

(19)



(10) **LT 6047 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patento numeris: **6047** (51) Int. Cl. (2014.01): **H01L 21/00**
- (21) Paraiškos numeris: **2012 094**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2012 10 18**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2014 04 25**
- (45) Patento paskelbimo data: **2014 06 25**
- (62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —
- (85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —
- (30) Prioritetas: —
- (72) Išradėjas:
Romaldas PURLYS, LT
Arvydas Juozapas JANAVIČIUS, LT
Vitalij BALANDIN, LT
Mindaugas VILIŪNAS, LT
Saulius BALAKAUSKAS, LT
Andrius POŠKUS, LT
- (73) Patento savininkas:
VILNIAUS UNIVERSITETAS, Universiteto g. 3, LT-01513 Vilnius, LT
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Jurga PETNIŪNAITĖ, AAA Law, J.Jasinskio g. 16A, LT-03163 Vilnius, LT

- (54) Pavadinimas:
Naujas defektų formavimo būdas naudojant rentgeno spinduliuotę ir elektrinį lauką ir jo panaudojimas

- (57) Referatas:

Išradimas skirtas medžiagų savybių modifikavimo technologijoms tobulinti, sumažinant energijos ir laiko sąnaudas bei praplečiant medžiagų savybių modifikavimo galimybes, jose sukuriant ir išlaikant kitos metastabilios struktūros būseną. Išradimas priskirtinas medžiagų su reikalingomis savybėmis gamybos technologijos sričiai, iš dalies – defektų generavimo kristaluose būdams ir gali būti panaudotas pramonėje, priemaišų legiravimo procesuose ir reikalingos defektų koncentracijos medžiagoms gaminti, krūvininkų koncentracijai padidinti ir metastabiliai būsenai medžiagoje sukurti, radijo bangų energijai ir dozėms matuoti.

Technikos sritis

Išradimas priskirtinas medžiagų su reikalingomis savybėmis gamybos technologijos sričiai, iš dalies – defektų generavimo kristaluose būdams ir gali būti panaudotas pramonės šakose, kur yra naudojamas priemaišų legiravimo procesas ir yra gaminamos reikalingą defektų koncentraciją turinčios medžiagos.

Technikos lygis

Nagrinėjant netiesinę difuziją sužadintose sistemose (A.J. Janavičius, Lith. J. of Phys., 37, 508-510, (1997) buvo atkreiptas dėmesys į greitą terminę indžio difuziją p tipo HgCdTe/CdTe kristale, sužadintame gyvsidabrio-halogeninės lempos ultravioletinių spindulių 4,14 eV fotonais. Ši labai greita difuzija buvo eksperimentiškai atrasta ir paskelbta darbe Seung-Man-Park et al, Jpn. J. Appl. Phys., 35, 1554 (1996). Naudojant antrinių jonų masių spektroskopiją (angl. *Secondary Ion Mass Spectroscopy*), buvo išmatuoti greitos indžio difuzijos profiliai, atitinkantys labai mažą aktyvacijos energiją (matavimo temperatūra buvo 120 °C, 150 °C, 180 °C). Kadangi greitoje difuzijoje dalyvavo tik apie 1% indžio atomų, tai, nors tie atomai per 30 s laiką pasiekia gylį didesnę už 12 mikrometrų, jokie praktinio taikymo atrastam reiškiniui nerasta. Tačiau gauti rezultatai turi teorinę reikšmę, nes šiuo atveju buvo parodyta galimybė inicijuoti super-difuziją naudojant fotoninę spinduliuotę.

Iki šio laiko yra nagrinėjama dalelių srautų inicijuota super-difuzija, kuri gali būti realizuojama įterpiant priemaišas greitais elektronais, protonais ir lėtais neutronais. Pastarieji super-difuzijos atvejai tik dalinai gali būti laikomi difuzija, nes jie yra susiję su atomų išmušimu iš kristalinės gardelės. Naudojant neutronų pluoštelių priemaišų įterpimui buvo pagaminti diodai ir saulės elementai, bet taip pagamintos p-n sandūros turi daug defektų ir yra prie pat paviršiaus. Greitos dalelės ardo gardelę, sukuria daug defektų ir keičia paviršiaus struktūrą, gali susidaryti amorfinis sluoksnis kristalo paviršiuje. Todėl dalelių srautų inicijuotos super-difuzijos taikymai gaminant elektronikos gaminius kol kas yra tik eksperimentinio pobūdžio.

Yra panaudojami minkšti rentgeno spinduliai metastabilių vakansijų sukūrimui Si gardelėje Ožė efekto būdu. Yra sukurta eksperimentiškai boro ir fosforo super-difuzija per metastabilias vakansijas kristaliniame silicyje kambario temperatūroje. Naudodami šios rūšies super-difuziją, galima pasiūlyti perspektyvias

technologijas aukštos kokybės elektronikos prietaisų (fotodiodų, saulės elementų) gamybai.

