



## **CaAlSiN<sub>3</sub>:xEu<sup>2+</sup> - ИЙГ ГАРГАН АВАХ БОЛОН ТҮҮНИЙ ГЭРЛИЙН ЦАЦАРГАЛТЫН СУДАЛГАА**

**Н.Төвжаргал<sup>1</sup>\*, Б. Алтантулга<sup>1</sup>, н.Цогхүү<sup>2</sup>, О.Төгс<sup>2</sup>, Ж.Даваасамбуу<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> МУИС-ийн Физикийн тэнхим, Монгол улс

<sup>2</sup> Өвөр монголын багшийн их сургууль, БНХАУ

Цахим шуудан: [tuvjargal@num.edu.mn](mailto:tuvjargal@num.edu.mn)

Редакцид ирүүлсэн: 2017.07.20

### **ХУРААНГУЙ**

Бид энэхүү ажлаар CaAlSiN<sub>3</sub>:Eu<sup>2+</sup> хайлшийг Ca, Si, AlN болон EuB<sub>6</sub> нунтаг дээжүүдээс хатуу төлөвийн урвалын аргаар Eu-ийн янз бүрийн концентрацитай гарган авах хялбар аргыг туршиж үзэв. Рентген дифракцын хэмжилтийн дүнгээс үзэхэд энэ арга үр дүнтэй болох нь харагдаж байна. Энэ материалыг цагаан гэрлийн улаан фосфорт ашиглах боломжтой бөгөөд хамгийн тохиромжтой найрлагыг сонгох зорилгоор гарган авсан CaAlSiN<sub>3</sub>:xEu<sup>2+</sup> (x=0,02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1) дээжүүдийг цэнхэр гэрлээр өдөөгөөд түүний гэрлийн цацаргалтыг хэмжиж x=0.04 тохиолдолд λ=671нм-т хамгийн өндөр эрчимтэй улаан гэрэл цацаргаж байгааг тогтоов.

Түлхүүр үгс: LED, газрын ховор элемент, улаан фосфор;

### **ОРШИЛ**

Энергийн алдагдал багатай, хүрээлэн буй орчинд ээлтэй, нарны гэрлийг орлохуйц шинж чанар бүхий гэрлийн үүсгүүрийн судалгаа эрчимтэй хийгдэж байна[1]. Үүний нэг нь гэрэлтэгч диод (LED /Light – Emitting Diode/) бөгөөд түүний давуу тал нь маш бага алдагдалтайгаар цахилгаан энергийг гэрлийн энерги болгон хувиргадаг. Хамгийн сайн цагаан гэрлээр гэрэлтдэг диодын гэрэл өгөлт 303 лм/Вт байдаг. Олноор үйлдвэрлэдэг диодынх 160-180 лм/Вт, үйлдвэрээс гаргадаг диодынх 100-120 лю/Вт, гэтэл люминесценцийн лампынх 100-120 лм/Вт, хамгийн сайн улайсах лампынх 16-18 лм/Вт байх ажээ. Гэрэлтэгч

диодын идэвхтэй хэсгийн температур бараг тасалгааны температуртай адил байхаас гадна гэрэлтэгч диодоор хийсэн лампын ажиллах хугацаа 40000 цаг, зарчмын хувьд энэ хугацааг 100000 цаг болгох ирээдүйтэй байна.[2].

Хэрэв хагас дамжуулагч дотор гаднын өдөөгчийн тусламжтай тэнцвэргүй гүйдэл зөөгчдийг (электрон ба нүхнүүд) үүсгэсэн бол тэнцвэртэй төлөвөө сэргээхийн тулд электронууд өндөр энергитэй төлөвөөсөө арай бага энергитэй хоосон төлөвтөө шилжихдээ электрон ба нүхнүүд өөр хоорондоо нийлж рекомбинацад орно. Энэ үед электронууд түүнийг өдөөхөд



зарцуулсан энергийг гэрлийн  $h\nu$  квант хэлбэртэй буцааж ялгаруулах буюу эсвэл кристаллын торын дулааны хэлбэлзэл хэлбэртэй сарниулна. (p-n) шилжилтийн орчим мужид тэнцвэргүй гүйдэл зөөгчид нэг мужаас нөгөө муж руу инжекцлэж дараа нь рекомбинацад орно.

