrazení infračerveného záření a přenos radarových vln, a vrstvy s nátěru.

Radarový kamuflážní materiál je dále známý z patentového dokumentu US 5014070. Je zde popsán maskovací materiál radarových vln, tvořený tenkou vrstvou dielektrického materiálu s různými anténními prvky, především kruhovými, které jsou zakončeny impedancí s čistě reaktivní složkou.

Společnou nevýhodou těchto řešení je relativní úzkopásmovost řešení, neboť realizované anténní prvky musí pro správnou činnost řešení odpovídat svými rozměry nejčastěji polovině vlnové délky, jinak jejich účinnost klesá. Pokud není splněna podmínka vhodných velikostí, může naopak být takové maskování zdroje nežádoucích parazitních odrazů.

Co se týká návnadových systémů, tak ty realizují struktury umožňující lokalizaci podvržených, tedy falešných cílů.

5 Z patentového dokumentu US 4884076 je známo zařízení, jehož funkce je založena na principu matení radaru pomocí návnad v podobě ztuhlé pěny, jejíž tvar odpovídá tvaru simulovaného objektu. Využívají se zde implementované diskrétní elektricky vodivé prvky pro odraz radarových vln. Nevýhodou řešení je nejen způsob realizace návnad jako pevných objektů, které ztěžují následný transport, ale zejména využití diskrétních elektricky vodivých prvků, které  
10 neumožňují správnou reakci řešení na různé vlnové délky. Řešení tak může spíše mást použité průzkumné technologie, než realizovat věrohodné virtuální objekty, které musí vykazovat své „správné“ elektromagnetické chování v širším spektru kmitočtů.

Z dalšího patentového dokumentu US 4659602 je známa maskovací podložka s podkladovou  
15 vrstvou a se všívanými prameny příze připevněnými k podkladové vrstvě, na které poté vytváří smyčky o různé velikosti a barvách. Tímto způsobem se simuluje terén, či krajina. Odraz a absorpce viditelného světla, ultrafialového (dále UV) záření i mikrovlnného záření je podle tohoto dokumentu způsobena různými materiály obsaženými ve všívaných pramenech. Nevýhodou řešení je opět spíše schopnost matení průzkumných systémů, než účinné maskování  
20 či vytváření virtuálních objektů. Důvodem je opět využití konstrukce podložky všíváním pramenů příze k podkladové vrstvě. Principiálně opět nemůže být dosaženo vhodného širokopásmového chování vůči buzení dopadajícími elektromagnetickými vlnami, neboť rozměry a tvary vykazují spíše pravděpodobnostní charakter rozdělení, než účelné rozmístování v ploše podložky.

25 Znamé jsou také různé typy vrstvených materiálů, které způsobují odraz a absorpci dopadajících elektromagnetických vln s různou účinností danou vyspělostí konkrétního technického řešení.

Například z patentového dokumentu US 3325808 je znám materiál, který využívá útlumový  
30 článek obsahující vodivou vrstvu a vrstvu odporového materiálu. Tyto dvě vrstvy jsou od sebe vzdáleny a dle potřeby je vyplní kapalina o známé permitivitě. Tloušťku náplně lze měnit, a to včetně množství kapaliny, čímž se mění permitivita celého útlumového článku. Nevýhodou řešení je schopnost pouze měnit úroveň útlumu dopadajícího EM záření, avšak řešení neumožňuje v širším pásmu frekvencí regulovat či potlačit odraz EM vlny.

35 Z patentového dokumentu US 20090317596 je dále známa elektromagnetická maskovací deka, která je složena ze třech částí, a to z ohebné fólie, vnitřní a vnější části. Vnitřní část obsahuje pokovenou vrstvu a přiléhá k maskovanému zařízení. Vnější část obsahuje náhodné záhyby, které jsou tvořeny maskovací sítí spojenou s ohebnou dielektrickou sítí, a které vytváří mezi těmito  
40 dvěma sítěmi vzduchovou mezeru. Dielektrická síť je na bázi uhlíku s vodivostí v rozmezí vodivosti 1-100 S/m. Ohebná fólie je na bázi polymeru s maximální tloušťkou 0,3 mm. Nevýhodou řešení je zajištění pouhé schopnosti stínit a zejména odrážet dopadající EM vlnění, a to i v širších frekvenčních pásmech. Tím lze realizovat systémy pro matení průzkumných systémů, ale nelze zajistit realizaci kvalitních virtuálních objektů. Další nevýhodou je použití  
45 pokovených fólií, které mohou v exteriérech degradovat (díky oxidaci a následné korozi), zároveň omezují flexibilitu realizovaného materiálu.

Plošný kamuflážní materiál, který se skládá ze tří vrstev, je znám z patentového dokumentu US  
50 4953922. První vrstva je tvořena kovovou fólií s alespoň jednou odrazivou plochou namířenou proti potenciálnímu pozorovateli. Druhá vrstva s tloušťkou pod 1  $\mu\text{m}$  je umístěna těsně za první vrstvou a slouží jako absorpční materiál pro viditelné světlo, infračervené záření o vlnových délkách do 2  $\mu\text{m}$  a tepelné infračervené záření o vlnových délkách 3-100  $\mu\text{m}$ . Vrstva obsahuje částice niklu a jeho oxidů. Třetí vrstva je tvořena z plastu o tloušťce 10-20  $\mu\text{m}$  a slouží pro absorpci záření o vlnových délkách 8-13  $\mu\text{m}$ . Nevýhodou řešení pro aplikace elektromagnetické  
55 kamufláže je fakt, že takto realizovaná kamufláž pouze mate průzkumné systémy, díky

maximálnímu odrazu dopadajících EM vln. Tím ještě více upozorňuje na svou přítomnost v oblasti zájmu elektromagnetického průzkumu. Navíc použití kovových fólií snižuje flexibilitu kamufláže.

- 5 Patentový spis CN 206420380 dále popisuje kompozitní materiál v podobě pěny grafitu alkenu obsahující několik vrstev, tj. vodivá vrstva, vrstva polymerizace, síť skleněných vláken, atd., pro účely absorpce elektromagnetických vln v kmitočtovém rozsahu 8 – 60 GHz, se stínící účinností 30 dB. Z popsaných nároků vyplývá, že se jedná o síťovou strukturu obalenou pěnovým grafenem. Z podstaty věci však takové uspořádání nemůže zajistit široké spektrum požadavků na  
10 elektromagnetickou kamufláž, a to právě díky použité síťované struktuře, kdy velikosti ok sítě zásadně ovlivňují elektromagnetické parametry. Tomu odpovídá i frekvenční pásmo. Patent navíc řeší pouze problematiku stínění, nikoliv však problematiku změny koeficientu odrazu, která je hlavním parametrem při řešení úkolů elektromagnetické kamufláže. Frekvenční pásmo popisovaného řešení začínající na 8 GHz nepokrývá konvenční technologie elektromagnetického  
15 průzkumu.

Materiál absorbující elektromagnetické vlny s cílem maskovat objekt před signály radaru, který se sestává z několika vrstev: kovová odrazivá vrstva, povrchová vrstva absorbující povrchovou vlnu, vrstva impedančního přizpůsobení, střední a povrchová vrstva absorbující teplo, z nichž  
20 všechny jsou postupně uspořádány zdola nahoru, popisuje patentový spis CN105799260 (A). Ze studia patentových nároků a popisu patentu ve spisu vyplývá, že se jedná o kompozitní uspořádání polymerního materiálu, vyráběného na bázi pryskyřic a tedy materiálu neflexibilního - jedná se o pevné útvary - desky. Jednotlivé vrstvy jsou definovány se skokovou změnou materiálových a také elektromagnetických vlastností, což neumožňuje realizovat materiál s  
25 širokým spektrem aplikací elektromagnetické kamufláže nebo materiály s požadovanou mírou účinnosti redukce či emulace koeficientu odrazu. Nevýhodou je i pevná konstrukce materiálu (desek), která neumožňuje balit obecné tvary objektů.

Maskovací síť včetně rezonančního absorbéru pro dopadající elektromagnetické vlny o vlnové  
30 délce ve volném prostoru mezi asi 1-20 cm popisuje patentový dokument US 3315259. Maskovací síť se skládá z několika vrstev, kterými jsou krycí vrstva, vrstva pro impedanční přizpůsobení, 4 vrstvy zajišťující fázový posun a absorpci, a dále pak ještě z kovové základny. Zmíněné vrstvy pro impedanční přizpůsobení, fázový posun a absorpci obsahují několik výčnělků, které jsou ve tvaru komolého jehlanu, rovnostranného trojúhelníku či čtverce.  
35 Nevýhodou řešení je nejen nedostačující uvažované pásmo 30MHz až 1,5 GHz, ale i navržená konstrukce, která z principu musí dosahovat značné tloušťky, zejména použitím komolých jehlanů a dalších útvarů vůči uvažovaným pracovním kmitočtům. Navržené řešení využívá různých tloušťek vrstev a rozměrů štěrbin, podle požadované pracovní frekvence. Toto řešení sice umožňuje naladit materiál na požadované frekvence, ale řešení nemůže pracovat  
40 širokopásmově. Navíc řešení využívá kovových a pokovených fólií, což ztěžuje možnost manipulace s celkovým materiálem a zesložituje i jeho výrobu.

