

Шилжилтийн металаар допинг хийсэн цайрын оксидын нанопартиклын фотокаталитик идэвхийн судалгаа

Ц. Ариунзаяа^{1,2*}, Г. Эрдэнэ-Очир³, Д. Рэнцэнмядаг², Б. Номин-Эрдэнэ², Филипп Даниел¹, Алайн Жибу¹, Ц. Нинжбадгар⁴

¹ Молекул ба Материалын Институт, физикийн тэнхим, Леманы Их Сургааль, Франц

² Химийн тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Монгол

³ Физикийн тэнхим, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Монгол Улсын Их Сургууль, Монгол

⁴ Инженерчлэл өндөр технологийн тэнхим, Шинэ Монгол Технологийн Институт, Монгол

Энэхүү судалгааны ажилаар шилжилтийн метал зэсээр допинг хийсэн цайрын оксид ($Zn_{1-x}Cu_xO$)-ын нанопартиклыг усан биш органик фазын аргаар гарган авсан. Бүтцийн болон морфологийн шинж чанарыг рентген дифрактометр (XRD), нил улаан туяаны спектроскопи (FTIR) тус тус ашиглан тодорхойлсон. Гарган авсан нанопартикл нь гексагональ вюрцит бүтэцтэй болох нь батлагдсан. Органик будагч бодис родамин 6 жиг сонгон авч фотокаталитик идэвхийг зэсийн концентрациас хамааруулан судалсан. Туршилтын үр дүнгээс допингийн концентраци нэмэгдэхэд фотокаталитик идэвхи сайжирсан.

Түлхүүр үг: цайрын оксидын нанопартикл, шилжилтийн метал допинг, зэс, родамин 6 жи, фотокаталитик идэвхи.

I. ОРШИЛ

Хагас дамжуулагч материалыг органик нэгдлийн задралд ашиглах нь хамгийн үр ашигтай бөгөөд хүрээлэн буй орчинд хоёрдогч бохирдлыг бий болгодоггүй [1]. Катализаторын гадаргуу дээр фотокаталитик урвал явагдах ба фотокатализатор (хагас дамжуулагч) нь хориотой бүсийн өргөнтэй тэнцүү эсвэл түүнээс их хэмжээний энергийг шингээн өдөөгдсөн электрон нүхний хос ОН чөлөөт радикал үүсгэн органик будагч бодисын молекулыг исэлдүүлдэг [2]. TiO_2 , ZnS , ZnO , CdS болон Fe_2O_3 зэрэг хагас дамжуулагч нанопартиклуудын оптик шинж чанар нь фотокатализатороор хэрэглэхэд нилээд тохиромжтой байдаг ба эдгээр материалаас ZnO нь тогтвортой, өртөг хямд, хоргүй гэдгээрээ хамгийн ихээр анхаарал татаж байна [3]. Фотозадралын үр ашгийг сайжруулахын тулд ZnO фотокатализаторыг шилжилтийн метал эсвэл үнэт металлын ионоор допинг хийх нь кристалын гажиг үүсгэх боломжтой ба цайрын оксидын оптик шинж чанарт нөлөөлснөөр допинг хийсэн материал нь электрон нүхний хоорондох цэнэгийн хуваагдлыг сайжруулж гэрлээр шарах үед электрон нүхний хосын рекомбинацийг багасгадаг [4]. Өнөө үед

шилжилтийн метал Cu , Ag , Mn , Ni , Al , Co зэрэг катион допантыг тэдгээрийн шинж чанараас шалтгаалан ашиглаж ирсэн бөгөөд үр дүн нь синтезийн арга болон допантын төрлөөс хамаардаг.

