

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVEDČENIU

214911

(11) (B1)



ÚRAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

(22) Prihlásené 19 06 79
(21) [PV 4197-79]

(40) Zverejnené 31 10 80

(45) Vydané 30 10 84

(51) Int. Cl.³

G 01 H 3/10

(75)

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

(54) Spôsob zviditeľnenia akustického poľa v polovodičoch pomocou luminiscencie

Vynález sa zaoberá novým spôsobom zviditeľnenia akustického poľa, pri ktorom sa využíva priestorová modulácia koncentrácie elektrónov spôsobená interakciou elektrónov s akustickou vlnou šíriacou sa v polovodivom materiáli. Vtedy, keď je elektrická vodivosť materiálu nerovnovážna, napríklad keď je spôsobená jeho osvetlením, bude pri vhodných parametroch materiálu dochádzať i k luminiscencii, t. j. k rekombinácii nosičov elektrického náboja. Intenzita žiarivej rekombinácie závisí od koncentrácie nosičov náboja, takže vplyv akustickej vlny na priestorové rozloženie koncentrácie elektrónov sa prejaví priestorovou moduláciou intenzity luminiscencie, čo môže byť využité na sledovanie rozloženia akustického poľa.

Účinnosť uvedenej modulácie luminiscencie je dostatočne veľká pri vysokých frekvenciách, takže vynález je možné použiť tam, kde je potrebné poznať rozloženie ultrazvukového poľa — napríklad, akustická defektoskopia, akustická holografia — a kde je možné narábať s dostatočne intenzívnymi ultrazvukovými vlnami.

Vynález sa týka spôsobu zviditeľnenia akustického poľa v polovodičoch pomocou luminiscencie.

Elektrické pole akustickej vlny v materiáloch s nenulovým koeficientom elektromechanickej väzby vytvára priestorovo-časové rozloženie náboja. Ak je elektrická vodivosť materiálu, v ktorom sa šíri akustická vlna časovo modulovaná synchronne s akustickou vlnou, vytvára sa také rozloženie nosičov elektrického náboja, že jeho stredná hodnota v čase jednej periódy bude závisieť od súradnice, sledujúc priestorovú závislosť deformácie akustickej vlny. Takéto rozloženie nosičov náboja bolo navrhnuté použiť na vytvorenie záznamu akustickej vlny spôsobom, ktorý sa dá použiť v materiáloch s vysokým koeficientom elektrooptického javu a umožňuje optické „čítanie“ záznamu akustickej vlny.

Priestorové rozloženie koncentrácie nosičov náboja vytvorené naznačeným spôsobom môže byť využité i na zviditeľňovanie akustického poľa s využitím žiarivej rekombinácie nosičov náboja.

Podstata spôsobu zviditeľnenia akustického poľa v polovodičoch pomocou luminiscencie spočíva v tom, že sa akusto-elektricky aktívnou vlnou vo vodivom materiáli priestorovo moduluje koncentrácia nosičov náboja, čím sa pri nerovnovážnej koncentrácii nosičov náboja zapríčini priestorová modulácia žiarivej rekombinácie nosičov náboja podľa rozloženia akustického poľa.

Predpokladajme, že v uvažovanom materiáli je elektrická vodivosť spôsobená dvomi druhmi nosičov náboja a že je možné nezávisle regulovať elektrickú vodivosť sprostredkovanú jedným druhom nosičov náboja, napr. elektrónmi, nezávisle od vodivosti spôsobenej druhým druhom nosičov, napr. dier, alebo, že je aspoň možné regulovať pomer týchto vodivostí. V takom prípade je možné napr. vhodnou moduláciou osvetlenia, dosiahnuť toho, že akustická vlna prostredníctvom elektrického poľa, ktoré vytvorí, vyvolá prúd nosičov, ktorého divergencia stredovaná po dobu jednej periódy bude funkciou súradnice. To znamená, že koncentrácia nosičov nezostane všade rovnaká — nosiče náboja sa budú hromadiť v miestach, v ktorých je rovnaká fáza časovej deformácie akustickej vlny voči časovej závislosti modulácie elektrickej vodivosti. Pokiaľ dierová vodivosť nebude modulovaná, alebo bude modulovaná výrazne menej ako vodivosť elektrónová, bude amplitúda priestorového rozloženia koncentrácie dier vyvolaná akustickou vlnou analogickým spôsobom značne menšia ako amplitúda rozloženia elektrónov.

Ak sa akustická vlna bude šíriť v materiáli s monopolárnou vodivosťou, tiež zapríčini rozloženie nosičov náboja. Dosiahne sa

prítom také amplitúda rozloženia nosičov, pri ktorej elektrický prúd, vyvolaný elektrickým poľom od náboja vytvoreného pre-rozdelení koncentrácie nosičov a difúzny elektrický prúd, zamedzia ďalší rast amplitúdy koncentrácie nosičov náboja.