Z dalšího patentového dokumentu US 5312678 je znám kamuflážní materiál, který obsahuje uhlíkaté materiály pro absorpci a/nebo odraz elektromagnetického záření (zejména mikrovlnného  
45 záření). Materiál obsahuje alespoň jednu vrstvu z nevodivého nehořlavého fluorovaného nebo nefluorovaného uhlíkatého materiálu pro absorpci infračerveného záření. Dále pak alespoň jednu vrstvu elektricky vodivého materiálu pro absorbování elektromagnetických vln. Podstatou patentu je vrstvení materiálů na bázi uhlíkatých vláken pro absorpci zejména radarových vln. Nevýhodou řešení je využití vláken na bázi uhlíku, které sice umožňují efektivně realizovat  
50 tlumící vrstvy, které způsobují útlum energie EM záření, ale jen obtížně zamezují efektům odrazů EM vln. Řešení spojuje schopnost tlumení infračerveného záření a radarových vln, avšak jeho účinnost pro pohlcení dopadajících EM vln, bez jejich odrazu, je nízká. Navíc využití uhlíkových vláken v kombinaci s fóliemi a pěnovými materiály zesložituje hromadnou výrobu.

Z patentového dokumentu US 4495239 je znám kamuflážní vrstvený materiál pro maskování v oblasti viditelného světla, radarového spektra (3 - 3000 GHz) a infračerveného záření (1 – 20  $\mu\text{m}$ ). Základní vrstva je tvořena napařenou kovovou odrazivou vrstvou s povrchovou vodivostí 0,1 – 10  $\Omega/\text{square}$  a na ní namalovanou maskovací vrstvou. Nevýhodou řešení je skutečnost, že pokrývá pásma až od 3GHz a navíc je jeho konstrukce pro elektromagnetické záření realizována pouze pro útlum a odraz dopadajícího EM záření, bez schopnosti dopadající EM vlny absorbovat.

Další kamuflážní vrstvený materiál je známý z patentového dokumentu US 3733606. Je zde využít vrstvený materiál pro absorpci a odraz radarových vln, u kterého je alespoň jedna vrstva z tenké nehomogenní elektricky vodivé fólie, která může být tvořena kovovou mřížkou, kovovými či pokovenými vlákny, vločkami nebo vrstvou koloidních vodivých částic.

Deku pro maskování radarového a tepelného záření je dále známa z patentového dokumentu US 3300781. Vrstvený materiál je, podle popisu, tvořen minimálně 2 vrstvami, které jsou tvořeny tenkou plastovou fólií, a na každou vrstvu je vakuově napařen kovový materiál.

Z dalšího patentového dokumentu US 20080220269 je znám maskovací materiál pro použití v zasněženém prostředí. Obsahuje laminátovou, extrudovanou, polyethylenovou fólii, hliníkovou vrstvu na jedné straně fólie a nylonovou vrstvu na druhé straně. Výsledný bílý materiál je odrazivý pro radar a tepelné záření.

Podstatou výše uvedených řešení je využití jedné kovové vrstvy v podobě tenkého elektricky vodivého filmu a jedné izolační vrstvy, neumožňuje zamezit odrazu dopadajícího EM vlnění, což je hlavní nevýhodou těchto řešení. Navíc, použitá skladba materiálů neumožňuje spojitě měnit elektrické parametry sestavy, a tím nastavit požadované elektromagnetické chování celé kamufláže maskování.

Další patentový dokument US 7511653 B2 představuje kamuflážní systém složený ze substrátu, kdy první vrstva na substrátu je tvořena polymerovou maticí s magnetickými nanočásticemi rozprášenými na polymerové matici a druhé vrstvy přilehlé k první vrstvě s druhou polymerovou maticí a černého uhlíku, rozptýleného v této druhé polymerové matici. Řešení využívá polymerních matic se zabudovanými oxidy železa, což způsobuje zajištění požadavků na útlum energie EM záření pouze v úzkém frekvenčním pásmu, jak vyplývá z předložených měření v přihlášce patentu.

Z dalšího patentového dokumentu UA88989 je znám maskovací kryt či síť, například pro výrobu textilní masky s materiálem, který podle autorů absorbuje, odráží a rozptyluje EM záření. Pásky z tohoto materiálu jsou stlačeny mezi vrstvy vodě odolného materiálu z polymeru. Navržené řešení neumožňuje díky použitým páskám, jejich orientaci a stlačení mezi polymerní vrstvy a nedovolí tak zajistit dostatečnou absorpci a minimální odraz EM záření dopadajícího na realizovanou síť.

Kamufláží textilie je dále známa z patentového dokumentu KR20130035821. Textilie je využita pro stínění EM záření, pro ochranu před tepelným zařízením a pro vytvoření vizuálního maskovacího efektu. Navržený způsob neřeší s dostatečnou účinností omezení odrazu EM záření, které je dle provedených experimentů při použití jedné vrstvy textilie v podstatě jen tlumeno a jen s minimální účinností dochází k omezení odrazů.

Z dalšího patentového dokumentu RU2011146774 je známo řešení přístřešku obsahujícího kostru, krytí a povlak, který absorbuje a odráží EM vlny. Krytí je z několikavrstevné tkaniny odolného proti kulkám. Řešení popisuje standardní aplikaci maskovacích prostředků za pomoci kotevních prvků a podpěr. Patent neuvádí, jakým způsobem je dosahováno deklarovaných vlastností absorpce a nízkého odrazu EM vln.

Z patentového dokumentu RU2008144276 je známo zařízení pro maskování vlnových délek od několika centimetrů až po desítky metrů s tloušťkou zařízení ne více než 2 mm. Zařízení je složeno z elektricky vodivé základny, dielektrika a elektricky vodivé stínící vrstvy s definovanými otvory. Řešení představuje klasický postup řešení pasivních anténních prvků v provedení fliček, tvořených různými šterbinami, které tak realizují zátěž pro dopadající EM vlny na pracovních frekvencích daných rozměry šterbin. Řešení je tak spíše úzkopásmové s nízkou schopností omezení odrazu dopadajících EM vln.

Kamuflážní kryt je dále známý z patentového dokumentu IL196752. Kryt obsahuje ohebnou fólii s drážkami vyplněnými vzduchem a dielektrickou mřížkou. Využití elektricky vodivé fólie je v tomto omezeno na řešení stínícího krytu, bez schopnosti zamezit odrazům. Naopak maximální odraz je zde použit pro realizaci EM stínící schopnosti. Takové řešení opět neumožní zcela zamaskovat daný objekt, ani kamuflovat s odpovídající přesností různé typy objektů.

Z patentového dokumentu US5312678 je znám kamuflážní materiál, který tvoří struktura z uhlíkatých materiálů pro absorpci a odraz EM záření, tj. pro maskování či stínění především v oblasti mikrovl. Jedná se o kompozitní materiál bez možnosti programování elektromagnetických vlastností, realizovaný s cílem maximalizovat elektromagnetickou stínící účinnost (dále ESE) pomocí maximálního odrazu a doplněný částečnou absorpcí. Řešení tak zejména odráží dopadající EM vlny, než aby je pohlcovalo.

Kamuflážní kryt je dále známý z patentového dokumentu RU2192606. Je zde popsáno řešení krytu s panely s ochranným nátěrem a s prvky spojující tyto panely na jejich okrajích. Panely jsou plněny absorpčním a odrazivým materiálem v podobě pěny, vláken, vrstev, atd. Řešení obsahuje dále ventily pro plnění/vypouštění náplně vnitřků panelů. Řešení je založeno na využití plněných panelů, díky čemuž je omezena možnost manipulace s nimi a dané řešení navíc omezuje možnost programovat elektromagnetické vlastnosti dle požadavku na provedení intenzity a způsobu účinnosti kamufláže.

Kamuflážní materiál podle patentového dokumentu JPH 0328697 tvoří textilie s nanesenou vodivou vrstvou pojenou pryskyřicí, adhezivní vrstvou, kovovou vrstvou a další vrstvou nosné pryskyřice. Materiál je určen pro oblast spektra viditelného, infračerveného a radarového. Využití elektricky vodivých fólií umožňuje zajistit útlum dopadajícího elektromagnetického záření, ale pouze díky tomu, že většina energie dopadajícího EM vlnění je odražena od materiálu. Schopnost pohlcení dopadající vlny, je tedy minimální.

Kryt pro absorpci a odraz EM záření složený z vrstvy polyvinyl fluoridu, pěny, a vrstvy z pokoveného polyesteru, polyvinyl fluoridu, polyvinyl chloridu nebo syntetického materiálu v sendvičové struktuře mezi dvěma polyvinyl chloridovými vrstvami je popsán v patentovém dokumentu GB 2038712. Řešení využívá pevných krytů, které opět snižují možnost realizace flexibilních kamufláží. Navíc konstrukce neumožňuje realizovat systém s dostatečnou schopností pohlcení dopadajících vln, bez jejich odrazu zpět k vysílači. Řešení neumožňuje ani naprogramovat elektromagnetické vlastnosti.

