

ХОЛЬЦЛООГУЙ УСТӨРӨГЧЖҮҮЛСЭН АМОРФ ЦАХИУРЫН
ДЭЭЖИН ДЭХ ФОТОДАМЖУУЛАЛЫН ТЕМПЕРАТУРЫН
ХАМААРАЛД ДУЛААН БОЛОВСРУУЛАЛТ БА ГЭРЭЛТҮҮ-
ЛЭЛТИЙН ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨ

Д.Батсуурь, Б.Бурмаа, Ж.Даваасамбуу,
П.Алтанцог^а, Ш.Чадраабал^а, А.Г.Казанский^б,
И.Г.Климашин^б

Устөрөгчийн аморф цахиур /a-Si:H/ нь нарны зай хийхэд тохиромжтой материалын хувьд судлаачдын сонирхолыг ихэд татах болсон юм. Үүнтэй холбогдон нарны элементийн үр ашигтай ажиллагааг тодорхойлдог рекомбинацын процессуудыг судлахад их анхаарч байна. a-Si:H доторхи рекомбинацын үндсэн төв бол эерэг корреляцийн энерги бүхий тасархай холбоос маягийн дефект гэж тогтоосон байна. Ийм учраас рекомбинацын загварын дийлэнхи нь a-Si:H-ийн хөдлөх чадварын завсар дахь фотодамжуулын температурын унтралтыг /ФТУ/ тайлбарлахын тулд дараахь загварыг дэвшүүлжээ. Энэ загвар ёсоор тасархай холбоосны концентраци багатай / 10^{17} см⁻³-ээс бага/ дээжинд рекомбинацын хурд нь нүхүүд валентын бүсийн сүүлнээс дулаанаар идэвхжиж, дараа нь сөрөг цэнэгтэй тасархай холбоосон дээр баригдах явдлаар тодорхойлогддог температурын завсар байдаг гэж үздэг /2.3/.

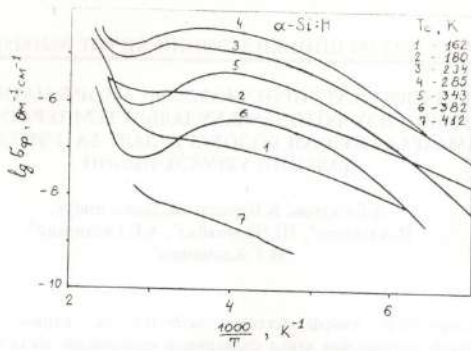
Дефект ихтэй / 10^{17} см⁻³-ээс их/ дээжинд рекомбинацын хурд нь электрон дамжуулын бүсийн сүүлнээс саармаг цэнэгтэй тасархай холбоосын төлөвт тунельчлэн баригдах процессор тодорхойлогддог /1/. Энэ үед нүх дулаанаар идэвхжих процесс фотодамжуулын хэмжээнд нөлөөлөхгүй учир ФТУ ажиглагдах ёсгүй. Энэ загвар хольцлоогүй a-Si:H-ийг удаан хугацаагаар урьдчилан гэрэлтүүлэхэд тасархай холбоосын концентраци нэмэгдэж ФТУ дарагддаг үзэгдлийг тайлбарладаг /4/. Ийм ч учраас хольцлоогүй a-Si:H-д ФТУ илэрч байвал дээжинд тасархай холбоосны концентраци бага байгаагийн гэрч гэж үздэг.

Гэтэл фосфороор хольцолсон a-Si:H удаан гэрэлтүүлэхэд ФТУ бий болдог байна /5/. Энэ нь дефектийн концентраци бага байх нь a-Si:H д ФТУ үүсэх нэр ганц шалтгаан биш гэдгийг харуулж байна.

Үүнийг бидний саяхан хийсэн a-Si:H дахь рекомбинацын процесст суурийн температурын үзүүлэх нөлөөг судалсан үр дүн нотолсон юм.

^а—ШУА-ийн ФТХ

^б—Москвагийн УИС



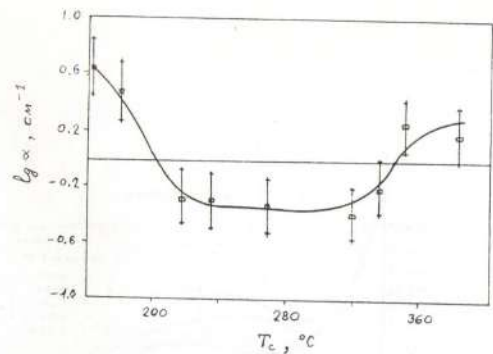
1-р зураг

Суурийн өөр өөр температурт суулгасан дээжинүүдийн фотодамжууллын температурын хамаарал