Ši svarbi išvada buvo aptikta lyginant su super-difuzija, inicijuota greitais elektronais. Priemaišų profilių gavimas naudojant greitų elektronų technologiją yra pateiktas Takao Wada ir Hiroshi Fujimoto straipsnyje "Electron Beam Doping of Impurity Atoms into Semiconductors by Superdiffusion, Phys stat. sol. (c) 0, No. 2, 788-794 (2003)". Tyrimai, kurie aprašyti tame straipsnyje, buvo atliekami naudojant labai plonus difuzijos sluoksnius (storis 50-400 Å), kuriuos yra sunku pritaikyti praktikoje. Minkštaisiais rentgeno spinduliais generuotos, greitai difunduojančios ir kambario temperatūroje ilgai gyvuojančios vakansijos (A.J. Janavičius, J. Banyš, R. Purlys, and S. Balakauskas, Lithuanian Journal of Physics 42, No 5, 337 (2002)) gali būti naudojamos giliam priemaišų įvedimui į puslaidininkius. Netiesinė difuzijos teorija, pateikta straipsnyje (A.J. Janavičius, Phys. Lett. A., 224, 159-162, (1997)), atskleidžia naujus eksperimentinius taškinių defektų tyrimo metodus, taikant elektrinius ir Brego difrakcijos matavimus. Straipsnyje (A.J. Janavičius, Acta Phys. Pol. A 93, 505 (1998)) pateiktas super-difuzijos metodas sužadintose sistemose iš esmės skiriasi nuo super-difuzijos, generuotos greitais elektronais ar kitomis dalelėmis. Super-difuzija, generuota greitais elektronais (1 – 2 MeV), protonais, gama spinduliais ar kitomis dalelėmis, gamina vakansijas ir Frenkelio poras, bet taip pat įveda vakansijas ir deguonies kompleksus, kurie sugadina tą sritį ir elektroninius prietaisus. Kristalus apšaudant greitomis dalelėmis, didelė energija perduodama gardelei. Ši energija didina gardelės virpesių energiją, mažina vakansijų egzistavimo laiką ir tikimybę dalyvauti difuzijoje. Vakansijos, kurios generuojamos minkštaisiais rentgeno spinduliais, yra ilgai gyvuojančios (daugiau negu 1,5 h) kambario temperatūroje ir gali būti taikomos praktikoje. Priemaišų super-difuzijos generavimo, naudojant minkštuosius rentgeno spindulius, procesas puslaidininkiuose, siekiant kurti naujo tipo įrenginius (fotodiodus, saulės elementus), yra sudėtingas procesas, kuris priklauso nuo kristalų savybių, priemaišų ir vakansijų krūvių. Todėl yra reikalingi tolesni teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai. Ilgai gyvuojančios ir greitai difunduojančios neigiamos vakansijos yra fosforo ir boro super-difuzijos kambario temperatūroje p tipo silicio kristaluose priežastis. Kabančių vakansijų ryšių rezonansai veikiant kintamam elektriniam radijo dažnio elektriniam laukui yra iš esmės nauji reiškiniai, pateikti patentavimui.

Yra žinomas priemaišų legiravimo būdas, aprašomas US patente Nr. 4,824,798. Čia vakansijos yra generuojamos aukštos temperatūros, iki 900 °C, krosnyse. Šio būdo trūkumas yra tas, kad šis būdas reikalauja didelių energijos ir laiko (apie 8 valandos) sąnaudų.

Šviesos diodų gamybos būdas, kuris aprašomas US patente Nr. 4,639,275, remiasi cinko jonų difuzija aukštoje temperatūroje (750 – 1050 °C) III-V puslaidininkių įvairialytėje sandūroje (šiuo atveju tie jonai reikalingi tam, kad sukurti netvarkios struktūros sluoksnį ir tokiu būdu padidinti to sluoksnio medžiagos draustinės energijos juostos plotį). US patente Nr. 4,843,033 aprašytas kitas cinko jonų difuzijos į GaAs padėklus metodas, kuris remiasi cinko volframo silicido ($W_xSi:Zn$) sluoksnio nusodinimu ant GaAs paviršiaus ir kaitinimu 600 – 700 °C temperatūroje.