V dalším patentovém dokumentu EP 0426141 je popsán vrstvený materiál pro absorpci radarového záření z odrazivého substrátu pro odraz EM vln o mm a cm vlnových délkách a pojivě vrstvy s vysokým elektrickým odporem a 10-60% obsahem vodivých částic s vodivostí 1-100 S/m. Řešení využívá materiálu odrážejícího EM vlnění a vrstvy s vysokým elektrickým odporem, což do jisté míry umožňuje stínit i absorbovat dopadající EM vlny. Uvedené řešení v podstatě neumožňuje nastavovat požadované parametry povrchové a objemové elektrické vodivosti. Tím neumožňuje realizovat různě účinné struktury elektromagnetické kamufláže a/nebo maskování.

Z patentového dokumentu EP 0122243 je znám způsob, který obsahuje tkanou textilie s kovovými fibrily, laminovanou s plastovou pokovenou vrstvou, čímž se podle popisu dosahuje

dobrych odrazivých vlastností v širokém rozsahu EM vln. Řešení je zaměřeno pouze na odraz dopadajících EM vln, což umožní omezit jejich prostup za realizovaný materiál, avšak radarová technika tyto odrazy spolehlivě detekuje.

- 5 Maskovací pokovený systém je dále znám z patentového dokumentu CZ 20010054. Maskovací pokovený systém je složený z několika vrstev povlaku vodivého a nevodivého materiálu.

10 Kamuflážní sadu dále popisuje patentový dokument BG102546. Maskovací sadu obsahuje rádio-absorpční nátěr, rádio-absorpční teplo odrážející nátěr, rádio-absorpční anti-kumulační nátěr a zařízení pro vytváření falešného tepelného pole. Sada zajišťuje maskovací účinek současně ve viditelné, v blízké infračervené, tepelné a radarové oblasti spektra elektromagnetického vlnění.

15 V obou případech se jedná o řešení využívající nátěrový systém s plnivý schopnými částečně tlumit dopadající EM záření, avšak víceméně pouze jako doplněk k maskování v oblasti viditelného a infračerveného záření. Nátěrové systémy nemohou z principiálního hlediska, díky realizované tloušťce, koncentraci i distribuci plniv, dosahovat požadovaných parametrů koeficientu odrazu ani dostatečně vysoké úrovně EM stínící účinnosti.

20 V dalším patentovém dokumentu US 5035942 jsou popsány ohebné materiály pro odraz EM vln, které jsou z netkaných textilií na bázi uhlíkových vláken se stínící elektromagnetickou účinností větší než 50 dB v oblasti 100 MHz až 1000 MHz. Podstatou patentu jsou ohebné materiály pro stínění EM vln. Nevýhodou řešení je skutečnost, že řeší pouze stínění EM záření vyvolané odrazem EM vln, čímž kompromituje stíněný objekt při využití radarové techniky. Navíc uvažovaný frekvenční rozsah je nedostačující pro řešení EM kamufláže či maskování  
25 v podmínkách moderních radarových systémů.

30 Z patentového dokumentu US 4479994 je známo konstrukční řešení ohebné deky pro absorpci a potlačení radarové, tepelné a zvukové energie. Absorpční materiál je ve formě polygonálně tvarovaných panelů, čímž dochází podle autorů k potlačení zmiňovaných typů energií. Panely jsou buď rozebíratelně uspořádány, nebo jinak vhodně vázané do doplňkových kapes deky a jsou orientovány do mřížky. Řešení pomocí panelů je určeno především pro pevné instalace, vykazuje malou mobilitu a v podstatě nemožnost programovat požadované elektromagnetické chování.

35 Maskovací síť pro absorpci EM vln, zejména v oblasti infračervených a centimetrových vlnových délek, je známa z patentového dokumentu US 3427619. Maskovací síť obsahuje větší počet vlnových absorbérů s různými tvary povrchu. Nevýhodou řešení je relativně složitá instalace panelů a v podstatě nemožnost dopředu programovat či měnit elektromagnetické chování různých instalací.

40 Maskovací materiál pro stínění radarových vln, obsahující osnovní pleteninu z části z příze, s kovovými vlákny, které jsou položeny tzv. lay-out technikou tak, že součet prodloužení uvedené příze bude v podstatě stejný v obou směrech v rovině pleteniny je dále znám z patentového dokumentu US 5532052. Řešení je zaměřeno pouze na útlum s využitím odrazu EM záření a tedy bez schopnosti pohlcení dopadajících EM vln.  
45

Další kamuflážní materiál je známý z patentových dokumentů US 5225454 a EP0394207. Je zde využít kompozit na bázi polyvinylchloridu (dále PVC) a uhlíkových vláken s útlumem radarových vln 1-3 dB na cm. Řešení má nevýhodu v tom, že použitá plastická hmota není flexibilní a má malou EM stínící účinnost, v podstatě bez možnosti její regulace.  
50

Další patentový dokument US 5656794 popisuje využití maskovacího kouře pro viditelné, infračervené a radarové (mm) spektrum. Tento způsob maskování je ze svého principu pouze dočasný a navíc snadno detekovatelný.

V patentovém dokumentu SE446124 je popsána pěna na bázi vody nebo provzdušněného plastu, ve které jsou zakomponovány kovové proužky, které odrážejí elektromagnetické záření. Řešení využívá, pro realizaci klamných cílů, výše uvedené konstrukce, která umožňuje malou mobilitu realizovaného cíle i jeho složité odstranění. Navíc výskyt kovových pásků, realizujících elektricky vodivé prvky kamufláže, jsou v objemu materiálu rozprostřeny nahodile, což neumožňuje předem definovat a nastavovat požadované elektromagnetické parametry výsledného materiálu.

Z patentového dokumentu FR2344143 je známo využití počasí odolné desky pro maskování stacionárních objektů. Deska se skládá z izolační podložky potažené několika vrstvami barvy, která absorbuje EM záření. Úhel sklonu desky je zvolen tak, aby se dopadající vlny odrážely ve svislém směru nahoru. Nevýhodou řešení je jednak malá účinnost, daná použitím nátěrového systému, a pevná konstrukce, která znemožňuje mobilní instalace tohoto řešení, zejména pro realizaci kamufláže či maskování mobilních 3D objektů.

Hlavní nevýhodou stávajícího stavu techniky je to, že se stávající konstrukční řešení elektromagnetické kamufláže zaměřují buď na realizaci struktur umožňující pouze stínit elektromagnetické záření s využitím jeho útlumu a odrazu, nebo se pokoušejí i o omezování odrazu dopadajícího záření zpět k jeho vysílači. Výše uvedená řešení však nevykazují potřebně nízké hodnoty koeficientu odrazu takové, aby navrhovaná opatření umožňovala skrýt chráněné objekty před radarovým průzkumem a nahradit je případně kamuflovanými objekty. Elektromagnetická maskování a kamufláže totiž v současné době cílí spíše na matení radarových systémů, avšak bez možnosti efektivního programování elektromagnetického chování použitých materiálů. Výjimku tvoří systémy s vaky plněnými vzduchem či kapalinami, které tak umožňují měnit permitivitu či své rozměry. Ani tyto systémy však neumožňují s dostatečnou účinností pohlcovat dopadající EM záření, natož programovat elektromagnetické chování systému v dostatečném rozsahu elektrických vodivostí.

Cílem vynálezu je maskovací materiál, který bude umožňovat v širokém rozsahu programování elektromagnetického chování materiálů, určených pro realizaci chráněného či kamuflovaného objektu a jeho okolí, a umožní realizovat vyspělé maskovací a kamuflážní systémy nové generace.

### Podstata vynálezu

Uvedené nedostatky do značné míry odstraňuje a cíle vynálezu naplňuje kompozitní materiál, zejména sendvičový kompozitní materiál obsahující nejméně tři k sobě spojené vrstvy, podle vynálezu jehož podstata spočívá v tom, že obsahuje první vodivou vrstvu, za kterou je uspořádána první dielektrická vrstva, za kterou je uspořádána druhá vodivá vrstva, jejíž měrná elektrická vodivost je stejná nebo vyšší než měrná elektrická vodivost první vodivé vrstvy. Výhodou je to, že první vodivá vrstva odráží tak minimální množství EM záření, že není zachytitelné známými sledovacími prostředky, přičemž další vrstva odráží maximálně takové množství EM záření, jehož většinu dokáže zachytit po odrazu od této vodivé vrstvy první vodivá vrstva. Hlavní výhodou je tak postupné řízení „uvěznění“ dopadajícího elektromagnetického záření v sestaveném kompozitu, neboť postupně procházející elektromagnetické záření je vrstvami kompozitu tlumeno, ale zpět ven z kompozitu již nemůže být odrazem vyzářeno.

První vodivá vrstva má s výhodou měrnou elektrickou vodivost  $\sigma_1$  větší než  $10^{-10}$  S/m.

