



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVEDČENIU

217664
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
G 01 H 3/10

(22) Prihlášené 31 10 78
(21) (PV 7094-78)

(40) Zverejnené 28 05 82

(45) Vydané 16 07 84

(75)

Autor vynálezu

TUREK IVAN RNDr., KOLNÍK STANISLAV RNDr. CSc., ŽILINA

(54) Spôsob vytvorenia opticky čitateľného záznamu akustického poľa
v elektroopticky aktívnych materiáloch

Ak sa elektrická vodivosť akustoelektricky aktívneho materiálu, napríklad osvetlením, moduluje koherentne s akustickou vlnou, ktorá sa týmto prostredím šíri, vytvorí sa priestorové rozloženie nosičov náboja, ktoré má mimo periodickej zložky i stacionárnu zložku, svojím tvarom zodpovedajúcu akustickej vlne. Vďaka tejto stacionárnej zložke rozloženia voľných nosičov náboja sa v materiáli vytvorí i značná modulácia koncentrácie nosičov zachytených na hlbokých záchytných hladinách. Elektrické pole od takto vytvoreného rozloženia nosičov náboja pretrváva i po vypnutí osvetlenia a vypnutí akustickej vlny. V materiáli s výrazným elektrooptickým javom toto pole moduluje index lomu, takže je možné jeho rozloženie vhodnými optickými interferenčnými, alebo holografickými metódami vyšetrovať. Dostaneme tým informáciu o pôvodnej akustickej vlne, ktorá sa prostredím šírila, pretože rozloženie náboja a tým i modulácia indexu lomu zodpovedá rozloženiu pôvodného akustického poľa. Materiál s uvedenou moduláciou indexu lomu teda predstavuje opticky čitateľný záznam akustického poľa.

Vynález sa týka spôsobu vytvorenia opticky čitateľného záznamu akustického poľa elektroopticky aktívnych materiálov, pri ktorom sa využíva rozloženie nosičov náboja.

Akustická vlna v materiáli s voľnými nosičmi elektrického náboja vyvoláva zmenu priestorového rozloženia týchto nosičov. Mechanizmov, ktoré túto zmenu rozloženia nosičov môžu vyvolať, je niekoľko. Najznámejší z nich, vyvolaný prostredníctvom piezoelektrického javu je podrobne popísaný v odbornej literatúre.

Voľné nosiče náboja, podľa Drude-Lorentzovej teórie, ovplyvňujú index lomu svetla, takže akustické pole sa prostredníctvom zmeny koncentrácie podieľa na „premodulovaní“ indexu lomu, čo principiálne môže byť použité pre optické zobrazenie akustickej vlny. Avšak zmena indexu lomu vyvolaná takýmto mechanizmom je malá na to, aby za bežných podmienok mohla byť výhodne použitá na zviditeľnenie akustického poľa.

S rozložením koncentrácie voľných nosičov súvisí i rozloženie koncentrácie nosičov zachytených na záchytných centrách, ktoré je možné využiť na vytvorenie záznamu akustického poľa.

Pokiaľ sa záznam vytvára obsadením plytkých záchytných centier, mohol by sa použiť ich priamy vplyv na index lomu svetla, pretože ich polarizovateľnosť je dostatočná pre dosiahnutie použiteľnej zmeny indexu lomu. Pri vytvorení záznamu pomocou modulácie obsadenia plytkých záchytných centier je potrebné materiál s vytvoreným záznamom udržiavať na teplote tak nízkej, aby nedošlo k teplotnej excitácii nosičov zachytených na týchto centrách.

Na vytvorenie záznamu akustického poľa môže byť využitý i záchyt nosičov na hlbokých centrách, podobne ako je tomu pri využití záchyty na vytvorenie záznamu optického poľa.

Priamy vplyv nosičov náboja zachytených na hlbokých centrách na index lomu je malý, takže v materiáli s výrazným elektrooptickým javom sa dosiahne silnejšie ovplyvnenie indexu lomu, menovite, ak náboj vytvorený zachytením nosičov nebude vykompenzovaný iným nábojom. Vtedy sa vytvorí elektrické pole, ktoré prostredníctvom elektrooptického javu moduluje index lomu, čo môže byť použité pre optické čítanie záznamu. Keď na materiál s takto vytvoreným záznamom naložíme vonkajšie elektrické pole frekvencie zhodnej s frekvenciou vlny, ktorá bola zaznamenaná, vygeneruje sa prostredníctvom elektroakustického javu ako i prostredníctvom elektrostriekcie, akustická vlna odpovedajúca vlne, ktorá bola zaznamenaná.