1 ба 2-р зураг дээр суурийн температур нь 162-420°C байхад гарган авсан a-Si:H дээжинүүдийн фотодамжууллын температурын хамаарал ба 1,2 эВ энергитэй фотоны оптик шингээлтийн хэмжилтийг харуулав. Эндээс үзэхэд 220°C-ээс бага температурт суулгасан дээжинд тасархай холбоосны концентрац буурч, фотодамжуулал өсөхийн хамт ФТУ хүчтэй болж байна. Харин 300°C-д суулгасан дээжинд тасархай холбоосны концентрац нэмэгдэж, фотодамжуулал багасахад ФТУ-ын гүн нэмэгдэж байгаа нь нэн сонирхолтой баримт бөгөөд түүнийг ФТУ-ын дурьдсан загвараар тайлбарлах боломжгүй юм.

Нүх тасархай холбоосны төв дээр баригдах процесс рекомбинацын хурдыг тасархай холбоосны ямар ч концентрацын үед тодорхойлдог гэж үзэн туршилтын эдгээр үр дүнг дараахь маягаар тайлбарлаж болно.

Ингэж үзвэл суурийн температураас хамааран ФТУ ихсэх буюу багсах нь хөдлөх чадварын завсрын доод хагаст орших нүх, наалдуулах төв болон тасархай холбоосны концентрацын харьцангуй өөрчлөлтөөр тодорхойлогдох болно. Суурийн температур 220°C хүртэл нэмэгдэхэд ФТУ нэмэгдэх нь тасархай холбоосны концентрац багсах, магалгүй бас "мэдрэмжит" төвийн концентрац ихсэхтэй холбоотой байж болно. 300°C-ээс дээш температурт тасархай холбоосны концентрац нэмэгдэж эхлэн фотодамжууллыг бууруулна. Гэхдээ энэ үед суурийн температур нэмэгдэхэд "мэдрэмжит" төвийн концентрац тасархай холбоосныхоос хурдан ихэсдэг гэж үзвэл ФТУ гүнзгийрч болно. Бүр их температурт / $T_c > 400^\circ\text{C}$ / тасархай холбоосны концентрац хурдан өсч ФТУ-ыг арилгана. Ийм "мэдрэмжит" төвийн үүргийг a-Si:H дотор байдаг орон зайд бие биетэйгээ /6/ буюу "үлдэгдэл" хольцтой /7/ шүтэлсэн байрласан тасархай холбоос гүйцэтгэж болох юм.

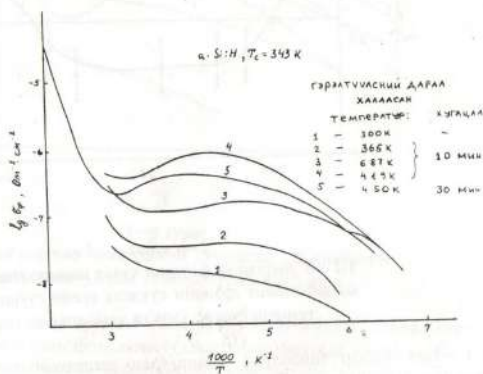


2-р зураг

1,2 эВ энергитэй фотоны хувьд шингээлтийн коэффициент дээжийг суулгах үеийн суурийн температураас хэрхэн хамаарах нь

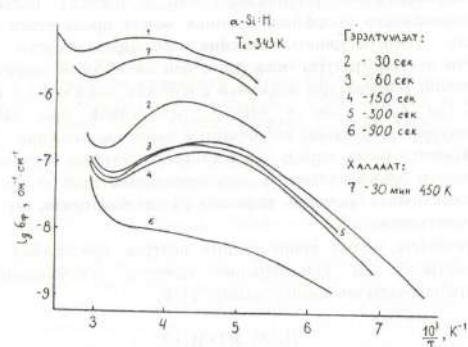
Бил эдгээр тайлбараа лавшруулан шалгахын тулд урьд судалсан дээжинээс суурийн температур нь 343°C байхад суулгасан дээжийг сонгон авч /8/ дулаан боловсруулалт хийх, урьдчилан гэрэлтүүлэх /Стеблер Воронскийн үзэгдэл/ хоёр нь рекомбинацын процесст хэрхэн нөлөөллийг тодруулах туршилт тавьсан юм /3, 4-р зураг/. Дээжийг 10 Торр даралттай вакуумд 30 минутын турш 40 Вт-ын вольфрамын лампын гэрлийг дулааны шүүлтүүрээр дамжуулан шарж деградицид оруулсны дараа 365, 419 К температурт тухай бүрт 10 минут халааж дулаан боловсруулалт хийгээд фотодамжууллын температурын хамаарлыг хэмжээнийг 3-р зураг дээр харуулав.