Kitas plačiai taikomas priemaišų įterpimo į puslaidininkį metodas – tai jonų implantavimas. Pagrindinis jo trūkumas yra tas, kad didelės energijos jonai išmuša puslaidininkio atomus iš gardelės mazgų, t. y. pažeidžia kristalo gardelę. Kad atstatyti tvarkingą atomų išsidėstymą, po jonų implantavimo reikalingas atkaitinimas (tipiška atkaitinimo temperatūra – maždaug 800 °C). Egzistuoja metodai, kurie minimizuoja implantavimo žalą puslaidininkiui ir leidžia sumažinti atkaitinimo temperatūrą. Pvz., US patente Nr. 4,927,773 aprašytas metodas, kuris remiasi tuo, kad puslaidininkis padengiamas kitos medžiagos sluoksniu, į kurį implantuojami jonai, o paskui vykdoma terminė jonų difuzija iš to sluoksnio į puslaidininkį. Šiuo atveju minėtasis sluoksnis apsaugo puslaidininkį nuo pažeidimo, o atkaitinimo temperatūrą pavyksta sumažinti iki 250 °C. Tačiau atkaitinimo trukmė siekia 16 valandų.

Artimiausias techninis sprendimas, pasirinktas išradimo analogu, yra legiravimo procesuose vakansijų generavimo būdas naudojant rentgeno spinduliuotę. Naudojant šį būdą, atliekamos tokios operacijos: iš anksto užgarinamas sluoksnis legiravimui skirtą elemento medžiagos paviršiuje, po to kristalas švitinamas rentgeno spinduliuote (A.J.Janavičius, S.Balakauskas, V.Kazlauskienė, A.Mekys, R.Purlys and J. Storasta. Superdiffusion in Si Crystal Lattice Irradiated by Soft X-Rays. Acta Phys.Polon.A. ISSN 0587-4246. Vol.114, No.4 (2008), p. 779-790.). Minkštaisiais rentgeno spinduliais generuotos, greitai difunduojančios ir kambario temperatūroje ilgai gyvuojančios vakansijos (A.J. Janavičius, J. Banys, R. Purlys, and S. Balakauskas, Lithuanian Journal of Physics 42, No 5, 337 (2002)) gali būti

naudojamos giliam priemaišų įvedimui į puslaidininkius.

Būdo trūkumas tas, kad vakansijų difuzija vyksta esant tik tam tikram rentgeno vamzdžio darbo režimui (9 kV anodinei įtampai ir 23 mA anodinei srovei). Režimas labai jautrus vamzdžio anodinei srovei ir įtampai, krintančiam į paviršių rentgeno spinduliuotės srautui. Anodinei srovei didėjant iki 30 mA, vakansijų difuzija silpnėja kelis kartus ir toliau jai didėjant išnyksta. Išnyksta ir anodinei įtampai padidėjus 1-2 kV. Todėl ir keičiantis su laiku aparatūros parametrams, o tuo pačiu ir spinduliuotės srautui, jį sudėtinga parinkti. Be to, naudojant šį būdą vakansijoms generuoti, jų difuzijos procesas į rentgeno spinduliuotės veikiamos medžiagos tūrį trunka nuo 1 iki 6 valandų. Švitinant spinduliuote aukšto dažnio elektrinio lauko veikiamą medžiagos paviršių, išradimas naudojamas sparčiam vakansijų koncentracijos medžiagoje įsotinimui, siekiant sudaryti palankias sąlygas priemaišų difuzijai. Taikant šį būdą galima realizuoti sparčią priemaišų difuziją bet kuriose medžiagose, nes jų nereikia kaitinti. Kadangi priemaišų difuzija yra sparti, tai yra nežymus spinduliuotės destruktivus poveikis. Lyginant su artimiausiu analogu, siūlomas naujas priemaišų difuzijos paspartinimo būdas yra technologiškas ir turi platesnes pritaikymo galimybes. Naudojant šios rūšies super-difuziją, yra įmanoma pasiūlyti perspektyvias technologijas aukštos kokybės elektronikos prietaisų (foto diodų, saulės elementų) gamybai.

Išradimo esmė

Šiuolaikinė puslaidininkių pramonė priklauso nuo galimybių keisti medžiagų savybes įterpiant priemaišas ir gardelėje generuojant arba naikinant struktūros defektus. Panaudojant rentgeno spindulius metastabilių vakansijų sukūrimui Si gardelėje Ožė efekto būdu, buvo atrasta eksperimentiškai boro ir fosforo super-difuzija per metastabilias vakansijas kristaliniame silicyje kambario temperatūroje.

