

## **$\alpha$ -NPD нимгэн хальсны талсжилт ба бүтцийн эвдрэл**

**Х. Балт-Эрдэнэ<sup>1\*</sup>, Р. Галбадрах<sup>2</sup>, Л. Энхтөр<sup>2</sup>, Д. Амгаланбаатар<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Монгол Улс, Улаанбаатар, Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Материал Технологийн Сургууль

<sup>2</sup>Монгол Улс, Улаанбаатар, Монгол Улсын Их Сургууль, Физик Электроникийн Сургууль, Ерөнхий физикийн тэнхим

\*Э-шуудан hbalt\_erdene@yahoo.com

Бид энэ ажлаар органик хагас дамжуулагч  $\alpha$ -NPD-ийн шилэн дээр суулгасан нимгэн хальс нь дулааны бэхжүүлэлт болон орчны нөхцлөөс хэрхэн хамаарахыг судаллаа.

**Түлхүүр үгс:** дулааны бэхжүүлэлт, талсжилт,  $\alpha$ -NPD, шингээлтийн спектр

### **І.ОРШИЛ**

Шингэн ба хатуу төлөвт органик хагас-дамжуулагч бодисууд, тэдгээрийн физик-химийн шинж чанар, оптик ба цахилгаан дамжуулалтын төрхийг тогтоох онолын болон туршлагын судалгаа сүүлийн жилүүдэд эрдэмтэн судлаачдын анхаарлыг ихээхэн татаж байгаа билээ.

Хүн төрөлхтний хөгжилтөд шинжлэх ухаан, техник технологийн дэвшлийн шаардлагаар гарч ирсэн молекулын дан болон нимгэн үеийн судалгааны ажлууд маш эрчимтэй хийгдэж, тэдгээрийн ололт амжилтуудыг практикт хэрэглэх болсноор микро-электроник, компьютер, ахуйн хэрэглээний цахилгаан барааны үйлдвэрлэл хөгжлийн цоо шинэ шатанд хүрч байна. Ялангуяа сүүлийн 20-иод жилийн дотор аморф органик хагас-дамжуулагч бодисуудыг цахилгаанлюминесценц төхөөрөмжид хэрэглэснээр өнгөт дэлгэцийн шинэ чиглэлийг хөгжүүлэхэд чухал нэмэр оруулж байна. Органик хагас-дамжуулагч нимгэн үеүүдийн хоорондын заагт явагдах оптик, цахилгаан болон молекуляр процессыг судлах, улмаар явагдаж байгаа физик болон химийн үзэгдлүүдийг бүрэн ойлгох явдал нэн чухал байна [1].

Органик хагас дамжуулагчид нь гэрлийн шингээлт болон цацаргалт өндөртэй, химийн аргаар синтезлэн гарган авахад хялбар, бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэхэд технологи энгийн, мөн үйлдвэрийн өртөг багатай байдгаараа органик биш хагас-дамжуулагчдыг бодвол олон давуу талтай юм. 1986 онд Eastman-Kodak компаний судлаач Танг электрон ба нүхэн дамжуулалттай анхны органик нарны зай OSC (Organic Solar Cells) үүсгүүрийн ашигт үйлийн коэффициент (а.ү.к) буюу квант ашигт гарц 0.95% байгааг туршлагаар тогтоосон байдаг. 2001 онд Америкийн Нэгдсэн Улсын Принстон Их Сургуулийн профессор Форрест болон түүний судалгааны баг а.ү.к -ийг 3 %-д