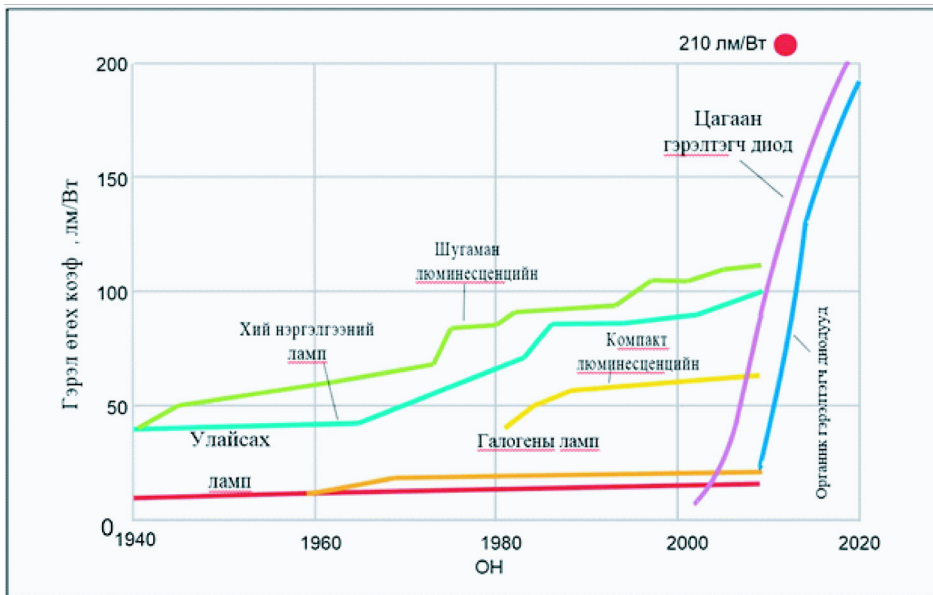
Рекомбинацийн зарим хэсэг  $h\nu$  гэрлийн квант ялгаруулах замаар буюу энэ үед цахилгаан энерги цацралын энерги болон хувирна. Цацралын квантын энерги, дамжицын зоны ёроолын энерги  $E_c$  ба валентын зоны оройн энерги  $E_v$ -ийн хоорондох ялгавартай тэнцэнэ. Энэ ялгавар хагас дамжуулагч бодисын чухал параметр болох хаалттай зоны өргөн ( $E_g$ )-тэй тэнцэнэ. Хэрвээ  $E_g = E_c - E_v$  хэмжигдэхүүн 3.1-ээс 1.8 эВ буюу үзэгдэх гэрлийн муж ( $\lambda = 400-800$  нм)-д байвал цацруулагч диод гэрлийн эх үүсгэвэр болж чадна. Үелэх системийн  $A^{III}B^V$  бүлгийн нэгдлүүдийн дотор цацралын рекомбинацад орох магадлал ихтэй хагас дамжуулагчид байдаг[4-6]. Эдгээрийн тоонд, GaAs, GaN ба эдгээрт ойролцоо шинж төрхтэй  $Al_xC_{1-x}As$  ба  $In_xGa_{1-x}N$  гэх мэтийн хатуу уусмалууд орно. Гэрэлтэгч диодууд гэдэг бол (p-n) шилжилт бүхий хагас дамжуулагч диодууд бөгөөд тэдгээр нь цахилгаан энергийг маш үр дүнтэйгээр гэрлийн энерги болгон хувиргадаг. Тэнцвэргүй электрон ба нүхний хосууд хэдийчинээ их бол цацралын рекомбинац өгөх магадлал төдийчинээ их байна[5].