Ankstesni tyrimai [(A.J.Janavičius, S.Balakauskas, V.Kazlauskienė, A.Mekys, R.Purlys and J. Storasta. Superdiffusion in Si Crystal Lattice Irradiated by Soft X-Rays. Acta Phys.Polon.A. ISSN 0587-4246. Vol.114, No.4 (2008), p. 779-790.)] parodė, kad yra galimybė įterpti priemaišas į puslaidininkio tūrį naudojant rentgeno spinduliuotę. Kadangi tokiai priemaišų difuzijai nereikalingas kaitinimas, tai šis būdas

yra patogesnis praktiniams taikymams negu įprastiniai vakansijų generavimo ir priemonių įterpimo metodai, kuriems reikia didelių energijos ir laiko sąnaudų. Šį uždavinį pavyko išspręsti naudojant rentgeno spinduliuotės generuotas vakansijas, kuomet esant kiekvienai medžiagai skirtingam rentgeno vamzdžio darbo režimui, medžiagoje susidaro tinkamos sąlygos vakansijoms formuotis ir difunduoti į kristalo tūrį. Kartu atitinkamos difrakcinio spektro smailės intensyvumas keičiasi iki ~100 kartų. Tačiau monokristalo tūrio užpildymo vakansijomis procesas užtrunka kelias valandas (Fig. 1.), o tokia vakansijų difuzija reikalauja specifinių ir kiekvienai medžiagai skirtingų rentgeno vamzdžio anodo darbo sąlygų. Paveiksle (Fig.1) pateikta Si (333) kristalografinės plokštumos difrakcijos CuK_α rentgeno spinduliuotės intensyvumo priklausomybė nuo švitinimo laiko. Matome, kad vykstant vakansijų generacijai, mažėja difrakcijos intensyvumas, kas rodo gardelės struktūros pokyčius tinkle didėjimo link, kuomet, šio išradimo atveju, generuojami taškiniai defektai iškreipia kristalo struktūrą. Matome, kad kristalo tūriui užpildyti vakansijų žadinimo procesas turi vykti apie 6 val. Todėl yra aktualu ieškoti būdų paspartinti šį procesą, kas leistų tikėtis paprastesnio ir spartesnio defektų difuzijos panaudojimo tobulinant legiravimo technologijas.

Išradimo tikslas yra pagerinti defektų generavimo, gilaus priemonių įvedimo į puslaidininkius, technologiją esant kambario temperatūrai ir bet kurioms rentgeno vamzdžio darbo sąlygoms. Tikslas yra pasiekiamas naudojant aukšto dažnio, iki 10 MHz elektrinį lauką, kuris padidina nutrauktų cheminių ryšių koncentraciją kristale. Bandinį veikiant 5 MHz dažnio elektriniu lauku, didinant generatoriaus įtampą iki 20 V, difrakcijos intensyvumas mažėja (Fig. 2). Tai rodo, kad paviršiuje generuojamos vakansijos palaipsniui difunduoja į kristalo tūrį analogiškai Fig.1. Tačiau generatoriaus įtampai pasiekus 30 V, registruojamas staigesnis difrakcijos intensyvumo sumažėjimas siekia ~10%, o esant 40 V pokytis išauga iki ~50%. Taip per 5 – 25 sekundes nutraukti cheminiai ryšiai sąlygoja gardelės struktūros pasikeitimus keičiantis elektronų ryšiams tarp defektus supančių atomų. Kitaip sakant, intensyvumo pokytis didėja didėjant paviršių veikiančios įtampos amplitudei arba jos dažniui. Tuo pačiu metu žymiai kinta ir bandinio varža (Fig 3). Kristalo tūryje veikiant aukšto dažnio elektriniam laukui, dėka elektromagnetinio lauko energijos, perduotos netvarkingai orientuotiems atomų branduoliams (nepriedame stipraus išorinio magnetinio lauko, kaip standartiniu branduolių magnetinio rezonanso atveju)

ir tuo pačiu kaupiamos gardelės atomų osciliacijose, kinta elektronų ryšiai vakansijose. Dėl rezonanso staigiai pasikeitus šiems ryšiams išauga srovės nešėjų koncentracija, padidėja laidumas ir krenta varža.

Tai pat ir nutrauktų („kabančių“) cheminių ryšių, kurie yra defektuose, rezonansai veikiant kintamam elektriniam radijo dažnio elektriniam laukui yra iš esmės nauji reiškiniai. Netiesinė difuzijos teorija atskleidžia naujus eksperimentinius taškinių defektų tyrimo metodus, taikant elektrinius ir Brego difrakcijos matavimus. Elektros laidumo, Brego difrakcijos maksimumų šuoliški pasikeitimai gali būti paaiškinti elektronų šuolių rezonansais pereinant iš vienos kvantinės būsenos į kitą. Rezonansai vyksta keičiantis defektų elektronų ryšiams dėl sąveikos su jas supančiais jonais, kurių osciliacijų anharmoniniai svyravimai yra generuojami branduolių magnetinių momentų sąveikos su išoriniu kintamos srovės elektromagnetiniu lauku. Tai priklauso nuo esančių cheminių ryšių defektuose, kurie gali atsirasti arba būti nutraukiami susidarant arba susijungiant kabantiems elektronams. Dėl to, praėjus tam tikram laikui ir sukaupus pakankamai energijos kristalo gardelėje, gali keistis defektų, defektų-deguonies kompleksų kvantinės būsenos ir bandinio elektrinis laidumas. Kintant tolimiems nuo sukinių priklausantiems elektronų ryšiams ir relaksacijoms defektuose, kinta kaimyninių atomų anharmoninių ryšių kvantinės būsenos ir vyksta kvantinių elektroninių šuolių relaksacijos veikiant kintamam elektriniam laukui.