II. ТУРШИЛТЫН ХЭСЭГ

Материал: Цайрын ацетилацетон ($Zn(C_5H_7O_2)_2 \cdot xH_2O$, Sigma Aldrich, 99.9%), Зэс (II) ацетат 99.99% ($(CH_3CO_2)_2Cu$), Sigma Aldrich, 99.9%), Бензилийн спирт ($C_6H_5CH_2OH$, Sigma Aldrich, 99.8%), Родамин 6 жи ($C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$, Sigma Aldrich, 99.9%) бодис урвалжуудыг хэрэглэсэн. Зэсийн $x=0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10M$. % концентрациар допинг хийсэн ZnO -ийн нанопартиклыг гарган авахдаа цайрын ацетилацетон (3.79 ммол) болон 20 мл цэвэр бензилийн спирт дээр X хэмжээ бүхий зэсийн ацетатаас нэмнэ. Урвалын хольцтой колбыг эргэх хөргөгчтэй холбож, халаагчийг $210^\circ C$ температурт 8 цагийн турш рефлекс явуулсан. Урвалын бүтээгдэхүүнийг этанолаар зайлан $20^\circ C$ -т 10000 эрг/мин хурдтайгаар 15 минутаар хэдэн удаа центрифугдэн салгасан.

Фотокаталитик идэвхийн тест: Зэсээр допинг хийсэн цайрын оксид $Zn_{1-x}Cu_xO$ -ын фотокаталитик шинж чанарыг тодорхойлохын

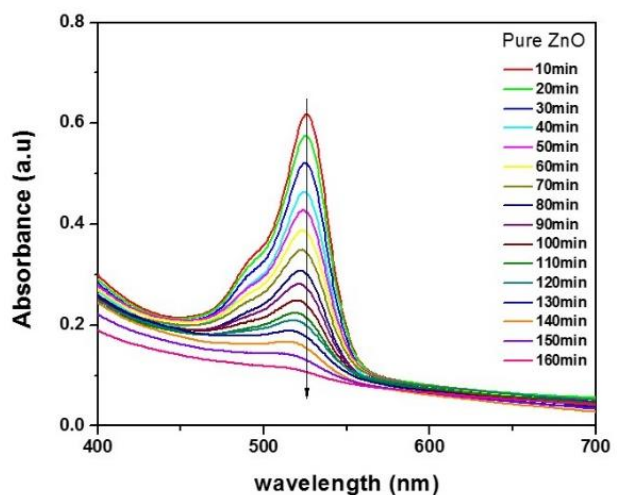
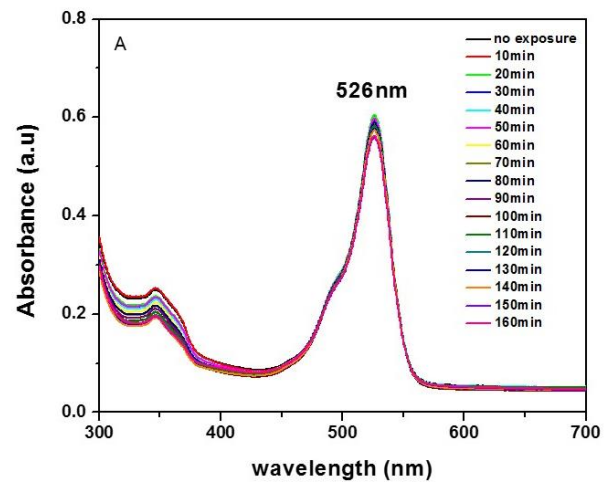
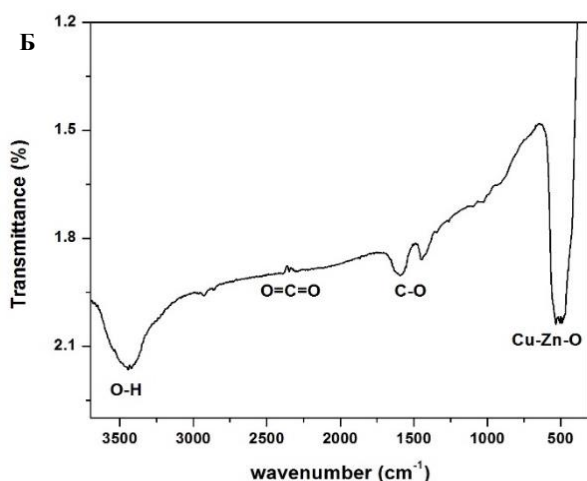
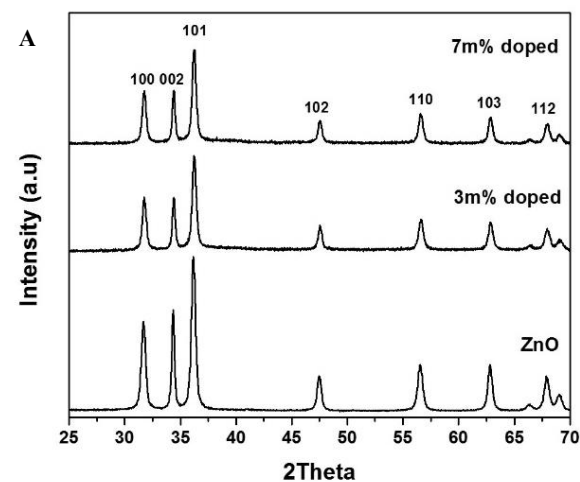
* Electronic address: ariuka4@gmail.com