Výhodné je, když jsou za druhou vodivou vrstvou dále střídavě uspořádány nejméně jedna další dielektrická vrstva a nejméně jedna další vodivá vrstva, přičemž měrná elektrická vodivost každé z dalších vodivých vrstev je vždy stejná nebo vyšší než měrná elektrická vodivost vodivé vrstvy předcházející. Výhodou je to, že lze jednak vytvořit kompozitní materiál, který postupným snižováním zcela zneviditelní krytý objekt, a dále je možné specifickým vrstvením vytvořit

kamuflážní materiál, který vytvoří odraz EM záření specifický pro určitý objekt, materiál nebo i specifické přírodní podmínky, přičemž lze například vytvořit fiktivní les, nebo jezero atd. Základním principem je to, že se zvyšující se měrná elektrickou vodivostí povrchu objektu předlohy scény (např. písek, suchý porost, stavby cihla/beton/armované stavby, zeleň, sníh, voda, železné konstrukce) roste postupně i požadavek na měrná elektrickou vodivost materiálu pro realizaci virtuálních objektů pomocí elektromagnetické kamufláže. Čím více je povrch předlohy elektricky vodivý, tím více se elektromagnetické energie dopadajícího záření zpravidla odrazí. Výhodou takového uspořádání je možnost předem realizovat požadované elektromagnetické chování realizované kamufláže či maskování. Zároveň toho uspořádání umožňuje postupným skládáním či odstraněním správně zvolených vrstev měnit typ virtualizovaného elektromagnetického objektu.

Velice výhodné je, když jsou vodivé vrstvy provedeny z textilního materiálu. Ve výhodném provedení tvoří vodivé vrstvy tkanina a/nebo pletenina a/nebo netkaná textilie s obsahem vláken vodivého materiálu.

Výhodné také je, když dielektrické vrstvy tvoří tkanina a/nebo pletenina a/nebo netkaná textilie s obsahem vláken požadovaného dielektrického materiálu.

Výhodou použití textilního materiálu je to, že lze jednoduše měnit jeho vlastnosti tak, že se jednoduše změni obsah vodivého materiálu v přízi, přesněji je jednoduše měnitelný obsah vodivých vláken v přízi. Požadované měrná elektrické vodivosti textilie je dosahováno ve výrobě tkaniny a/nebo pleteniny jednak změnou velikosti dostavy v osnově i útku a také vodivostí použité příze. Měrná elektrická vodivost příze je ovlivňována nejen použitým materiálem v její konstrukci, tedy vodivostí elektricky vodivých a nevodivých nekonečných vláken a/nebo stříže, ale také dalšími technologickými parametry, jako je délka zkrutu, chlupatost příze, způsob spřádání, jemnost příze, použité úpravy. Platí, že s nárůstem tloušťky použité tkaniny postupně roste i schopnost absorpce dopadajícího elektromagnetického záření, jehož vysokofrekvenční energie se v takto realizované vrstvě může měnit v teplo, vlivem vzniku vířivých proudů. Zároveň platí, že čím vyšší je měrná elektrická vodivost příze, tím větší je při dané dostavě měrná elektrická vodivost výsledného materiálu. Typické hodnoty měrné elektrické vodivosti textilních materiálů vhodných pro výše uvedené řešení se pohybuje řádově od hodnoty  $10^{-10}$  S/m pro materiály emulující objekty spíše méně vodivé až izolační. Hodnoty v řádu jednotek S/m pro vrstvy blízké se vodivosti vody. Horní mez poté patří materiálům s měrnou elektrickou vodivostí v řádu  $10^7$  S/m, které odpovídají kovovým materiálům. Hodnotou chlupatosti použité příze (množství vláken „trčících“ z příze) i použitou povrchovou úpravou, kdy např. počesáním je možné zvyšovat chlupatost a tím snižovat odraz od takto upravené plochy elektricky vodivé textilie. Vliv na elektromagnetickou stínící účinnost má i velikost dostavy. S nárůstem hodnoty dostavy zpravidla roste i hodnota elektromagnetické stínící účinnosti (dále ESE).

Takto lze modelovat a následně vyrábět požadované typy materiálů v širokém rozmezí měrná elektrické vodivosti, elektromagnetické stínící účinnosti i odrazivosti. Díky výše popsanému způsobu lze realizovat i materiály s neobvyklými vlastnostmi, označované pojmem metamateriály.

Jednotlivé vrstvy mohou být spojeny na pevně, například mohou být vzájemně sešity, ale výhodné je když jsou jednotlivé vrstvy k sobě spojeny oddělitelně. Takto lze až v místě realizace přesně nastavit požadované odrazové vlastnosti kamufláže.

S výhodou jsou jednotlivé vrstvy k sobě spojeny laminací, sešívání či spojovat suchými zipy. Mezi výhody takového uspořádání je možnost operativně měnit výsledné elektromagnetické vlastnosti kompozitu, změnou jeho skladby, přesněji odstraněním či přidáním funkčních vrstev. V praxi takové řešení umožní v samotném místě aplikace a takřka reálném čase operativně měnit výsledné elektromagnetické chování kompozitu a tím i měnit výslednou elektromagnetickou realitu.

Výhodné také je, když každá z vrstev obsahuje více vrstev stejných vlastností. Takové uspořádání umožňuje minimalizovat výrobní náklady i minimalizovat počet různých typů použitých vrstev. Z teorie i provedených experimentů vyplývá, že požadované vlastnosti dielektrických i elektricky vodivých vrstev lze s uspokojivými výsledky realizovat sendvičovým uspořádáním vrstev integrujících výsledné parametry. Výhodou jsou ekonomické přínosy a zjednodušení logistických operací.

Z důvodu jednoduchosti konstrukce a výroby je dále výhodné, když dielektrickou vrstvu tvoří nevodivá pletenina a/nebo tkanina a/nebo netkaná textilie. Výhodné je použití bavlněné pleteniny a/nebo netkané textilie a/nebo pleteniny obsahující polyesterová (dále PES) a/nebo polyakrylnitridová (dále PAC) a/nebo polypropylenová (dále PP) vlákna a/nebo vlákna teflonová. Variantně může dielektrickou vrstvu tvořit vrstva vzduchu vytvořená mechanickým vymezením vzájemné polohy sousedících vodivých vrstev nebo může být použita bublinková folie a /nebo 3D textilie.

Ve výhodném provedení tvoří dielektrickou vrstvu kevlarová tkanina. Výhodou je její vysoká pevnost, tvarová stabilita a nenasákavost vlhkosti.

Velice výhodné je také to, když jsou jednotlivé vrstvy opatřeny prostředkem proti nasákavosti vodou. Výhodou je to zejména u nasákavých materiálů, u kterých je požadováno zajištění stejných vodivých vlastností v každých podmínkách.

Hlavní výhodou kompozitního materiálu podle vynálezu je to, že umožňuje realizovat pasivní virtuální elektromagnetickou realitu (dále jen EVR) a pomocí ní emulovat nejrůznější reálné objekty, respektive jejich povrchy, a tím i jejich elektromagnetickou odezvu na buzení dopadajícími radarovými signály. Navržené konstrukční řešení umožňuje již v sériové výrobě programovat a nastavovat požadované elektromagnetické parametry v širokém rozsahu požadovaných hodnot povrchové a objemové elektrické vodivosti, elektromagnetické stínící účinnosti, absorpce i koeficientu odrazu nejen struktury základního materiálu funkční vrstvy, ale zejména skladby kompozitu.

Výhodou je možnost vytvořit objekt, který umí odrážet, tlumit a/nebo pohlcovat na jeho povrch dopadající elektromagnetické záření s danou účinností a samozřejmě kombinace těchto vlastností. Bez možnosti vhodně kombinovat tyto vlastnosti není možné pasivní virtuální elektromagnetickou realitu efektivně realizovat. Ve výhodném provedení je takový objekt realizován nevodivou konstrukcí, například realizovanou ze dřeva a lankových struktur, kompozitu či nafukovacím jádrem, ve tvaru požadovaného objektu a tato konstrukce je pokryta tkaninou s požadovanou povrchovou měrnou elektrickou vodivostí.

Další výhodou je to, že lze dosáhnout neobvyklých vlastností kompozitním řazením elektricky vodivých textilií do sendvičů. Vrstvením elektricky vodivých textilií přímo na sebe je dosahováno zvýšení objemové elektrické vodivosti, elektromagnetické stínící účinnosti sendviče i schopnost absorpce elektromagnetického záření. Koeficient odrazu je pak ovlivněn zejména nejvíce vodivou vrstvou v sendviči. Vhodnou skladbou textilního kompozitu s postupným řazením elektricky vodivých a nevodivých vrstev lze, v omezeném frekvenčním pásmu, nastavit i požadovanou kombinaci absorpce a odrazu dopadajícího elektromagnetického záření. Výsledná textilní struktura poté odpovídá, svou schopností absorpce, útlumu i odrazu, struktuře povrchu či objemu objektu a/nebo scény tvořící předlohu realizované EVR.