Vakansijos, kurios generuojamos rentgeno spinduliais, yra ilgai gyvuojančios (daugiau nei 1,5 h) kambario temperatūroje ir gali būti taikomos praktikoje. Ilgai gyvuojančios ir greitai difunduojančios neigiamos vakansijos yra fosforo ir boro superdifuzijos kambario temperatūroje p-tipo silicio kristaluose priežastis.

Naudojant šios rūšies super-difuziją, yra įmanoma pasiūlyti perspektyvias technologijas aukštos kokybės elektronikos prietaisų (fotodiodų, saulės elementų) gamybai.

Trumpas brėžinių aprašymas

Fig. 1. Si (333) kristalografinės plokštumos difrakcijos CuK_α rentgeno spinduliuotės intensyvumo priklausomybė nuo švitinimo laiko

Fig. 2. Difrakcinio spektro (400) smailės intensyvumo priklausomybė nuo laiko, kai egzistuoja 5 MHz dažnio elektrinis laukas. „1“ atitinka generatoriaus elektrinio lauko 10 V įjungimo momentą, „2-20V“, „3-30V“, „4-40V“, 5- atitinka generatoriaus elektrinio lauko išjungimo momentą

Fig. 3. Silicio bandinio varžos priklausomybė nuo laiko, kai egzistuoja 5 MHz dažnio elektrinis laukas (matavimo sąlygos tos pačios kaip Fig. 2)

Išradimo realizavimo aprašymas

Šiuolaikinė puslaidininkių pramonė priklauso nuo galimybių keisti medžiagų savybes įterpiant priemaišas ir gardelėje generuojant arba naikinant struktūros defektus. Panaudojant rentgeno spindulius metastabilių vakansijų sukūrimui Si gardelėje Ožė efekto būdu, buvo atrasta eksperimentiškai boro ir fosforo superdifuzija per metastabilias vakansijas kristaliniame siliciyje kambario temperatūroje. Kabančių vakansijų ryšių rezonansai veikiant kintamam, radijo dažnio elektriniam laukui yra iš esmės nauji reiškiniai.

Išradimo tikslas yra pagerinti defektų generavimo, gilaus priemaišų įvedimo į puslaidininkius, technologiją esant kambario temperatūrai. Tikslas yra pasiekiamas naudojant aukšto, magahercinio dažnio elektrinį lauką, kuris padidina nutrauktų cheminių ryšių koncentraciją kristale. Bandinį veikiant 5 MHz dažnio elektriniu lauku, didinant generatoriaus įtampą iki 20 V, difrakcijos intensyvumas mažėja (Fig. 2). Tai rodo, kad paviršiuje generuojamos vakansijos palaipsniui difunduoja į kristalo tūrį analogiškai Fig.1. Tačiau generatoriaus įtampai pasiekus 30 V, registruojamas staigesnis difrakcijos intensyvumo sumažėjimas siekia ~10%, o esant 40 V pokytis išauga iki ~50%. Taip per 5 – 25 sekundes nutraukti cheminiai ryšiai sąlygoja gardelės struktūros pasikeitimus keičiantis elektronų ryšiams tarp defektus supančių atomų. Kitaip sakant, intensyvumo pokytis didėja didėjant paviršių veikiančios įtampos amplitudei arba jos dažniui. Tuo pačiu metu kinta ir bandinio varža (Fig 3). Kristalo tūryje veikiant aukšto dažnio elektriniam laukui, dėka elektromagnetinio

lauko energijos, perduotos netvarkingai orientuotiems atomų branduoliams (nepriedame stipraus išorinio magnetinio lauko, kaip standartiniu branduolių magnetinio rezonanso atveju) ir tuo pačiu kaupiamos gardelės atomų osciliacijose, kinta elektronų ryšiai defektuose. Dėl rezonanso staigiai pasikeitus šiems ryšiams išauga laisvųjų krūvininkų koncentracija, padidėja laidumas ir krenta varža.

Vakansijos, kurios generuojamos rentgeno spinduliais, yra ilgai gyvuojančios (daugiau nei 1,5 h) kambario temperatūroje ir gali būti taikomos praktikoje.