Энд мөн түүнчлэн гэрэлтүүлсний дараа халаалгүй шууд хэмжсэн ба 450 К-д 30 минут дулаан боловсруулалт хийсэн дээжийн фотодамжууллын температурын хамаарлыг харьцуулан үзүүлэв. Дулаан боловсруулалтын температур дээшлэхийн хирээр фотодамжууллын утга нэмэгдэж, ФТУ үүссэн цаашид улам улмаар хүчтэй болж байна. Үүнийг гэрэлтүүлгийн нолоогөөр үүссэн тасархай холбоос нь рекомбинацын төвийн үүрэг гүйцэтгэж байснаа боловсруулалтын нөлөөгөөр "мэдрэмжит" төв болон хувирч байгаагаар тайлбарлаж болох юм. Бүрэн дулаан боловсруулалт хийхэд /3-р зураг, муруй 5/ фотодамжуулал буурч, ФТУ суларч байгаа нь устөрөгч дээжинээс гарч тасархай холбоосны концентрац харьцангуйгаар нэмэгдсэнтэй холбоотой байж болно.



3-р зураг
Өөр өөр температурт дулаан боловсруулалт хийсэн дээжний фотодамжууллын температурын хамаарал

Фотодамжуулалд гэрэлтүүлгийн нөлөөг суллахдаа дээр дурьдсан маягаар бүрэн дулаан боловсруулалттай дээжинд фотодамжууллын температурын хамаарлыг хэмжээний дараа / муруй 1/ мөн 450 К-д 15 минут халаасны дараа тухай бүр 30, 60, 150, 300, 900 секунд вольфрам лампын гэрлээр шараад хэмжээнийг / муруй 2-6/ 4-р зураг дээр үзүүлэв. Эндээс харахад гэрэлтүүлэх хугацаа нэмэгдэхэд фотодамжуулал буурах ерөнхий хандлага байхын хамт ФТУ 30 секунд шарсны дараа хамгийн хүчтэй болсноо 60-300 секунд гэрэлтүүлэхэд эргээд буурч мэдэгдэхүйц өөрчлөгдөхгүй байв. Харин 900 секунд шарахад ФТУ бүрмөсөн арилж байна. Эндээс ФТУ-ыг хүчтэй болгодог "мэдрэмжит" төв үүсэх процесс гэрэлтүүлгийн эхний үед зонхилдог бөгөөд шарах хугацаа нэмэгдэхэд рекомбинацын төв үүсэх явдал давамгайлдаг нь тодорхой байна.



4-р зураг
Өөр өөр хугацаагаар деградацид оруулсан дээжний фотодамжууллын температурын хамаарал

Энэ нь гэрэлтүүлэхэд эхлээд бүтцийн өөрчлөлт гарч, хоорондоо буюу хольцтой шүтэлцэн байрласан дефект үүсч, дараа нь тасархай холбоосны төв бий болдог гэсэн үг юм.

Эцэст дүгнэж хэлэхэд бидний судалгааны үр дүн хольцоогүй үстөрөгжүүлсэн аморф силицид түүнийг гарган авсан суурийн температурын тодорхой мужид, эсвэл гэрэлтүүлэх процессын эхний үед фотодамжууллын температурын унтралт деградацийн процессын нөлөөгөөр хүчтэй болдог нь тасархай холбоос орон зайд өөр хоорондоо буюу "үлдэгдэл" хольцтой шүтэлцэн байрласан дефект үүсгэж тэр нь нүхийг наалдуулагч мэдрэмжит төвийн үүрэг гүйцэтгэж болохыг харуулж байна.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО
ОСВЕЩЕНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ ГАШЕНИЕ ФОТОПРОВОДИ-
МОСТИ В ПЛЁНКАХ НЕЛЕГИРОВАННОГО ГИДРОГЕНИЗИРОВАН-
НОГО АМОРФНОГО КРЕМНИЯ

/резюме/

Экспериментально установлено, что в плёнках нелегированного гидрогенизированного аморфного кремния может проявиться аномальная зависимость температурного гашения фотопроводимости /ТГФ/ в зависимости от температуры осаждения или оптической деградации. Так, при увеличении температуры подложки в плёнках, осажденных в интервале от 300°C до 400°C или в плёнке, осажденной при 340°C, после кратковременной деградации наблюдается заметное усиление ТГФ. Этот факт объясняется нами, наряду с известными центрами оборванной связи, возникновением пространственно коррелированных друг с другом или с центрами остаточных примесей, дефектов оборванной связи, играющих роль центров очувствления.

В условиях, когда концентрация центров прилипания для дырок растет быстрее, чем концентрация центров рекомбинации, может происходить наблюдаемое нами усиление ТГФ.