Při realizaci struktury s maximální absorpcí je využíváno zobecnění jevu chování stínící přepážky na dopadající elektromagnetické záření. Dopadající elektromagnetická vlna na stínící přepážku je obecně částečně odrazena od přepážky zpět, přičemž čím více je povrch elektricky vodivý, tím více lze přepážku považovat za zrcadlo, a část energie je utlumena v této přepážce, přičemž čím více je přepážka široká a elektricky vodivá, tím více se energie vlivem ztrátového prostředí změní

v teplo, a zbytek energie projde přepážkou a pokračuje dále ve svém šíření. Pokud do vhodné vzdálenosti za tuto první přepážku umístíme přepážku či přepážky další, výše pospaný jev se opakuje. Zásadní změnou je však to, že odražená vlna od druhé přepážky zpět k přepážce první nejen interferuje s vlnou postupnou, ale zároveň je ovlivňována již popsáním způsobem s první přepážkou. Přepážka se totiž elektricky chová jako symetrický dvojbran, a tak opět tlumí tuto zpětnou vlnu.

Ve výhodném provedení je kompozitní materiál podle vynálezu sestaven jako textilní kompozit tak, že jsou postupně řazeny elektricky vodivé a nevodivé vrstvy, například jsou na sebe nalaminovány tak, aby ve směru dopadajícího záření byly použité elektricky vodivé vrstvy postupně řazeny s rostoucí měrnou elektrickou vodivostí. Toto řazení má za následek postupný nárůst koeficientu odrazu i postupný nárůst absorpce energie dopadajícího elektromagnetického záření jednotlivých vrstev. V důsledku tak tato konstrukce kompozitu způsobí uvěznění dopadajících elektromagnetických vln, neboť jako celek vykazuje malý koeficient odrazu a zároveň vysokou schopnost absorpce.

### Objasnění výkresů

Vynález bude blíže osvětlen pomocí výkresu, na kterém obr. 1 zobrazuje schematicky sedmivrstvý sendvičový kompozitní materiál, obr. 2 zobrazuje graf příkladu realizace EM maskování pomocí tohoto sedmivrstvého sendvičového kompozitního materiálu a jeho porovnání s vyzařováním do otevřeného prostoru a proti kovovému zrcadlu a obr. 3 zobrazuje detail grafu realizace EM maskování pomocí tohoto sedmivrstvého sendvičového kompozitního materiálu a jeho porovnání s vyzařováním do otevřeného prostoru, obr. 4 zobrazuje schematicky třívrstvý sendvičový kompozitní materiál pro realizaci EM kamufláže vodní hladiny, obr. 5 zobrazuje graf příkladu realizace EM kamufláže vodní hladiny a jejího porovnání s vyzařováním do otevřeného prostoru a proti kovovému zrcadlu a obr. 6 zobrazuje detail grafu realizace EM kamufláže vodní hladiny a jejího porovnání s vyzařováním proti vzorovému objektu, kterým je vodní hladina, obr. 7 zobrazuje schematicky třívrstvý sendvičový kompozitní materiál pro realizaci EM kamufláže zeleného porostu, obr. 8 zobrazuje graf příkladu realizace EM kamufláže zeleného porostu a jejího porovnání s vyzařováním do otevřeného prostoru a proti kovovému zrcadlu, obr. 9 zobrazuje detail grafu realizace EM kamufláže zeleného porostu a jejího porovnání s vyzařováním proti vzorovému objektu, kterým jsou zelené listy, obr. 10 zobrazuje schematicky třívrstvý sendvičový kompozitní materiál pro realizaci EM kamufláže písčité plochy, obr. 11 zobrazuje graf příkladu realizace EM kamufláže písčité plochy a jejího porovnání s vyzařováním do otevřeného prostoru a proti kovovému zrcadlu, a obr. 12 zobrazuje detail grafu realizace EM kamufláže písku a jejího porovnání s vyzařováním proti vzorovému objektu, kterým je suchý písek.

### Příklady uskutečnění vynálezu

#### Příklad 1

Sendvičový kompozitní materiál 2 (obr. 1) pro realizace struktury EM maskování, omezující odraz EM záření 1 v pásmu 1 - 8 GHz, dopadajícího na kompozitní materiál 2.

Sendvičový kompozitní materiál obsahuje první vodivou vrstvu 3, za kterou je uspořádána první dielektrická vrstva 4, za kterou je uspořádána druhá vodivá vrstva 5, přičemž za druhou vodivou vrstvou 5 je uspořádána další dielektrická vrstva 4 a za ní další vodivá vrstva 6 a dielektrická vrstva 4 a poslední vodivá vrstva 7, přičemž měrná elektrická vodivost každé další vodivé vrstvy 5,6,7 nacházející se za první vodivou vrstvou 3, je vždy vyšší než měrná elektrická vodivost vodivé vrstvy předcházející.

Vodivé vrstvy 3,5,6,7 jsou provedeny z textilního materiálu, kterým je tkanina s obsahem vláken elektricky vodivého materiálu. Variantně mohou být vodivé vrstvy 3,5,6,7 provedeny z netkané textilie s obsahem vláken elektricky vodivého materiálu v odpovídajícím hmotnostním poměru.

- 5 Jednotlivé vrstvy 3,4,5,6,7 jsou opatřeny prostředkem proti nasákavosti vodou, přičemž jsou k sobě spojeny laminací.

Jednotlivé vrstvy 3,4,5,6,7 mají tyto parametry:

- 10 - první vodivá vrstva 3 má ESE1,5 GHz = 0,1 dB, a měrnou elektrickou vodivostí ve výši  $\sigma = 10\text{-}10$  S/m,  
 - první dielektrická vrstva 4 sestává z dvou vrstev pleteniny o tloušťce 1,5 mm a o složení 70% PES (Polyester) a 30% PAC (Polyakrylonitril),  
 - druhá vodivá vrstva 5 má ESE1,5 GHz = 5dB, a měrnou elektrickou vodivostí ve výši  $\sigma = 5$  S/m,  
 15 - další dielektrická vrstva 4 sestává opět z dvou vrstev pleteniny o tloušťce 1,5 mm a o složení 70% PES (Polyester) a 30% PAC (Polyakrylonitril),  
 - třetí vodivá vrstva 6 má ESE1,5 GHz = 10dB, a měrnou elektrickou vodivostí ve výši  $\sigma = 10$  S/m,  
 20 - další dielektrická vrstva 4 sestává opět z dvou vrstev pleteniny o tloušťce 1,5 mm a o složení 70% PES (Polyester) a 30% PAC (Polyakrylonitril),  
 - a poslední vodivá vrstva 7 sestává z dvou vrstev elektricky vodivé tkaniny s ESE1,5 GHz = 70 dB, a měrnou elektrickou vodivostí ve výši  $\sigma = 15000$  S/m.
- 25 Porovnání vlastností výše uvedeného sendvičového kompozitního materiálu bylo provedeno vůči kovové desce (kovové zrcadlo) a vyzařováním do volného prostoru.

Graf (obr. 2) zobrazuje měření koeficientu odrazu (dále jen S11) pro měřicími přípravky realizovanými modifikovanými kleštinami vycházející ze standardu ASTM D4935, kalibrovanými nakrátko. Průběh 8 odpovídá kalibraci na kovové zrcadlo (maximální odraz), průběh 9 vyzařování do volného prostoru, a průběh 10 použití čtyřech elektricky vodivých vrstev. Výsledek prokazuje, že postupným skládáním vrstev byla dosažena eliminace, až celkové zamezení, odrazu dopadajícího EM záření na kompozitní strukturu, kdy použití sedmi vrstev zvyšuje schopnost sestavy pohlcovat dopadající EM záření. Při užití sedmi vrstev, je patrná vysoká shoda parametru S11 s průběhem 10 pro vyzařování přípravku do volného prostoru, jak je patrné ve zjednodušeném zobrazení na grafu parametru S11 (obr. 3), kde průběh 11 odpovídá opět ideálnímu stavu vyzařování do volného prostoru – nic se neodráží a průběh 12 realizovanému EM maskování.

#### 40 Příklad 2

Sendvičový kompozitní materiál (obr. 4) pro realizace struktury EM kamufláže vodní hladiny obsahuje první vodivou vrstvu 3, za kterou je uspořádána dielektrická vrstva 4, za kterou je uspořádána druhá vodivá vrstva 5, přičemž měrná elektrická vodivost druhé vodivé vrstvy 5 nacházející se za první vodivou vrstvou 3, je vyšší než měrná elektrická vodivost první vodivé vrstvy 3.

Vodivé vrstvy 3,5 jsou provedeny z textilního materiálu, kterým je tkanina s obsahem vláken vodivého materiálu.

50

Jednotlivé vrstvy 3,4,5 jsou k sobě spojeny oddělitelně pomocí suchých zipů.

Jednotlivé vrstvy 3,4,5 mají tyto parametry:

- první vodivá vrstva 3 má ESE1,5 GHz = 10 dB, a měrnou elektrickou vodivostí ve výši  $\sigma = 10 \text{ S/m}$ ,
- dielektrická vrstva 4 sestává z vpichované netkané textilie o tloušťce 1 mm a o složení 70% PES (Polyester) a 30% PAC (Polyakrylnitril),
- 5 - druhá vodivá vrstva 5 má ESE1,5 GHz = 40 dB, a měrnou elektrickou vodivostí ve výši  $\sigma = 100 \text{ S/m}$ .