Янз бүрийн хагас дамжуулагч нэгдлүүдээс ургуулан авсан кристаллын хил дээр харилцан адилгүй өргөнтэй хаалттай зон бүхий муж үүсвэл, хилийн орчим дахь энэ хэсгийг гетеро-шилжилт буюу гетеро-бүтэц гэнэ. Өнгөрсөн зууны 60-аад оны үед хэсэг эрдэмтэд  $As^{III}B^{IV}$  бүлгийн нэгдэл болох арсенид галлий (GaAs) дээр үндэслэгдсэн гетеро-бүтцийг судалж, арсенид галлий ба арсенид галий-хөнгөн цагаанаас ( $GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ ) тогтох гетеро-шилжилт бараг идеал бүтэцтэй буюу гетеро-хил дээрх дефект (эвдрэл) ба дислокацийн концентрац асар

бага байгааг тогтоосон. Энэ давхар гетеро-бүтцийн рекомбинацийн цацрал буюу цацралын квант гаралт 99.7% хүрч байв[7].

1980 он хүртэл  $GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ -ын гетеро-бүтэц дээр үндэслэгдсэн улаанаар гэрэлтэгч диод, азотоор чанаржсан фосфид галлийгаар үйлдсэн (GaP:N) шаравтар ногооноор гэрэлтэгч диод,  $Al_xIn_yGa_{1-x-y}P$ -ийн хатуу уусмалыг ашиглан бүтээсэн хуван шар өнгөөр гэрэлтэгч диод зэргийг бүтээсэн[8,9]. Гэрлийн долгионы урт  $\lambda$  хэдийчинээ бага байвал, хагас дамжуулагч бодисын хаалттай зоны өргөн төдийчинээ их болж, ийм өргөн хаалттай зонтой хагас дамжуулагч кристаллыг ургуулан гарган авах арга нарийн төвөгтэй болдог.

1980-аад оны сүүлчээр Нагоягийн их сургуулийн профессор Исаму Акасаки ба Хироси Амоно нар нитрид галлийгаар үйлдсэн (GaN) хөх өнгөөр гэрэлтэх диод бүтээх ажлыг урагшлуулахад шийдвэртэй алхмыг хийсэн байна. Тэд металло-органик нэгдлээс нитрид галийн (GaN) эпитаксиаль нимгэн хальсыг ургуулах технологийг боловсронгуй болгож, кристаллын нимгэн үеийн доторх дефект ба дислокацийн нягтыг хэдэн арав дахин багасгаж чадсан байна. Эцэст нь нитрид галийн дотор (GaN) спектрийн хөх мужид гэрэл цацруулдаг (p-n) шилжилтийг гарган авчээ. 1990-ээд оны эхээр “Ничия Кемикал” компанийн инженер Шуджи Накамура InGaN/AlGaIn/CaN-аас тогтсон системийн дотор гетеро-бүтэц үүсгэх замаар хөх ба ногоон өнгөөр гэрэлтдэг диодуудыг гарган авч тэдгээрийг өргөн хэрэгцээнд зориулан үйлдвэрлэх эхийг тависан. Дараа нь тэр цэнхрээр гэрэлтэгч диодыг алюмо-иттерийн гранатад суурилсан шар ногоон люминофораар хучиж цагаан гэрэл цацруулдаг диодыг зохион бүтээжээ. Эдгээр нэгдлүүдийг хэрэглэн XXI зууны эхэнд  $A^{III}B^V$  нэгдэл дээр суурилсан үзэгдэх гэрлийн спектрийн бүх мужийг хамарсан гэрэлтэгч диодуудыг бүтээжээ[10,11]. Янз бүрийн гэрэл үүсгэгчийн гэрэл өгөх коэффициентын өөрчлөлтийг (Зураг.1)-д үзүүлэв[12].



Зураг 1. Янз бүрийн гэрэл үүсгэгчийн гэрэл өгөх коэффициентын өөрчлөлтийн диаграмм.