Ak sa akustická vlna bude šíriť materiálom s dvojnosičovou vodivosťou a časovo modulovaná bude iba elektrická vodivosť zapríčinená jedným druhom nosičov, napr. elektrónmi, akustická vlna bude priamo vyvolávať iba priestorové rozloženie tohto druhu nosičov náboja. Avšak elektrické pole vytvorené rozložením týchto nosičov, ktoré v prípade monopolárnej vodivosti zastavilo ďalší rast priestorového rozloženia nosičov, bude rovnako pôsobiť na oba druhy nosičov náboja. V takej miere ako elektrické pole rastie a znižuje „distribučné“ účinky akustickej vlny na nosiče, ktorých koncentrácia je modulovaná, bude toto pole vytvárať prúd druhého druhu nosičov, napr. dier. Tento prúd vytvorí také rozloženie dier, aby sa kompenzovali účinky poľa vytvoreného rozložením prvého druhu nosičov, t. j. elektrónov. V dôsledku toho sa „vypne“ mechanizmus obmedzovania rastu rozloženia nosičov elektrickým poľom. Ako mechanizmus obmedzenia rastu bude účinkovať difúzia nosičov náboja, ktorá pri nie príliš vysokých frekvenciách dovolí značne vyššie amplitúdy rozloženia koncentrácie nosičov náboja.

Ak uvedené rozloženie nosičov náboja vytvoríme v materiáli v ktorom sú prítomné zachytne centrá pre elektróny a tiež i zachytne centrá pre diery, dôjde k obsadeniu týchto centier v závislosti od rozloženia koncentrácie voľných elektrónov a dier. Koncentrácia nosičov na týchto centrách je v ustálenom stave úmerná koncentrácii voľných nosičov s konštantou úmernosti závislou od hĺbky týchto centier. Veľkosť tejto konštanty je tým väčšia, čím väčšia je časová konštanta dosahovania rovnovážneho obsadenia týchto centier a môže nadobúdať hodnoty 10^4 až 10^5 pri časovej konstante rádu milisekúnd.

Akumulácia nosičov náboja zhromažďovaných akustickou vlnou neprispieva síce k celkovému počtu párov rekombinovaných za jednotku času, ale umožňuje zvýšiť podiel párov rekombinovaných žiarivo. Zvýšenie podielu žiarivej rekombinácie je možné preto, že rýchlym vyprázdnením týchto centier sa na dobu odpovedajúcu dobe života prebytočných nosičov, t. j. dobu potrebnú na rekombináciu, o niekoľko rádov zvýši koncentrácia voľných nosičov. Pri takejto zvýšenej koncentrácii sa podiel žiarivých prechodov môže značne zvýšiť až blízko ku hodnote, ktorá sa dosahuje napr. v luminiscenčných diódach.

Pre využitie popísaného javu na zviditeľnenie akustického poľa pomocou žiarivej rekombinácie môže byť dôležité, že maximum koncentrácií oboch druhov nosičov je v tomže mieste. Nastane to vtedy, keď náboje jednotlivých druhov nosičov majú opačné znamienka. Je tomu tak preto, že elektrické polia vytvorené týmito nosičmi sa kompenzujú tak, že celkové pole je blízke nule. Pretože elementárne náboje nosičov sú opačné, musí byť celková koncentrácia jedných blízka koncentracii druhých. Keď je elektrická vodivosť spôsobená komplementárnymi nosičmi, ktoré môžu navzájom rekombinovať, pravdepodobnosť rekombinácie bude úmerná súčinu koncentrácií oboch druhov

nosičov, takže jej maximum musí byť v mieste spoločného maxima koncentrácií nosičov.

O praktickej použiteľnosti uvedeného javu rozhoduje absolútna hodnota luminiscenčnej svietivosti pri použiteľných podmienkach a hodnota kontrastu zobrazenia akustickej vlny t. j. pomer rozdielu svietivosti v maxime a minime svietivosti a strednej hodnoty svietivosti pri jednotkovej hodnote amplitúdy akustickej vlny.

Uvedenú moduláciu luminiscencie je možné použiť na zviditeľnenie akustického poľa, čo môže mať značný význam pre akustickú defektoskopiu, resp. akustickú holografiiu.

PREDMET VYNÁLEZU

Spôsob zviditeľnenia akustického poľa v polovodičoch pomocou luminiscencie, vyznačujúci sa tým, že sa akustoelektricky aktívnou vlnou vo vodivom materiáli priestorove moduluje koncentrácia nosičov náboja,

čím sa pri nerovnovážnej koncentrácii nosičov náboja zapríčiní priestorová modulácia žiarivej rekombinácie nosičov náboja podľa rozloženia akustického poľa.