Eksperimentinių matavimų rezultatai

Eksperimento metu buvo naudojama silicio monokristalinė plokštelė 0,3 mm storio su aliuminio kontaktais (toliau bandinys). Atstumas tarp kontaktų 6 mm. Bandinio plotis 5 mm. Nuo aplinkos oro poveikio izoliuotas bandinys buvo švitinamas difraktometru DPOH-3M rentgeno spinduliuote (anodas Cu), esant 10 kV anodinei įtampai ir 24 mA anodinei srovei, ir registruojamas difrakcinio spektro (400) smailės intensyvumas (Fig.2). Tuo pačiu metu, buvo registruojamas bandinio varžos kitimas (Fig 3). Vieno matavimo trukmė siekė 2 sekundes. Švitinimo metu generatoriumi Г3-112/1 į bandinio paviršių buvo paduodama kintama iki 10 MHz dažnio ir iki 10 V įtampa.

Staigus, iki 100 kartų, intensyvumo sumažėjimas generatoriaus įjungimo momentu rodo gardelės struktūros kitimą. Kristalinė struktūra, dėl Ožė efekto, keičiasi į metastabilią būseną formuojantis gardelėje vakansijoms, tarpmazginiams atomams ir atomams su nepilnais cheminiais ryšiais. Tuo pačiu gali formotis ir elektroniniai Tamo lygmenys draudžiamoje puslaidininkio zonoje, kurie lokalizuojasi kristalo paviršiuje. Veikiant šių lokalinių lygmenų elektronus MHz dažnio spinduliuote, elektronai patenka į laidumo juostą, viena eile sumažindami varžą. Didėjant išorinės įtampos amplitudei ir dažniui, šis poveikis stiprėja. Tuo pačiu mažėja atomus rišančių cheminių ryšių skaičius, nesukompensuoti krūviai stumia vienas kitą ir didėja poveikio sukelti gardelės struktūros iškreipimai.

Pramoninis pritaikomumas

Išradimo aprašyme yra pateiktas naujas defektų formavimo būdas naudojant rentgeno spinduliuotę ir aukšto dažnio elektrinį lauką, ir gautų defektų panaudojimas. Išradimas gali būti taikomas puslaidininkių pramonėje, gaminant legiruotus puslaidininkius saulės elementams, fotodiodams ir kitiems puslaidininkiniams įtaisams. Puslaidininkių legiravimas (t. y. priemaišų atomų įterpimas į juos) taikant šį išradimą yra daug kartų greitesnis negu taikant įprastinius metodus. Be to, puslaidininkių legiravimas taikant šį išradimą gali būti atliekamas kambario temperatūroje. Taigi, pagrindiniai šio išradimo privalumai yra mažos laiko ir energijos sąnaudos, o tuo pačiu – ir maži puslaidininkinių įtaisų gamybos kaštai. Lyginant su kitais egzistuojančiais legiravimo metodais, kurie remiasi puslaidininkio apšaudymu greitomis dalelėmis (pvz., greitųjų elektronų skatintos super-difuzijos metodas, kuris aprašytas minėtame Takao Wada ir Hiroshi Fujimoto straipsnyje), pagrindinis šio išradimo privalumas yra tas, kad puslaidininkio kristalo gardelė yra mažiau pažeidžiama (kristalo atomai nėra išmušami iš pusiausvyros padėčių).

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Sužadintų defektų formavimo ir modeliavimo būdas, apimantis medžiagos švitinimą rentgeno spinduliuote, besiskiriantis tuo, kad švitinimo metu medžiaga yra veikama elektriniu lauku tam, kad būtų papildomai nutraukti cheminiai ryšiai.

2. Sužadintų defektų formavimo ir modeliavimo būdas pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad cheminiai ryšiai yra papildomai nutraukiami, padidinama laisvųjų krūvininkų koncentracija ir laidumas $\sim 1,5 - 5$ kartus, sumažinama varža.

3. Kristalas ar kitos medžiagos, gautos sužadintų defektų formavimo būdu pagal 1 - 2 punktus, skirti panaudoti bangų energijai ir dozėms matuoti.