НОМ ЗОХИОЛ

1. Dersch H., Schweitzer L., Stuke J., Phys. Rev. B, 1983, v.28, N.8, p.4678.
2. Morigaki K. J.Non-Cryst. Sol., 1985, 77 & 78, p.583.
3. McMahon T., Grandall R. Phys. Rev. B, 1989, v.39, p.1278.
4. Dersch H., Stuke J., Beichler J. Appl. Phys. Lett., 1981, v.38, p.456.
5. Звягин И.П., Курова И.А., Ормонт Н.Н. Письма в ЖЭТФ, Т.43, Вып. 11, с.528.
6. Vanecek M., Kocka J., Stuehnik J., Triska A. Sol. St. Commun., 1983, v.39, N11, p.1199.
7. Adler D. Solar cells, 1983, v.9, p.133.
8. Батсуурь Д., Бурмаа Б., Алтанцог П., Чадраабал Ш., Казанский А.Г. МУИС—ийн эрдэм шинжилгээний бичиг, 1990, №1. 1/102/, х.1.

МУИС, ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ БИЧИГ № 2(125), 1996

Уран, торийг тодорхойлох γ -спектрометрийн арга

Ш. Гэрбиш, Н. Ганбаатар, Ж. Сэрээтэр

1. Оршил

Ураны хүдрийн олборлолт нь дэлхийн зах зээл дээрх ураны хэрэгцээ ба хангамжаас хамаарна. Ойрын 10-15 жилд байгалийн ураны (U_3O_8) худалдаа аажмаар өсөх бололтой[1]. 1996-2000 онд ураны жилийн хэрэгцээ 35-40 мян. тоннд хүрэх төлөвтэй. Цөмийн зэвсэгт хэрэглэхээр нөөцлөсөн хагас сая орчим тонн U_3O_8 -тай тэнцүү хэмжээний өндөр баяжуулалттай уран (ӨВУ)-ыг цөмийн реакторын түлш болгон хувиргах гэж байна. Энэ нь дэлхийн нийт ураны хэрэгцээний 25 %-ыг 25 жилийн турш хангах боломжтой юм. Ураны нийт хэрэгцээг Канад, Австрали, АНУ Намиби, ӨАБНУ, Орос, Хятад, Узбекистан зэрэг уран их хэмжээгээр үйлдвэрлэн худалддаг орнууд хангах бөгөөд ураны үйлдвэрлэлийн 5 орчим хувь Бразили, Аргентин, Чех, Энэтхэг, Монгол, Пакистан, Испанийн жижиг төвүүдэд ноогдож байна. Ураны зах зээлийн үндэд ӨВУ-ы үнэ ихээхэн нөлөөлөх төлөвтэй. Оросын ӨВУ-ыг АНУ олборлосон урантайгаа хольж гаргахад 1 кг ураны үнэ 20 \$ болох юм гэж тооцож байна. Харин Европын холбооны улсуудын цөмийн түлшний асуудлыг эрхэлдэг "Евроатом" Орос, Узбекистан, Казакстан зэрэг улсуудаас авах ураны хэмжээ нийт хэрэгцээний 25% байхаар хязгаар тогтоон үнийн доод хэмжээг 29 \$ байхаар тогтоосон байна. Ийнхүү ойрын ирээдүйд дэлхийн зах зээл дээр ураны хангамж тогтвортой, үнэ нь 20-30 \$/кг байх төлөвтэй.

Манай орны ураны олборлолтыг нэмэгдүүлэхтэй холбогдон ураны хайгуул шинжилгээ, баяжуулах үйлдвэрийн процессыг хянах хурдан, нарийн аргыг боловруулан практикт нэвтрүүлэх нь чухал ач холбогдолтой болж байна. Ураны хүдэр, нүүрс, фосфорит зэрэг дээжид уран, торийн хэмжээг тодорхойлох цөмийн физикийн арга тухайлбал гамма спектрометрийн аргыг боловсруулсан тухай энд өгүүлнэ.

2. Хүдэр, нүүрс, фосфорит, хөрсний дээжинд ураны агуулгыг тодорхойлох

Байгаль дээр урт настай уран-238 ($T_{1/2} = 4.5 \cdot 10^9$ жил), торий-232 ($T_{1/2} = 1.4 \cdot 10^{10}$ жил), уран-235 ($T_{1/2} = 7 \cdot 10^8$ жил) цацраг идэвхт изотопуудаас эх авсан уран, торийн гурван бүл хэд хэдэн альфа ба бета задралын дүнд хар тугалганы тогтвортой изотопууд үүсгэнэ. Завсрын цацраг идэвхт изотопуудаас гарах γ -цацрагуудыг хагас дамжуулагч германий детектор бүхий γ -спектрометр ашиглан бүртгэдэг. 1-р хүснэгтэд уран ба торийн бүлүүдийн изотопуудын задралд гарах γ -цацрагуудыг үзүүлэв.[2]