хүргэснээр органик нарны зайн судалгааг цаашид хөгжихөд томоохон түлхэц өгсөн. 2007 оны байдлаар органик нарны зайн үүсгүүрийн а.ү.к нь 5 % байгаа бөгөөд цаашид эрчмийг сайжруулахаар ажиллаж байна. 2020 он гэхэд органик нарны зайн үүсгүүрийн а.ү.к 10 %-аас дээш байх боломжтой гэж судлаачид үзэж байна. Энэ тохиолдолд органик нарны зайн үүсгүүр нь практик хэрэглээнд шилжиж, сэргээгдэх эрчим хүчний зах зээлд тодорхой байр суурь эзэлж, өрсөлдөх бодит чадвартай болох юм. Одоогоор дэлхий нийтээр түгээмэл хэрэглэж буй цахиуран (Si) нарны зайн үүсгүүрийг бодвол органик нарны зайн үйлдвэрлэлийн өртөг нь их байгаа хэдий ч цаашид органик нимгэн хальсыг гарган авах технологи сайжирсанаар үйлдвэрлэлийн өртөг нь буурч OSC бүхий нарны зайн систем хийх боломжтой юм.

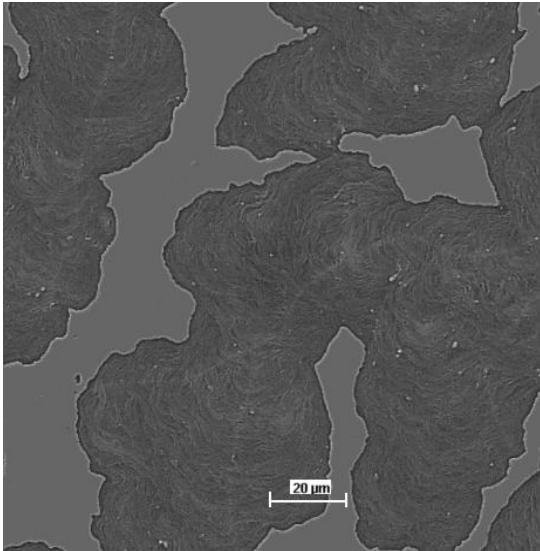
OSC нь 100 нанометр (нм)-ээс ихгүй зузаантай халуун ба хүйтэнд тэсвэртэй органик хагас дамжуулагчын хоёр ба түүнээс дээш үелсэн нимгэн давхаргуудаас тогтох ба суурь гадаргуу нь уян пластик материал байж болно. Иймээс OSC нь эвхэж хуйлдаг эсвэл гадаргуугийн (дээврийн) хэлбэрийг дагуулан нааж болох нарны зайн үүсгүүрийг үйлдвэрлэх замыг нээж байгаа юм [1].

OLED дэлгэц нь гэрэлтэлт хурц, нимгэн, уян хатан, хажуугаас харагдах өнцөг их, өнгөний ялгарал маш тод, бага энерги ашигладаг гэх мэт давуу талуудтай.

OLED дэлгэц бүхий гар утас, зурагт, нотбүүк зэрэг бүтээгдэхүүнүүд зах зээлд хэдийн гараад байна. Samsung корпораци дэлхийн зах зээл дэх OLED дэлгэцийн 40 гаруй хувийг нийлүүлж буй бөгөөд тэдний сүүлийн бүтээгдэхүүн нь Galaxy Nexus хэмээх 4,65 инчийн OLED дэлгэц бүхий ухаалаг гар утас юм [2].

Дэлгэцийн технологид амьдрах нас доод тал нь 30000 цаг байж өрсөлдөх боломжтой байдаг. Гэтэл OLED дэлгэц нь орчны дулаан, агаар

болон чийгийн нөлөөгөөр бүтэц нь аморф байснаа талст болон өөрчлөгдсөний улмаас дэлгэц дээр талстын хар толбууд үүсэн амьдрах насыг нь богиносгодог байна. Одоогийн байдлаар OLED дэлгэцийн амьдрах нас нь 20000 цаг байна.