4. Kristalo ar kitos medžiagos pagal 3 punktą panaudojimas elektronikos prietaisų gamyboje.

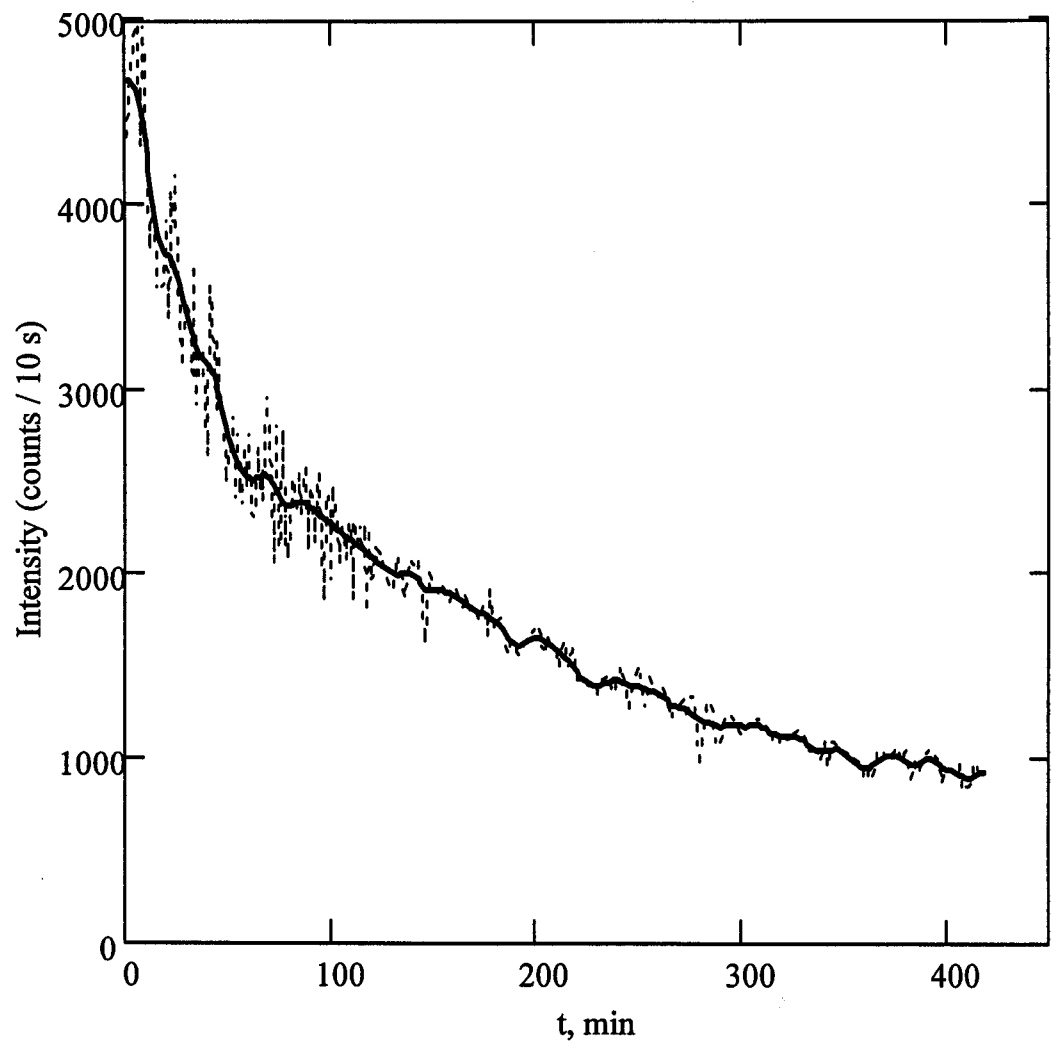