Záchyt elektrónov na plytkých centrách bol k vytvoreniu záznamu akustického poľa použitý v rôznych materiáloch. Premodulovanie koncentrácie elektrónov na plytkých centrách bolo dosiahnuté vyprázdňovaním obsadených centier tunelovým javom pri súčasnom pôsobení akustickej vlny, ktorá mala

byť zaznamenaná a vonkajšieho elektrického poľa frekvencie zhodnej s frekvenciou akustickej vlny. Záznam bol vytvorený a udržiavaný pri teplotách tekutého hélia. Potreba chladenia záznamového prostredia však spôsobuje značné potiaže pri technickom použití takéhoto spôsobu vytvorenia záznamu akustickej vlny. Vytvorenie záznamu pomocou hlbokých záchytných centier nevyžaduje síce chladenie záznamového prostredia, ale v dôsledku slabého vplyvu hlbokých záchytných centier na index lomu boli takéto centrá použité dosiaľ iba pre vytvorenie záznamu povrchových vln, u ktorých je i pri technicky dostupných výkonoch značne vyššia deformácia prostredia a tým i vyššia s elektrickým poľom vlny súvisiaca modulácia koncentrácie nosičov náboja.

K tomu, aby sa vytvoril čitateľný záznam objemovej akustickej vlny bez nutnosti chladenia záznamového prostredia na nízkej teplote, je možné podľa predkladaného vynálezu využiť súčasné pôsobenie akustickej vlny a modulácie elektrickej vodivosti záznamového prostredia obsahujúceho hlboké záchytné centrá. Výhoda vytvorenia záznamu objemových akustických vln spočíva najmä v ich použiteľnosti pre akustickú defektoskopiu a holografii. S ohľadom na možnosti ľahšej generácie objemových vln pri vyšších frekvenciách, môže však vhodná metóda záznamu objemových vln nájsť uplatnenie i pri konštrukcii akustických pamätí pre počítacie stroje.

Spôsob vytvorenia opticky čitateľného záznamu akustického poľa podľa vynálezu spočíva v tom, že stacionárna priestorová modulácia indexu lomu korešpondujúca rozloženiu zaznamenaného akustického poľa sa vytvorí pôsobením akustickej vlny na priestorové rozloženie nosičov náboja a súčasnou, s akustickou vlnou koherentnou moduláciou elektrickej vodivosti materiálu.

Časová konštanta dosahovania rovnováhy medzi koncentráciou voľných a zachytených nosičov náboja je spravidla značne veľká v porovnaní s periódou akustickej vlny, ktorá sa má zaznamenať. Amplitúda priestorového rozloženia koncentrácie nosičov na záchytných centrách, vytvoreného akustickou vlnou je potom značne menšia než tá, ktorá by zodpovedala stacionárnemu rozloženiu koncentrácie voľných nosičov. Je preto výhodné vytvoriť také rozloženie koncentrácie voľných nosičov, ktoré by zodpovedalo priestorovému rozloženiu akustickej vlny v materiáli, avšak ktoré by bolo časove nepremenné, resp. menilo by sa iba pomaly.

Dosiahnuť toho, aby akustická vlna vytvorila takéto rozloženie voľných nosičov je možné vtedy, ak elektrická vodivosť záznamového prostredia je modulovaná koherentne s akustickou vlnou, t. j. modulovaná tak, aby integrál súčinu elektrickej vodivosti materiálu a intenzity elektrického poľa pochádzajúceho od akustickej vlny v čase väčšom, alebo aspoň zrovnateľnom s dobou potrebnou na dosiah-

nutie rovnováhy voľných a zachytených nosičov bol rôzny od nuly, t. j. aby

$$(1) \quad \int_{\tau} \sigma(t) dt \cdot E_{ak}(t, x) dt \neq 0$$

V prípade, že akustická vlna je harmonická a že elektrická vodivosť je modulovaná harmonicky s amplitúdou σ_m a frekvenciou zhodnou s frekvenciou akustickej vlny, podmienka (1) je splnená. Príslušným výpočtom dostaneme, že amplitúda priestorového rozloženia voľných nosičov je:

$$(2) \quad n_0 = \frac{1}{2} \frac{k}{g} \cdot \frac{\sigma_m \cdot E_{ak0}}{(\sigma/\varepsilon + k^2 D)},$$

kde g je náboj nosičov náboja, E_{ak0} je amplitúda elektrického poľa vytvoreného akustickou vlnou, k je absolútna hodnota vlnového vektora zaznamenávanej vlny, D je difúzna konštanta nosičov náboja, ktoré priestorový náboj vytvárajú a ε je dielektrická konštanta záznamového materiálu.