Ахуйн гэрэлтүүлэгт голцуу ердийн цагаан гэрлийг хэрэглэдэг. Цагаанаар гэрэлтэгч диодыг, улаан, ногоон, цэнхрээр гэрэлтэгч диодын цацруулах гэрлийг хооронд нь холих буюу эсвэл цэнхрээр гэрэлтэгч диодыг шаравтар ногоон люминофораар хучиж буй болгоно. Цагаан гэрлийг бүрэлдүүлэх спектрүүдийн эрчмийг өөрчлөх замаар түүний өнгийг бүдгэрүүлэх тодруулах, янз бүрийн өнгө зүстэй болгож болно. Хүний нүдний гэрэл мэдрэх чадвар ногоон гэрлийн мужид хамгийн их байдаг, ( $\lambda=555\text{nm}$  орчимд) улаан ба нил ягаан муж руу шилжихэд экспоненциал хуулиар багасна. Цагаанаар гэрэлтэх диодыг зохион бүтээхдээ хүний нүдний энэ онцлогийг бас тооцох хэрэгтэй. Харааны мэдрэх чадварт харгалзуулан гэрлийн урсгалын эрчмийг люменээр хэмждэг бол цахилгаан энергийг гэрлийн энерги болгон хувиргах чадварыг (люмен/ватт) хэмжээстэй гэрэл өгөх чадвар  $\eta_p$  хэмээх үзүүлэлтээр тодорхойлно.  $\lambda=555\text{ nm}$  долгионы урттай монохроматик гэрлийн гэрэл өгөх чадвар хамгийн их бөгөөд  $\eta_p=683\text{лм/Вт}$  байна. Тасралтгүй сайжруулсаар байгаад бараг онолоор

тодорхойлсон хязгаартаа хүрсэн улайсах чийдэнгийн гэрэл өгөх чадвар дөнгөж  $18\text{лм/Вт}$  байдаг.

Гэрэл үүсгэгчийн цацралын спектрийг тухайн температур дэх абсолют хар биетийнхтэй харьцуулдаг. Хүний хараа нарны туяаны үйлчлэлээр буй болж дассан ба гэрэлтэгч нарны температур  $6000\text{K}$ , улайсагч чийдэнгийн вольфрам утасны температур  $2500\text{K}$  орчим байдаг. Өнгийг тодорхойлогч чухал нэг үзүүлэлт бол гэрэлтэгч диодоор гэрэлтүүлэхэд харагдах өнгө юм. Янз бүрийн өнгөтэй хэд хэдэн гадаргаас ойсон гэрэлтэгч диодын цацралыг, стандарт гэрэл үүсгэгчийн ойсон гэрлийн спектртэй харьцуулж, «өнгө шилжүүлэх индекс (color rendering index - CRI)» гэдэг параметрийг хэрэглэдэг. Хамгийн их сайн гэрэлтдэг гадаргын өнгө шилжүүлэх индексийг  $100$  гэж авдаг. Ердийн өдрийн гэрлийн өнгө шилжүүлэх буюу гэрэлтэх индекс бараг  $100$  байдаг. Бага даралттай натрийн лампын спектр бараг монохроматик байдгаас объектын өнгийг бараг шилжүүлэхгүй. Цагаанаар гэрэлтэгч диодын өнгө шилжүүлэх индекс



спектрийн доторх янз бүрийн спектр зурвасын эрчмийн харьцаанаас хамаардаг.

Орчин үеийн гэрэлтэгч диодын өнгө шилжүүлэх индекс 80-аас доошгүй байх шаардлагатай ба зарим чухал шаардлагатай газар 90-ээс дээш байх ёстой ажээ. Жишээлбэл, үзэсгэлэн чимэглэлийн газарт байгаа зургуудын гэрэлтүүлэг уул зургийг бүтээсэн уран бүтээлчийн ажлын байртай адилхан байх шаардлагатай. Дэлгүүрүүдэд гэрэлтэгч диодыг гэрэлтүүлгийн хэрэгцээнд нь тохируулан сонгон авдаг. Ургамалын үндэс, үр жимс, навч ба ишинд хлорофилл ба каротиныг синтезлэхийн тулд тодорхой спектртэй гэрлээр гэрэлтүүлэх хэрэгтэй. Энэ спектрийн бүтэц цаг хугацаа, ургамлын ургах процесс, үр жимс нь боловсрох, хоног ба жилийн циклээс болж өөрчлөгдөнө. Сүүлийн жилүүдэд өндөр үр ашиг бүхий цагаан гэрэл үүсгэх гэрэлтэгч диодыг зохион бүтээх ажил эрчимтэйгээр хийгдэж, үйлдвэрлэлд нэвтрүүлж байна. Цагаан гэрэл үүсгэх гэрэлтэгч диодыг зохион бүтээх аргууд болон өнгө шилжүүлэх индекс (CRI) -ийн үзүүлэлтийг Зураг 2 -т үзүүлэв[8,14].