тулд R6G бодисыг сонгон авч $6.25\mu\text{m}$ концентрацитай бэлтгэн үүнээсээ 20 мл –ыг таслан авч 5 мг катализатор нэмэн тасалгааны температурт 365 нм долгионы урттай хэт ягаан туяаны ламп (Uvitech)-аар шаран, шингээлтийн спектрофотометрээр 300-700 нм долгионы уртын мужид хэмжилтийг 10 минутын алхамтайгаар хийсэн.

Ш. ҮР ДҮН, ХЭЛЭЛЦҮҮЛЭГ

Рентген бүтцийн дифрактограммын шинжилгээгээр цэвэр болон 3, 7М% концентрацитай зэсээр допинг хийсэн цайрын оксидын $2\theta = 37.79^\circ, 34.42^\circ, 36.25^\circ, 47.51^\circ, 56.60^\circ, 62.86^\circ, 67.96^\circ$ and 69° өнцгүүдэд (100), (002), (101), (102), (110), (103), (200), (112), (201), (004), (202) гэсэн талстын хавтгайнууд тус тус харгалзаж JCPDS 36-1451 стандарттай таарч байгаа нь гексагональ вюрцит бүтэцтэй болохыг баталж байна (зураг 1а).

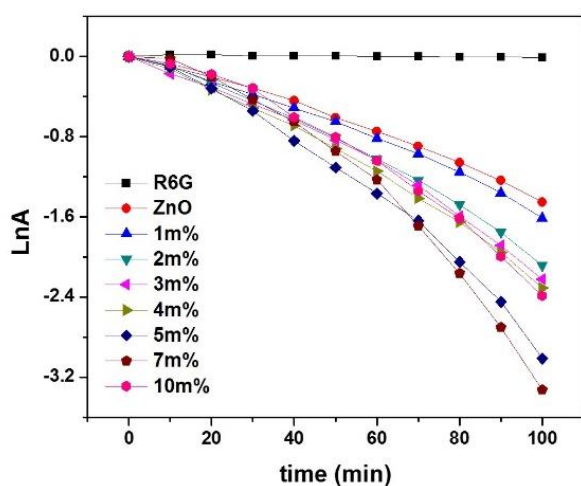
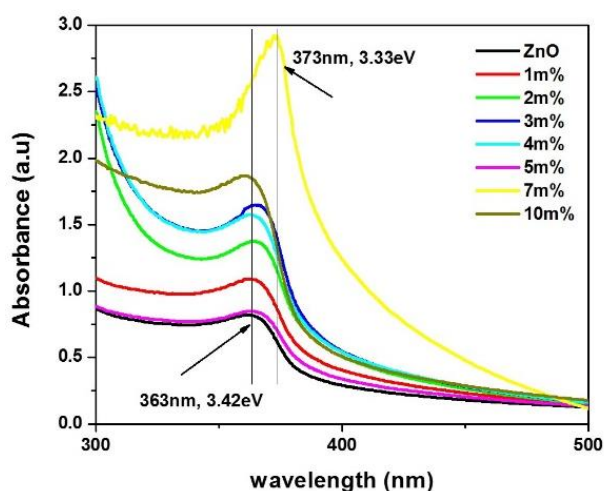
Зураг 1б-д 1м% зэсээр допинг хийсэн цайрын оксидын нанопартиклын нил улаан туяаны спектрийг үзүүлсэн ба 500cm^{-1} дээр метал хүчилтөрөгчийн валентийн хэлбэлзлийн пик илэрсэн байгаа нь нанопартиклыг амжилттай синтезлэн гарган авсныг баталж байна. Фотокаталирик идэвхийн судалгааг допантайн концентрациас хамааруулан харьцуулах туршилтад родамин 6 жиг ашигласан ба тасалгааны температурт хэт ягаан туяаны гэрлээр шарсан. Зураг 2а – д R6G катализаторгүй үеийн хугацаанаас хамаарсан шингээлтийн спектрийг үзүүлэв. 365нм долгионы урттай хэт ягаан туяаны ламдаар R6G – г 160 минутын турш шарахад задрал явагдаагүй нь уг будагч бодис орчны нөхцөлд маш тогтвортой болох нь харагдаж байна. Зураг 2б – д R6G дээр цэвэр цайрын оксидыг катализатор болгон хэрэглэхэд хэт ягаан туяаны лампаар 160 минут шарахад задрал бүрэн явагдаж дууссан.