Člen σ/ε vo vzťahu (2) je Maxwellovská relaxačná frekvencia a vyjadruje „brzdenie“ vytvárania elektrického náboja prostredníctvom elektrického poľa od už vytvoreného náboja. Nech v materiáli sú prítomné i iné, od prvých nezávislé pohyblivé nosiče elektrického náboja, koncentrácia ktorých nie je modulovaná koherentne s akustickou vlnou. Ich koncentrácia bude elektrickým poľom, ktoré zastavuje rast náboja vytváraného akustickou vlnou ovplyvňovaná tak, že nimi vytvorené elektrické pole bude kompenzovať pole, ktoré brzdilo pôvodný rast koncentrácie nosičov náboja. V takomto prípade sa vo vzťahu (2) člen σ/ε neuplatní, pretože vytváranie záznamu, t. j. priestorového rozloženia nosičov náboja jedného druhu, bude zastavené iba difúziou nosičov.

Ak v tomto materiáli budú prítomné zachytné centrá, premoduluje sa ich obsadenosť podľa rozloženia pohyblivých nosičov. Amplitúda modulácie koncentrácie nosičov na týchto centrách bude úmerná koncentrácii pohyblivých nosičov a pomeru pravdepodobnosti zachytu a excitácie nosičov zo zachytných centier. Vhodnou voľbou zachytných centier a voľbou hodnoty pravdepodobnosti excitácie zachytených nosičov pomocou vhodného

osvetlenia, teploty a pod., možno zvoliť amplitúdu koncentrácie nosičov na zachytných centrách, t. j. amplitúdu záznamu.

Takýto záznam je však latentný — prejavuje sa veľmi málo na modulácii indexu lomu — pretože rozloženie jedného i druhého druhu nosičov náboja je taká, že sa ich polia navzájom kompenzujú.

Zmenu takéhoto latentného záznamu do stavu, v ktorom sa dá záznam registrovať je možno dosiahnuť tým, že sa zmenia podmienky tak, aby sa zamedzil pohyb nosičov s malou difúznou konštantou a naopak umožnil pohyb nosičov s veľkou difúznou konštantou. V dôsledku difúzie sa tak vytvorí rovnomernejšie rozloženie nosičov jedného druhu, čo vedie k vytvoreniu elektrického poľa nevykompenzovanými nosičmi elektrického náboja.

Popísaným spôsobom je možné vytvoriť opticky čitateľný záznam akustických vln v piezoelektrických fotovodivých materiáloch s hlbokými zachytnými hladinami. Nech napríklad cez priehľadné prostredie dopadá akustická vlna na platničku monokryštalického CdS obsahujúceho prímеси vytvárajúce hlboké zachytné hladiny. Zároveň nech je platnička CdS osvetľovaná periodicky modulovaným svetlom tak, aby sa jej elektrická vodivosť menila koherentne s akustickou vlnou. V dôsledku toho sa v platničke vytvorí priestorové rozloženie nosičov náboja, ktoré sleduje elektrické pole vytvorené vlnou v dôsledku piezoelektrického javu. Toto rozloženie náboja sa prejaví i na obsadení hlbokých zachytných hladín, takže po vypnutí akustickej vlny a osvetlenia bude v materiáli pretrvávať elektrické pole vytvorené zachytenými nosičmi. Pretože CdS, podobne ako mnohé ďalšie materiály, vykazuje elektrooptický efekt, prítomnosť elektrického poľa sa prejaví priestorovou moduláciou indexu lomu materiálu. Vytvoril sa teda opticky čitateľný záznam akustického poľa, ktorý je možno interferenčnými, alebo holografickými metódami sledovať.

V prípade potreby je možno vhodným zohriatím, alebo osvetlením zachytené nosiče excitovať do vodivostného pásu a tak vytvorený záznam vymazať. Platnička je po prípadnom ochladení na pôvodnú teplotu pripravená pre opätovné vytvorenie záznamu.

PREDMET VYNÁLEZU

Spôsob vytvorenia opticky čitateľného záznamu akustického poľa v elektroopticky aktívnych materiáloch vykazujúcich piezoelektrické vlastnosti, vytvorením stacionárnej priestorovej modulácie koncentrácie nosičov náboja a tým i indexu lomu materiálu, vyznačujúci sa tým, že stacionárna priestorová

modulácia indexu lomu korešpondujúca rozloženiu zaznamenávaného akustického poľa sa vytvorí pôsobením akustickej vlny na priestorové rozloženie nosičov náboja a súčasne, s akustickou vlnou koherentnou moduláciou elektrickej vodivosti materiálu.