Зураг 1. Талсжилтын улмаас дэлгэц дээр хар толбууд үүссэн байдал. [6]

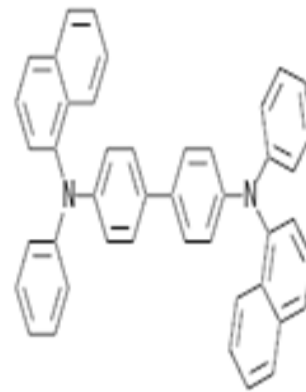
OLED дээр тулгуурласан бүтээгдэхүүнүүд зах зээлд гарч эхэлсэн хэдий ч OLED-ийн ажиллах зарчимтай холбоотой олон асуудал шийдэгдээгүй хэвээр байгаа билээ. Тухайлбал OLED-ийн цацаргалтын механизм ба цацаргагч давхрагын бүтцийн деградацийн процессийг молекулын түвшинд судалж ойлгосноор төхөөрөмжийн ажиллах хугацааг уртасгах, цацаргалтын квант гаралт, чадал зэрэг гол үзүүлэлтүүдийг цаашид улам сайжруулах боломж нээгдэх юм. OLED дэлгэцний доройтол нь орчноос бүрэн тусгаарлагдсан битүү биш, агаар болон усны хамгаалалтгүйгээс үүсч байна. OLED дэлгэцний энгийн хамгаалах арга нь металл ба шилэн давхаргаар бүрж, инертийн хийтэй чийгийг хатаадаг тагаар таглах явдал юм.

Бид энэ ажлаараа шилэн дээр  $\alpha$ -NPD бодис суулгасан органик нимгэн хальснуудыг вакуумд ууршуулан суулгах аргаар гарган авч, вакуум болон агаарт  $100^{\circ}\text{C}$ -д 5-8 цаг дулааны бэхжүүлэлт хийсэн. Дулааны бэхжүүлэлт хийсэн ба хийгээгүй 2 дээжийн алинд нь талсжилт илүү явагдах, юунаас болж талсжилт үүсч байгааг судлахыг зорилоо.

$\alpha$ -NPD нь OLED болон OSC хийхэд өргөн хэрэглэгддэг  $p$  төрлийн органик хагас дамжуулагч юм.

## II. ТУРШИЛТЫН ХЭСЭГ

Урьдчилан цэвэрлэж бэлтгэсэн 2 шилэн ялтас дээр  $4 \cdot 10^{-4}$  мм м.у.б.-д  $\alpha$ -NPD бодисыг  $0.2-1.2 \text{ \AA}/\text{с}$  хурдтайгаар 50-150 нм зузаантай суулгаж дээжээ бэлтгэсэн. Ууршуулах тогооны гүйдлийн хүч 5,8-12А байсан. Шилэн ялтас дээр суух бодисын зузаан болон уурших хурдыг зузаан хэмжигч кварц кристал бүхий тоолуур SQM-160-аар хянасан. Шилэн ялтсыг ультрасоник багажаар 5 үе шаттайгаар угааж бэлтгэнэ. Үүнд: нэрмэл усаар 5 минут, изопропилийн спиртээр 10 минут, ацетоноор 20 минут, нэрмэл усаар 5 минут, этилийн спиртээр цэвэрлэж вакуум төхөөрөгт байрлуулах хүртэл этилийн спирттэй саванд хадгална.