Fig.1

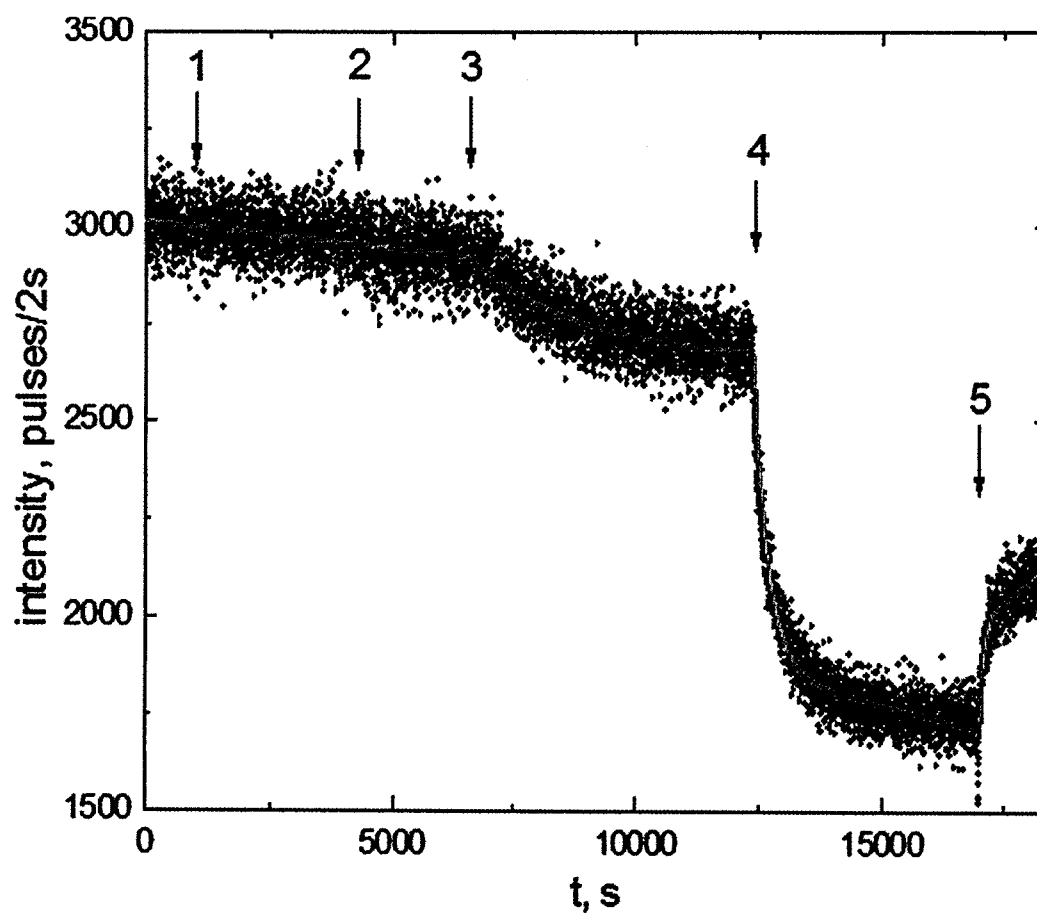


Fig.2

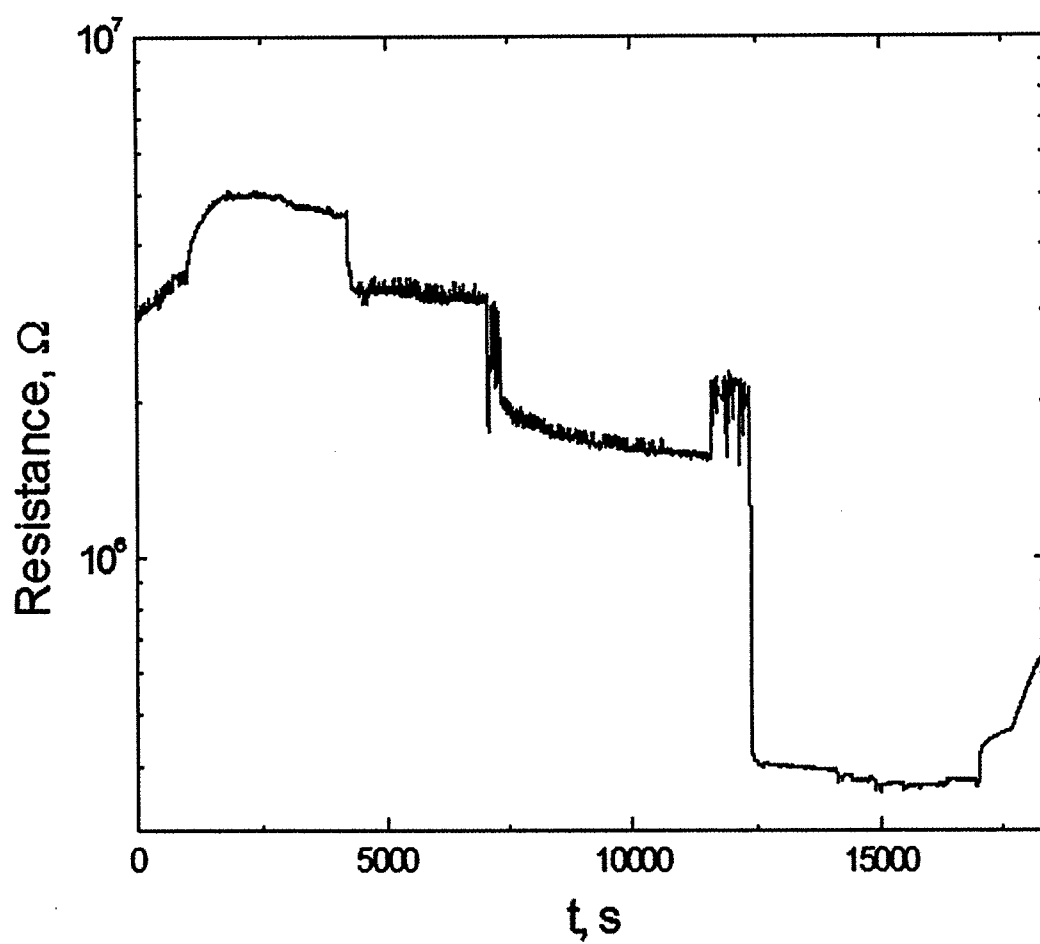


Fig. 3