10 Porovnání vlastností výše uvedeného sendvičového kompozitního materiálu, kterými je kamufláž vodní hladiny, bylo provedeno vůči kovové desce (kovové zrcadlo) a vyzařováním do volného prostoru.

15 Graf (obr. 5) zobrazuje měření parametru S11, pro měřicími přípravky realizovanými opět modifikovanými kleštinami vycházející ze standardu ASTM D4935, kalibrovanými nakrátko. Průběh 16 odpovídá kalibraci na kovové zrcadlo (maximální odraz), průběh 17 vyzařování do volného prostoru, průběh 18 odraz od vodní hladiny, průběh 19 výsledek měření materiálu pro kamufláž vodní hladiny. Výsledek prokazuje, že postupným skládáním vrstev lze kamuflovat požadovaný odraz EM záření od vodní hladiny, a tím umožní realizovat objekty či scény pasivní EVR, například pro úkryt plavidel, jak v detailu prezentuje graf (obr 6.) porovnání parametru S11 pro vzorový objekt vodní hladiny průběh 20 a pro realizované kamufláže průběh 21.

20

### Příklad 3

25 Sendvičový kompozitní materiál (obr. 7) pro realizace struktury EM kamufláže zeleně obsahuje první vodivou vrstvu 3, za kterou je uspořádána dielektrická vrstva 4, za kterou je uspořádána druhá vodivá vrstva 5, přičemž měrná elektrická vodivost druhé vodivé vrstvy 5, nacházející se za první vodivou vrstvou 3, je stejná jako měrná elektrická vodivost první vodivé vrstvy 3.

30 Vodivé vrstvy 3,5 jsou provedeny z textilního materiálu, kterým je tkanina s obsahem vláken vodivého materiálu.

30

Jednotlivé vrstvy 3,4,5 jsou opatřeny prostředkem proti nasákavosti vodou, přičemž jsou k sobě spojeny sešitím.

Jednotlivé vrstvy 3,4,5 mají tyto parametry:

35

- první vodivá vrstva 3 má ESE1,5 GHz = 5 dB, a měrnou elektrickou vodivostí ve výši  $\sigma = 5 \text{ S/m}$ ,
- dielektrická vrstva 4 sestává z kevlarové tkaniny o tloušťce 1 mm,
- druhá vodivá vrstva 5 má ESE1,5 GHz = 5 dB, a měrnou elektrickou vodivostí ve výši  $\sigma = 5 \text{ S/m}$ .

40

Porovnání vlastností výše uvedeného sendvičového kompozitního materiálu bylo provedeno vůči kovové desce (kovové zrcadlo) a vyzařováním do volného prostoru.

45 Graf (obr. 8) zobrazuje měření parametru koeficient odrazu (dále jen S11) pro měřicími přípravky realizovanými opět modifikovanými kleštinami vycházející ze standardu ASTM D4935, kalibrovanými nakrátko. Průběh 25 odpovídá kalibraci na kovové zrcadlo (maximální odraz), průběh 26 vyzařování do volného prostoru, průběh 27 odraz od zeleně (vrstva zelených listů), průběh 28 výsledek měření materiálu pro kamufláž zeleně. Výsledek prokazuje, že postupným skládáním vrstev lze realizovat požadovaný odraz EM záření, a tím umožní realizovat objekty či scény pasivní EVR. Řešení umožní kamuflovat zelený porost či ukrýt jiný typ objektu pod virtuální realitu zeleného porostu, jak je uvedeno pro přehlednost na grafu (obr. 9), pro průběh S11 vzorového objektu zeleného porostu průběh 29 a pro realizované EM kamufláže průběh 30.

55

## Příklad 4

Sendvičový kompozitní materiál (obr. 10) pro realizace struktury EM kamufláže písčité plochy obsahuje první vodivou vrstvu 3, za kterou je uspořádána první dielektrická vrstva 4, za kterou je uspořádána druhá vodivá vrstva 5, přičemž měrná elektrická vodivost druhé vodivé vrstvy 5 nacházející se za první vodivou vrstvou 3, je vyšší než měrná elektrická vodivost první vodivé vrstvy 3.

Vodivé vrstvy 3,5 jsou provedeny z textilního materiálu, kterým je tkanina s obsahem vláken vodivého materiálu.

Jednotlivé vrstvy 3,4,5 jsou k sobě spojeny laminací.

Jednotlivé vrstvy 3,4,5 mají tyto parametry:

- první vodivá vrstva 3 má ESE1,5 GHz = 2 dB, a měrnou elektrickou vodivostí ve výši  $\sigma = 7 \text{ S/m}$ ,
- dielektrická vrstva 4 sestává z pleteniny o tloušťce 1 mm a o složení 70% PES (Polyester) a 30% PAC (Polyakrylonitril),
- druhá vodivá vrstva 5 má ESE1,5 GHz = 5 dB, a měrnou elektrickou vodivostí ve výši  $\sigma = 7 \text{ S/m}$ .

Porovnání vlastností výše uvedeného sendvičového kompozitního materiálu bylo provedeno vůči kovové desce (kovové zrcadlo) a vyzařováním do volného prostoru.

Graf (obr. 11) zobrazuje měření parametru koeficient odrazu (dále jen S11) pro měřicími přípravky realizovanými opět modifikovanými kleštinami vycházející ze standardu ASTM D4935, kalibrovanými nakrátko. Průběh 34 odpovídá kalibraci na kovové zrcadlo (maximální odraz), průběh 35 vyzařování do volného prostoru, průběh 36 odraz od suchého písku, průběh 37 výsledek měření materiálu pro kamufláž vrstvy suchého písku. Výsledek prokazuje, že postupným skládáním vrstev lze realizovat požadovaný odraz EM záření, a tím umožní realizovat objekty či scény pasivní EVR. Řešení umožní kamuflovat písčité povrch či ukrýt jiný typ objektu pod virtuální realitu písčitého povrchu, jak v přehledném zobrazení grafu (obr. 12) pro parametr S11 vzorového objektu vrstvy písku průběh 38 a pro realizované EM kamufláže průběh 39.

#### Průmyslová využitelnost

Kompozitní materiál, podle vynálezu, lze využít k realizaci pasivní virtuální elektromagnetické reality v průmyslových aplikacích, jako elektromagnetické absorbéry, odrážače a útlumové materiály, a v bezpečnostních aplikacích pro elektromagnetické maskování a elektromagnetické kamufláže.

#### PATENTOVÉ NÁROKY

1. Kompozitní materiál, zejména sendvičový kompozitní materiál (2) pro realizaci pasivní elektromagnetické virtuální reality obsahující nejméně tři k sobě spojené vrstvy, **vyznačující se tím**, že obsahuje první vodivou vrstvu (3), za kterou je uspořádána první dielektrická vrstva (4), za kterou je uspořádána druhá vodivá vrstva (5), jejíž měrná elektrická vodivost je stejná nebo vyšší než měrná elektrická vodivost první vodivé vrstvy (3).

2. Kompozitní materiál, podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že za druhou vodivou vrstvou (5) jsou střídavě uspořádány nejméně jedna další dielektrická vrstva (4) a nejméně jedna další vodivá

vrstva (6), přičemž měrná elektrická vodivost každé z dalších vodivých vrstev (6) je vždy stejná nebo vyšší než měrná elektrická vodivost vodivé vrstvy (5) předcházející.