Зураг 2.  $\alpha$ -NPD

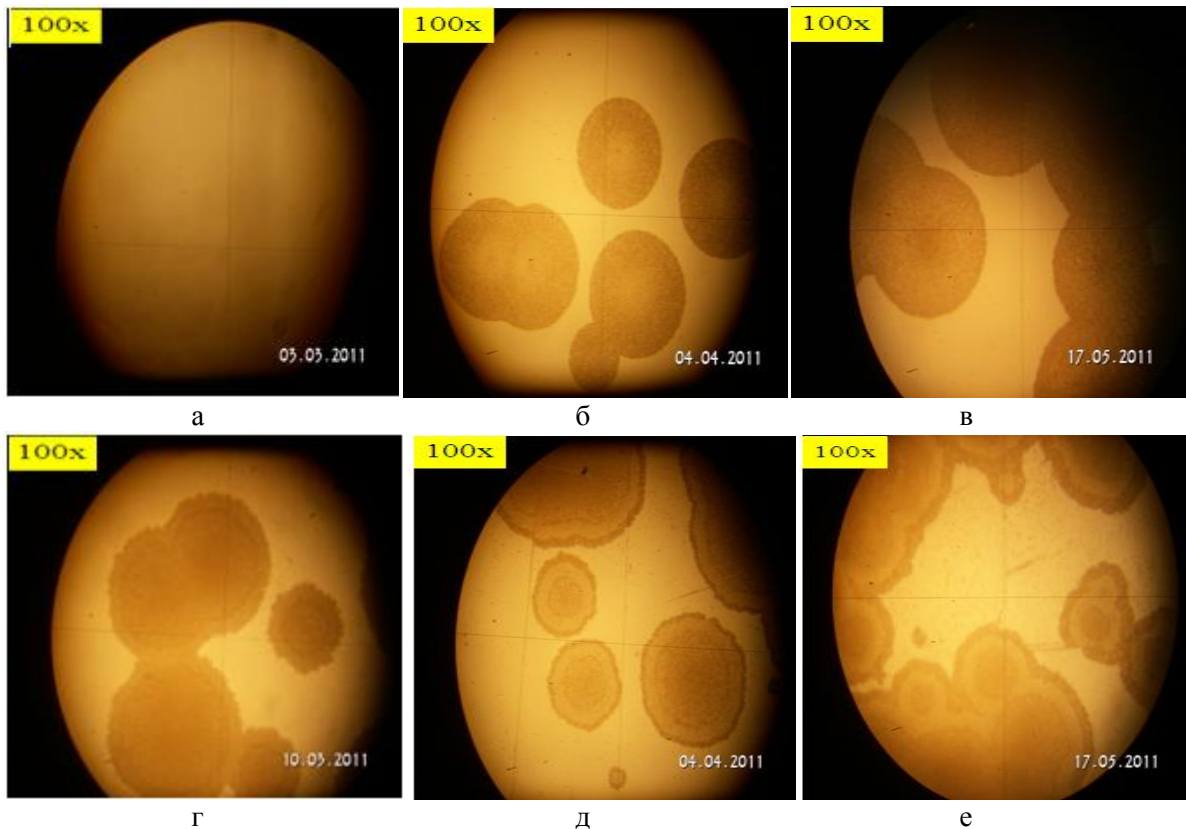
Бид гаргаж авсан 113 нм зузаан дээжнийхээ нэгийг  $100^{\circ}\text{C}$ (вакуумд) 5 цаг дулааны бэхжүүлэлт хийсэн. Мөн 150 нм зузаан дээжнийхээ нэгийг  $100^{\circ}\text{C}$ (агаарт) 8 цаг дулааны бэхжүүлэлт хийсэн.

Бэлтгэж авсан дулаан боловсруулалт хийсэн ба хийгээгүй хоёр нимгэн хальсныхаа оптик шингээлтийн спектрийг Shimadzu фирмийн UV-2401PC маркийн шингээлтийн спектрометр дээр 300-800 нм мужид бодисын оптик шингээлтийг хэмжсэн. Гадаргуугын зургийг Olympus микроскоп дээр 100, 500, 1000 дахин өсгөлттэйгээр фотоаппарат хэрэглэн авсан.

## III. ҮР ДҮН

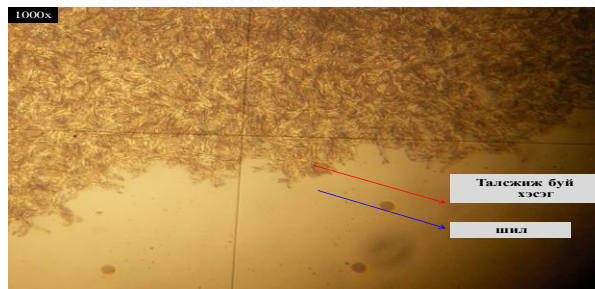
### A. Шилэн дээр $\alpha$ -NPD бодисыг 113nm зузаантай суулгасан 2 нимгэн хальс

Гадаргуугын зургийг 100 болон 1000 дахин өсгөлттэйгөөр дээжийг дөнгөж бэлтгэсэний дараа болон 30, 74 хоногийн дараа авсан.