Бидний ердийн хэрэглээндээ ашигладаг LED гэрлийг шаравтар ногоон люминофор (YAG:Ce фосфор) -оор хучсан хөхөөр гэрэлтэгч диод ашиглан гаргаж авдаг бөгөөд түүний өнгө шилжүүлэх индекс нь 60% орчим байна. Энэхүү цагаан LED гэрэл нь ердийн өдөр тутмын хэрэглээнд нийцэх боловч өндөр өнгө ялгарал шаардсан тохиолдол хэрэглэх нь тохиромжгүй юм. Харин ногоон ба улаан люминофор ашигласнаар хөхөөр гэрэлтэгч диодын CRI нь 80% болж сайжирдаг. Хүнд мэдрэлийн хагалгаа, алт сувд гэх мэт үнэт эдлэлийн өнгийг нарийн ялгах зэрэгт тод цагаан гэрэл хэрэгтэй болно. Ийм цагаан LED гэрэл хийхийн тулд ультра ягаан туяагаар хөх, улаан ба ногоон люминофрыг өдөөх зарчмаар ажилладаг LED гэрэл ашиглаж байгаа бөгөөд улаан гэрлийн люминофрыг гарган авах шаардлагатай. [13]. Улаанаар гэрэлтэгч фосфор нь цэнхэр өнгийн гэрлийг шингээж өдөөгдөөд (excitation) улаан

өнгийн гэрлийн мужид цацаргалт (emission) өгдөг байх хэрэгтэй. Энэ төрлийн сүүлийн үед эрчимтэй судлагдаж байгаа материал бол  $\text{CaAlSiN}_3:\text{Eu}$  юм.