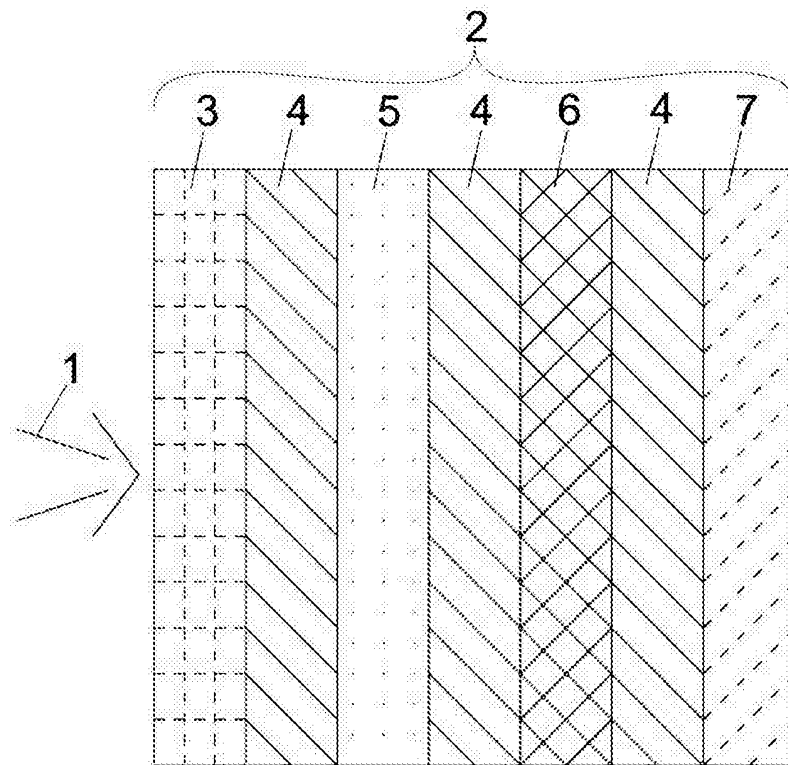
3. Kompozitní materiál, podle některého z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že vodivé vrstvy (3,5,6) jsou provedeny z textilního materiálu.
4. Kompozitní materiál, podle některého z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že jednotlivé vrstvy (3,4,5,6) jsou k sobě spojeny oddělitelně.
5. Kompozitní materiál, podle některého z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že jednotlivé vrstvy (3,4,5,6) jsou k sobě spojeny laminací.
6. Kompozitní materiál, podle některého z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že každá z vrstev (3,4,5,6) obsahuje více vrstev stejných vlastností.
7. Kompozitní materiál, podle některého z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že první vodivá vrstvu (3) má měrnou elektrickou vodivost  $\sigma$  větší než 10-10 S/m.
8. Kompozitní materiál, podle některého z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že dielektrickou vrstvu (4) tvoří nevodivá pletenina.
9. Kompozitní materiál, podle některého z nároků 1 až 7, **vyznačující se tím**, že dielektrickou vrstvu (4) tvoří nevodivá tkanina.
10. Kompozitní materiál, podle některého z nároků 1 až 7, **vyznačující se tím**, že dielektrickou vrstvu (4) tvoří nevodivá netkaná textilie.
11. Kompozitní materiál, podle některého z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že vodivé vrstvy (3,5,6) tvoří tkanina a/nebo pletenina a/nebo netkaná textilie s obsahem vláken vodivého materiálu.
12. Kompozitní materiál, podle některého z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že jednotlivé vrstvy (3,4,5,6) jsou opatřeny prostředkem proti nasákavosti vodou.

12 výkresů

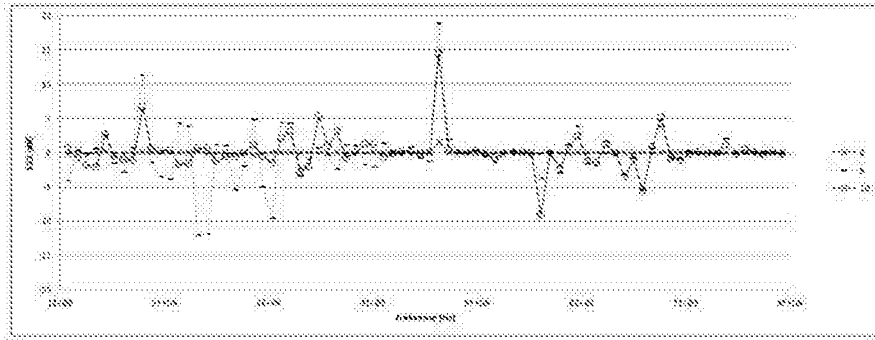
#### Seznam vztahových značek

- 1 EM záření
- 2 kompozitní materiál
- 3 první vodivá vrstva
- 4 první dielektrická vrstva
- 5 druhá vodivá vrstva
- 6 vodivá vrstva
- 7 poslední vodivá vrstva
- 8 průběh I - kalibrace na kovové zrcadlo
- 9 průběh II - vyzářování do volného prostoru
- 10 průběh III - realizované EM maskování
- 11 průběh IV - vyzářování do volného prostoru
- 12 průběh V - realizované EM maskování
- 16 průběh VI - kalibrace na kovové zrcadlo
- 17 průběh VII - vyzářování do volného prostoru
- 18 průběh VIII - odraz od vodní hladiny
- 19 průběh IX - realizovaná EM kamufláž vodní hladiny

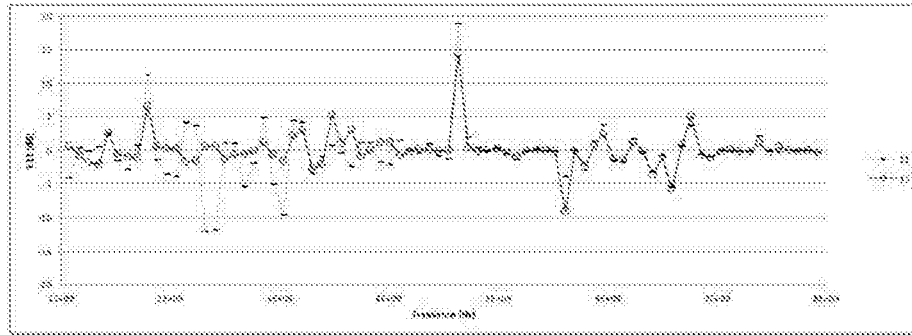
- 20 průběh X - odraz od vzorového objektu vodní hladiny
- 21 průběh XI - realizovaná EM kamufláž vzorového objektu vodní hladiny
- 25 průběh XII - kalibrace na kovové zrcadlo
- 26 průběh XIII - vyzařování do volného prostoru
- 27 průběh XIV - odraz od zeleně (vrstva zelených listů)
- 28 průběh XV - realizovaná EM kamufláž zeleně (vrstva zelených listů)
- 29 průběh XVI - odraz od vzorového objektu zeleně (vrstva zelených listů)
- 30 průběh XVII - realizovaná EM kamufláž vzorového objektu zeleně (vrstva zelených listů)
- 34 průběh XVIII - kalibrace na kovové zrcadlo
- 35 průběh XIV - vyzařování do volného prostoru
- 36 průběh XIX - odraz od suchého písku
- 37 průběh XX - realizovaná EM kamufláž vrstvy suchého písku
- 38 průběh XXI - odraz od vzorového objektu vrstvy suchého písku
- 39 průběh XXII - realizovaná EM kamufláž vzorového objektu vrstvy suchého písku