**Зураг 3.** Шилэн дээр  $\alpha$ -NPD бодисыг 113nm зузаантай суулгаж авсан нимгэн хальсны гадаргуугын зураг. а-Дулааны бэхжүүлэлт хийгээгүй хальс **дөнгөж суулгасаны дараа**, б-Дулааны бэхжүүлэлт хийгээгүй хальс **30 хоногийн дараа**, в-Дулааны бэхжүүлэлт хийгээгүй хальс **74 хоногийн дараа**, г-Дулааны бэхжүүлэлт хийсэн хальс **дөнгөж суулгасаны дараа**, д- Дулааны бэхжүүлэлт хийсэн хальс **30 хоногийн дараа**, е- Дулааны бэхжүүлэлт хийсэн хальс **74 хоногийн дараа**

3-р зургаас харахад дулааны бэхжүүлэлт хийсэн нимгэн хальс маань талсжсан байсан. Сарын дараах зургаас харахад 2 дээжид хоёуланд нь талсжилт ажиглагдсан бөгөөд дулааны бэхжүүлэлт хийгээгүй дээж дулааны бэхжүүлэлт хийснээсээ илүү эрчимтэй талсжсан байна. 74 хоногийн дараах гадаргуугын зургаас харахад гадаргуу дээр суусан бодис маань ойр байгаа бодисуудтайгаа нэгдэж талсжилтыг улам нэмэгдүүлж байна. Дулааны бэхжүүлэлт хийсэн дээжийн талсжиж байгаа хэсгийн гадаргуугын зургийг өмнөхөөс 10 дахин их өсгөж буюу 1000х дахин өсгөлттөйгөөр авсан. (Зураг 4)



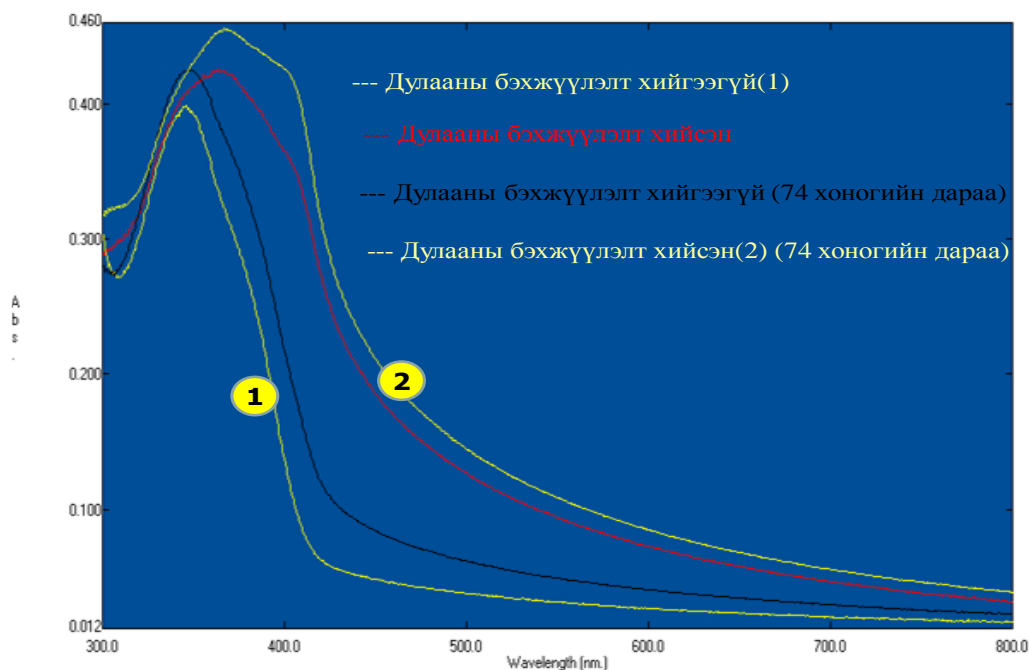
**Зураг 4.** Нимгэн хальсны талсжилт

Зургаас харахад хальсны нэг хэсгийн бодис маань өөр нэгэн хэсэг рүү татагдан очсоноор уг