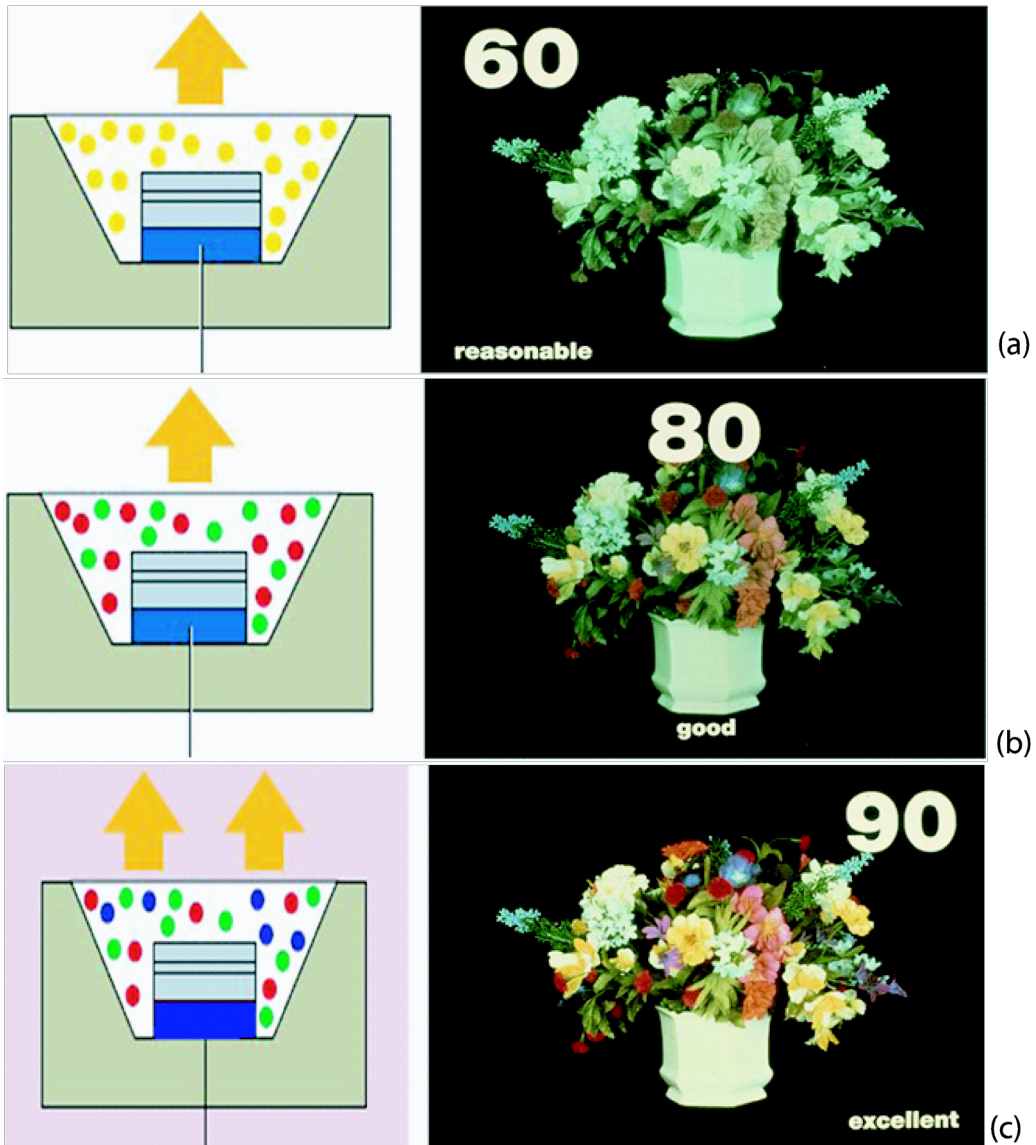
Бид энэ ажлаар цагаан гэрлийн улаан фосфор болох  $\text{CaAlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$ -ийг хатуу төлөвийн урвалын аргаар Eu-ийн янз бүрийн концентрацтай гарган авах түүнчлэн цагаан гэрлийн улаан фосфорт ашиглах хамгийн тохиромжтой дээжийг сонгох зорилгоор гарган авсан  $\text{CaAlSiN}_3:\text{xEu}^{2+}$  ( $\text{x}=0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1$ ) дээжүүдийн гэрлийн шингээлт, цацаргалтыг хэмжих зорилго тависан.

**Туршилт** Цагаан гэрлийн улаан фосфор ашиглаж болох шинж чанар үзүүлдэг  $\text{CaAlSiN}_3:\text{xEu}^{2+}$ -ийг гарган авдаг уламжлалт арга нь  $\text{Ca:Al:Si:Na:N}_3:\text{NH}_4\text{Cl:Si}_3\text{N}_4:\text{Eu}_2\text{O}_3$  хатуу нэгдлүүдийг тодорхой молийн харьцаагаар хольж  $1600^\circ\text{C}$ -аас дээш температурт, өндөр вакуум орчинд орчинд 10-аас дээш цаг шатааж гарган авдаг[14].

$\text{Eu}_2\text{O}_3$  нь тогтворгүй нэгдэл бөгөөд агаар болон усанд исэлдэх эрсдэлтэй. Бидний ажлын нэг зорилго нь  $\text{CaAlSiN}_3:\text{xEu}^{2+}$ -ийг илүү хялбар, өртөг багатай гарган авах дараах аргыг туршиж үзэх явдал байсан. Бид тодорхой молийн харьцаа бүхий  $\text{CaSi}$ ,  $\text{AlN}$  болон  $\text{EuB}_6$  нэгдлүүдийг ашиглан  $\text{CaAlSiN}_3:\text{xEu}^{2+}$  дээжийг гарган авах болно. Дээжээ бэлдэхдээ агаартай исэлдүүлэхгүй нь тулд  $\text{Ar}$  орчин бүхий Glove box –т нэгэн төрөл болтол сайтар хольж нухаж бэлтгээд  $1550^\circ\text{C}$ -ын температурт азотын (99.999%) орчин бүхий шатаах зууханд хэвийн даралтад, 4 цаг шатааж бэлтгэнэ. Бид энэ  $\text{CaAlSiN}_3:\text{xEu}^{2+}$  ( $\text{x}=0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1$ ) -ийг Eu-ийн янз бүрийн концентрацтай гарган авахын тулд эхлээд хүснэгт.1-д үзүүлсэн харьцаатайгаар бэлтгэнэ.