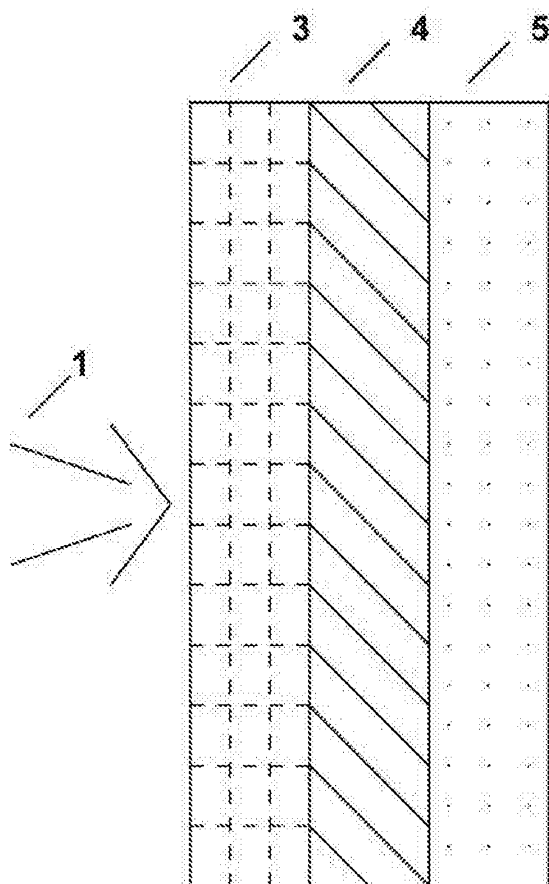
Obr.1



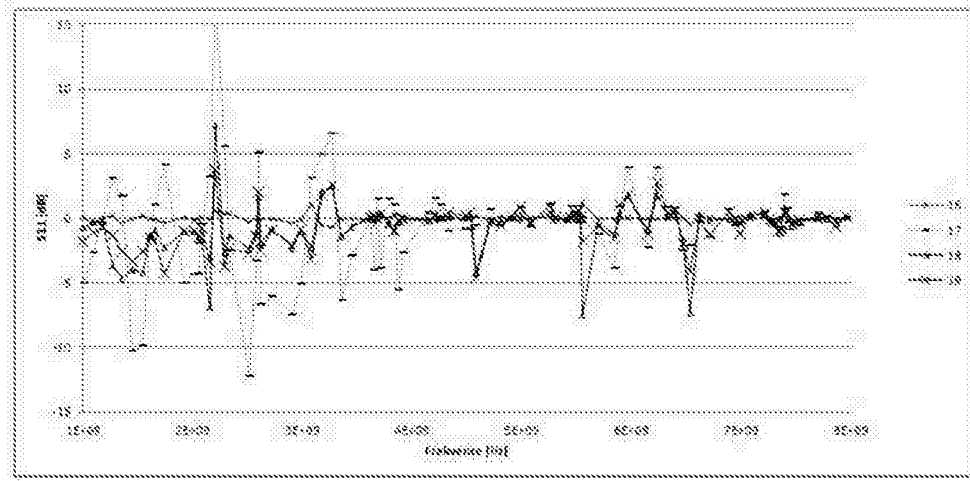
Obr.2



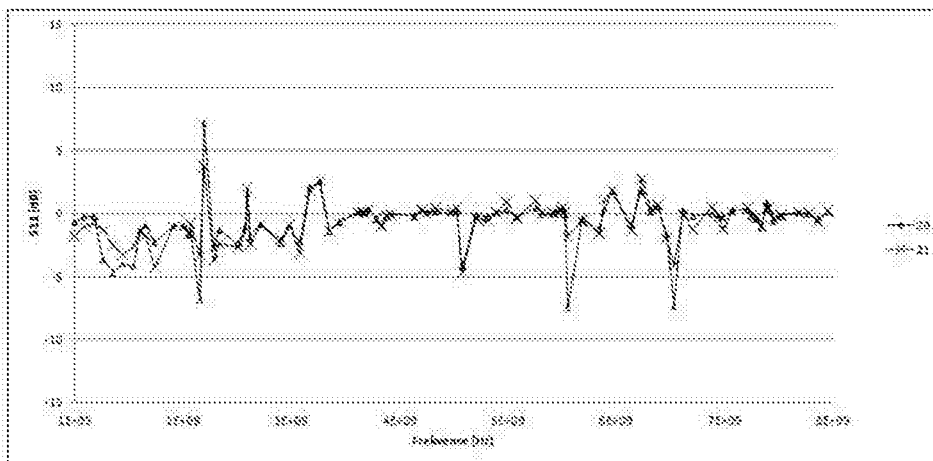
Obr.3



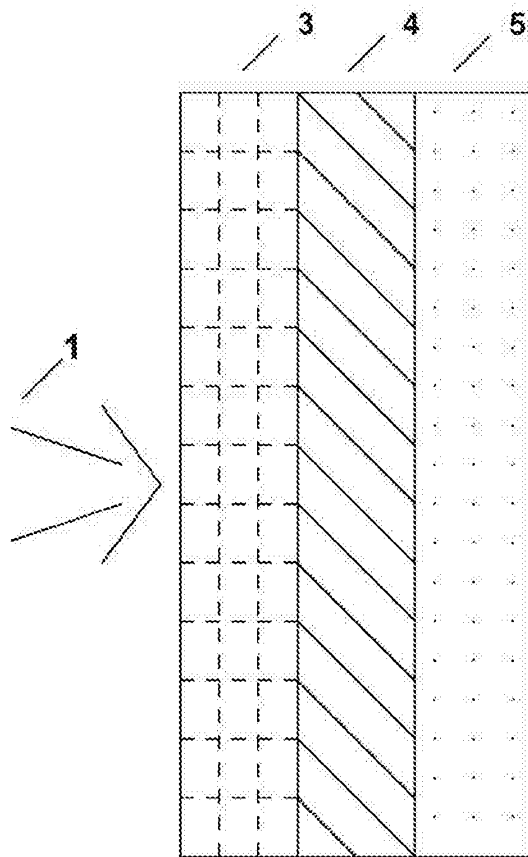
Obr.4



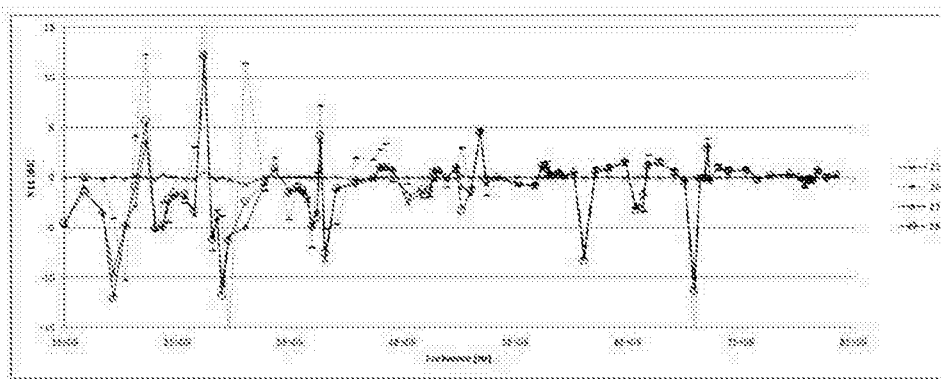
Obr.5



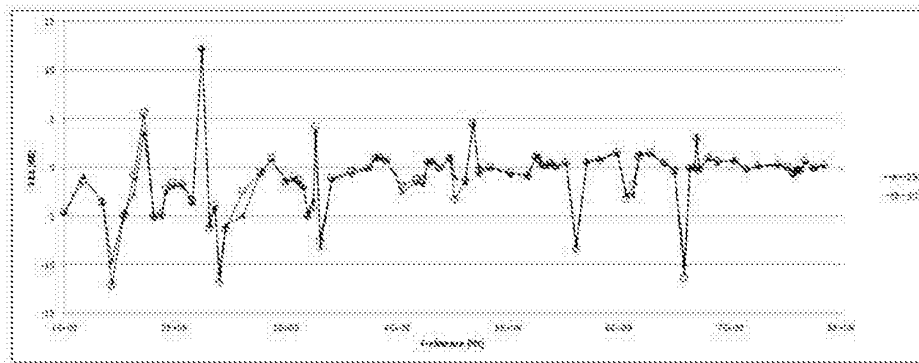
Obr.6



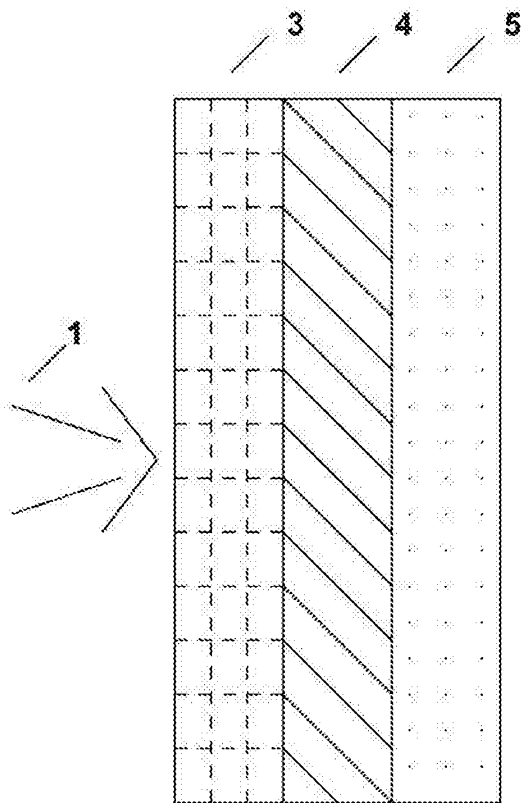
Obr.7



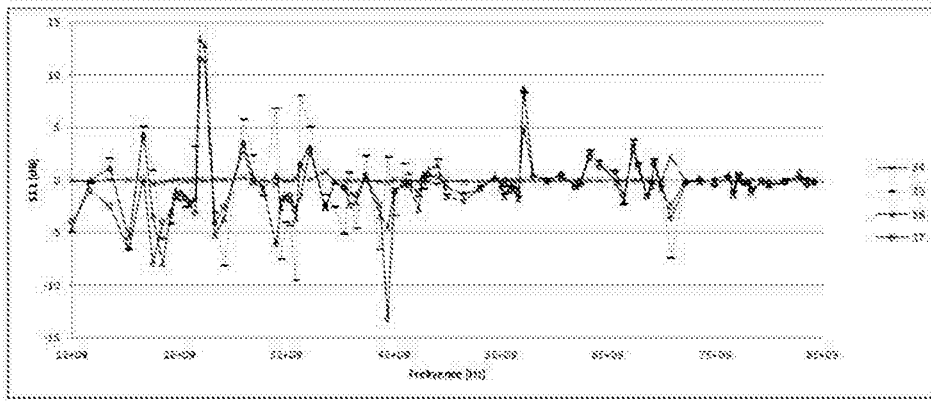
Obr.8



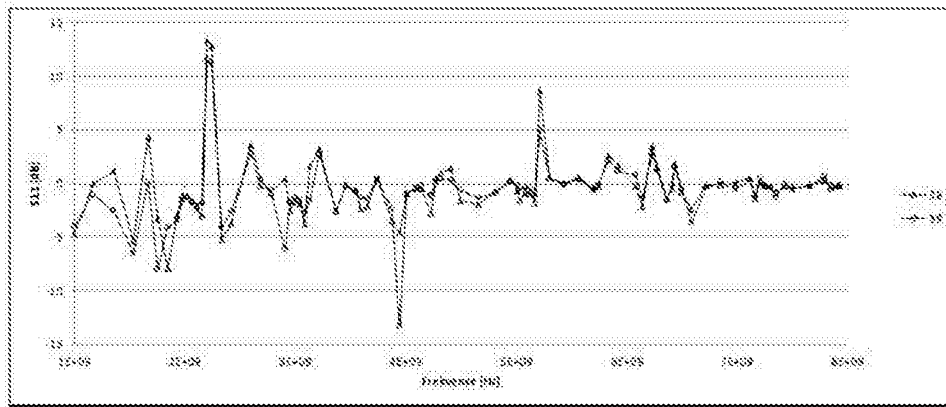
Obr.9



Obr.10



Obr.11



Obr.12