хальс маань  $\alpha$ -NPD бодис байхгүй болсон хэсэг буюу шилэн гадаргуу,  $\alpha$ -NPD бодис төвлөрч буй хэсэг буюу талсжиж буй хэсэг гэсэн нэгэн төрөл биш хэсгүүдээс тогтоно.

Дулааны бэхжүүлэлт хийсэн нимгэн хальсны оптик шингээлтийн спектр (зурагт улаанаар тэмдэглэсэн) нь дулааны бэхжүүлэлт хийгээгүйгийнхтэй (зурагт 1 гэсэн шараар тэмдэглэсэн) харьцуулахад оптик шингээлтийн хэмжээ өсч мөн долгионы урт ихтэй тал руу шилжсэн байна (Зураг 5). Энэ нь дулаан бэхжүүлэлт хийснээр нимгэн хальсанд талсжих үзэгдэл явагдсанаар хальс нэгэн төрөл биш болж Мигийн сарнилаас болж шингээлтийн спектр шилжинэ. Мөн шингээлтийн максимумд харгалзах долгионы урт нь долгион ихсэх тал руу шилжсэн байгаа нь дулааны бэхжүүлэлт хийгээгүй болон хийсэн 2 төлөв нь уг бодисын 2 өөр фаз байж болохыг харуулж байна [3].

74 хоногийн дараа уг 2 дээжийнхээ оптик шингээлтийн спектрийг хэмжихэд дээж тус бүрийн оптик шингээлтийн хэмжээ өссөн ба шингээлтийн максимумд харгалзах долгионы урт нь өөрчлөгдөөгүй байна. Энэ нь ердийн нөхцөлд ч дээжүүд нь үргэлжлүүлэн талсжиж байгааг харуулж байна.



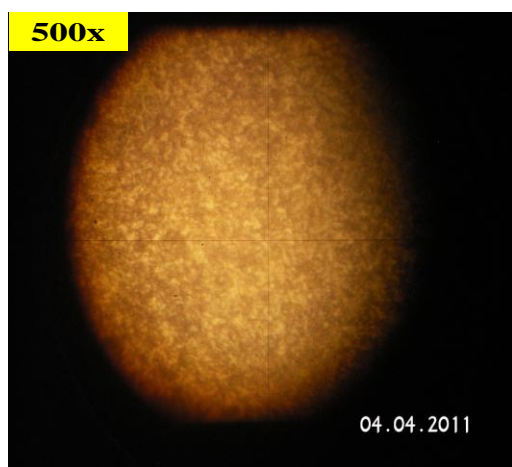
Зураг 5. Шилэн дээр  $\alpha$ -NPD бодисыг 113nm зузаантай суулгаж авсан 2 нимгэн хальсны оптик шингээлтийн спектрууд

**В. Шилэн дээр  $\alpha$ -NPD бодисыг 150nm зузаантай суулгаж авсан 2 нимгэн хальс**

Энэ дээжийн хувьд ч дулааны бэхжүүлэлт хийсний дараа талсжиж байгаа нь 6-р зургаас харахад харагдаж байна. Мөн оптик шингээлтийн спектрийн зургаас харахад дулаан бэхжүүлэлт хийснийх бэхжүүлэлт хийгээгүйнхтэй харьцуулахад нь оптик шингээлтийн хэмжээ нь өссөн байсан. Гэхдээ энэ нь 113 нм зузаантай дээжийг бодвол илүү

хурдан талсжиж байгаа нь 3-р зургийн г болон 6-р зургийн б-г харьцуулан харахад харагдаж байна.