Зураг 1. А) цэвэр болон 3, 7М% зэсээр допинг хийсэн ZnO нанопартиклын XRD үр дүн. Б) 1М% зэсээр допинг хийсэн ZnO нанопартиклын FT-IR спекр.

Зураг 2. а) катализаторгүй R6G болон б) ZnO нанопартикл катализатортой үеийн хугацаанаас хамаарсан шингээлтийн спектр.

Зураг 3а – д 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10м% концентрацитай зэсээр допинг хийсэн цайрын оксидын шингээлтийн спектрийг үзүүлэв. Синтезээр гарган авсан цэвэр цайрын оксид 363 нм долгионы уртад шингээлт өгсөн бол допантын концентраци 7м% болоход 373 нм болж өөрчлөгдсөн. Хугацаа болон шигээлтийн нормчлолын графикийг зураг 3б – д харуулсан. Зурагаас харахад урвалын хурд допантын концентрацитай шууд хамааралтай байна.



Зураг 3. зэсээр допинг хийсэн ZnO нанопартикллын а) шингээлтийн спектр, б) урвалын хурдны график.

IV. ДҮГНЭЛТ

Усан биш органик фазийн аргаар шилжилтийн метал зэсийн ялгаатай концентрациар допинг хийсэн цайрын оксидын нанопартиклыг амжилттай синтезлэн гарган авлаа. Шингээлтийн мужийн хүрээ допантын концентрацитай шууд хамааралтай байсан ба

7м% концентрациар допинг хийхэд 363нм долгионы уртаас 373нм долгионы урт руу шилжсэн. Үүний үр дүнд каталитик идэвхи сайжирч байна.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү ажлийг Азийн судалгааны төвийн #2018 – 3573 дугаар бүхий төслийн дэмжлэгээр хийв.

НОМ ЗҮЙ

- [1] A. Gnanaprakasam, V. M. Sivakumar, and M. Thirumarimurugan, "A study on Cu and Ag doped ZnO nanoparticles for the photocatalytic degradation of brilliant green dye: Synthesis and characterization," *Water Sci. Technol.*, vol. 74, no. 6, pp. 1426–1435, 2016.
- [2] Y. Joon, C. Simer, and T. Ohm, "Comparison of zinc oxide nanoparticles and its nanocrystalline particles on the photocatalytic degradation of methylene blue," vol. 41, pp. 67–77, 2006.
- [3] W. C. Centre, V. Uni, and O. Ox, "Shape and Size Effects of ZnO Nanocrystals on Photocatalytic Activity," no. 001, pp. 12540–12541, 2009.
- [4] M. Mittal, M. Sharma, and O. P. Pandey, "UV-Visible light induced photocatalytic studies of Cu doped ZnO nanoparticles prepared by co-precipitation method," *Sol. Energy*, vol. 110, pp. 386–397, 2014.