Эндээс нь нимгэн хальсны зузаан ихсэх тусам талсжилт илүү хурдан явагдана гэсэн дүгнэлт хийж болно. Талсжилт ердийн нөхцөлд ч эрчимтэй явагдсанаар энгийн нүдээр харахад ч харагдахуйц болсоныг 7-р зургаас харж болно.



Зураг 6. Шилэн дээр  $\alpha$ -NPD бодисыг 150nm зузаантай суулгаж авсан нимгэн хальсны гадаргуугын зураг. а-Дулааны бэхжүүлэлт хийгээгүй б-Дулааны бэхжүүлэлт хийсэн



Зураг 7. Бэлтгэж авсан нимгэн хальсны гадаргуугын зураг өсгөлтгүйгээр авсан нь (40 хоногийн дараа)

#### IV. ДҮГНЭЛТ

Дулааны бэхжүүлэлт нь сүвэрхэг бүтэцтэй [4] суусан бодисуудыг нягтаршуулж өгдөг. Ингэснээр энэ нь бусад хэсгүүдийг өөртөө татаж талстжих төв болно. Иймд дулаан бэхжүүлэлт хийснээр талсжилтийг хурдасгаж өгдөг байна. Өөрөөр хэлбэл  $\alpha$ -NPD бодис бүхий нимгэн хальс нь дулаанд тэсвэр муутайг тогтоосон. Иймд  $\alpha$ -NPD бодис бүхий нимгэн хальстай төхөөрөмжийг хэт халаах ба хөргөхгүй байх шаардлагатай.

Мөн  $\alpha$ -NPD бодис бүхий нимгэн хальс нь ердийн нөхцөлд ч талсждаг болох нь зургаас болон оптик шингээлтийн спектрийн хэмжилтээс харагдаж байна. Ердийн нөхцөлд талсжилт явагдаж байгаа учир нь агаарын чийгийн нөлөөгөөр талсжих төв үүсэх мөн агаарын найрлага дахь зарим хийтэй химийн урвалд орсоноос нимгэн хальсны бүтэц эвдэрч талстжих боломжтой болж байгаатай холбоотой. Энэ нь  $\alpha$ -NPD бодис бүхий нимгэн хальс нь нь агаар болон чийгт тэсвэр муутайг харуулж байна. Иймд  $\alpha$ -NPD нимгэн хальс бүхий төхөөрөмжийг орчны нөлөөнөөс тусгаарлахын тулд битүүмжлэх шаардлагатай бөгөөд химийн идэвхгүй орчин үүсгэхийн тулд инертийн хий хийдэг.

#### Талархал

Энэхүү ажлыг Монгол Улсын Засгийн Газрын Инновацийг хөгжүүлэх программын Н.1.7.2 болон Н.2.6.2 төслүүдийн санхүүжилтээр хийж гүйцэтгэсэн болно.

#### НОМ ЗҮЙ

- [1]. Б.Дэлгэрцэцэг, “Органик хагас дамжуулагчдын оптик шинж чанарын судалгаа”, Магистрын дипломын ажил, МУИС, Улаанбаатар 2007он.
- [2]. [www.oled-info.com](http://www.oled-info.com)
- [3]. A.Babajanyan, L.Enkhtur, Kh.Balt-Erdene, H.Melikyan, Y.Yoon, S.Kim, H.Lee, T.Kim, K.Lee, B.Friedman. Anisotropic electric properties of Copper-(II)-Phthalocyanine thin films characterized by near-field microwave microscope. Cur.Appl.Phys. 11 (2011) p.166-170.
- [4]. Matthias Wuttig, Michael Heuken ‘Diplom-Intenieurin Phenwisa Niyamakom aus Bangkok/Thailand (2008)