Дараа нь шатаах зууханд бэлтгэж бэлэн болгосон дээжийн цэвэршилт болон кристалжилтыг  $\text{Cu}$  анод бүхий PhilipsPW1830 нунтаг дээжийн рентген дифрактометр ашиглан тасалгааны температурт хэмжих болно. Дээжүүдийн гэрлийн цацаргалтыг EverfineEX1000

спектрадиометр ашиглан хэмжих болно. фотолюминесценцийг хэмждэг төхөөрөмж  
Энэ багаж нь тодорхой долгионы урт юм.  
бүхий гэрлээр дээжийг өдөөгөөд түүний



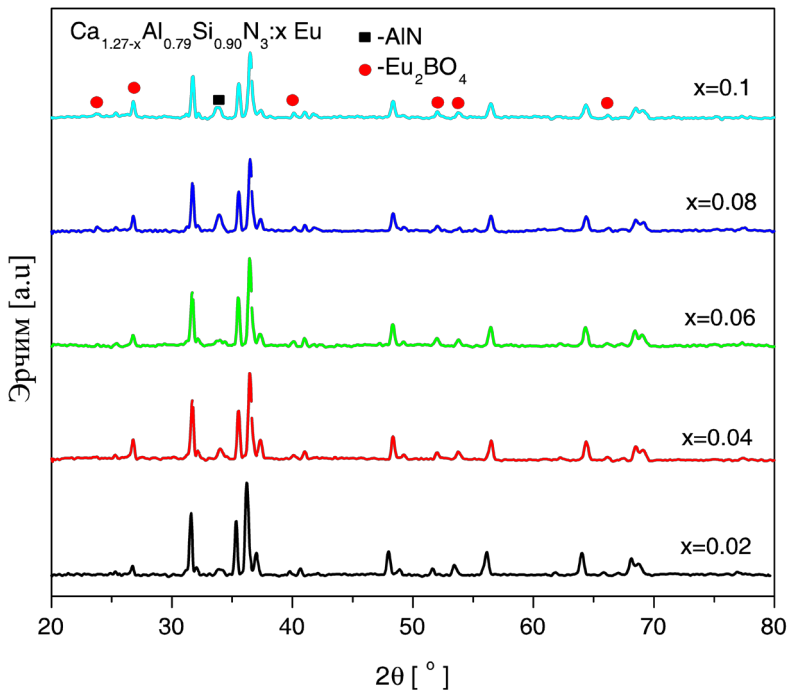
Зураг 2. Цагаан гэрэл үүсгэх гэрэлтэгч диодыг зохион бүтээх аргууд болон түүний CRI:  
(a) Шаравтар ногоон люминофороор хучсан хөхөөр гэрэлтэгч диод. (b) Ногоон ба улаан люминофороор хучсан хөхөөр гэрэлтэгч диод. (c) Ультра ягаан туяагаар хөх улаан ба ногоон люминофрыг өдөөх.

Хүснэгт 1. Янз бүрийн Eu-ийн агуулга бүхий  $\text{CaAlSiN}_3:\text{xEu}^{2+}$ -ийг гарган авах дээжийн харьцаа

№	$\text{Ca}_{1.27}\text{Si}_{0.9}$	AlN	$\text{EuB}_6$	X
1.	5г	2,1551г	0,2901г	0.02
2.	5г	2,1783г	0,5864г	0.04
3.	5г	2,2019г	0,8892г	0.06
4.	5г	2,2261г	1,1986г	0.08
5.	5г	2,2508г	1,5149г	0.1

## ҮР ДҮН

$\text{CaAlSiN}_3:\text{xEu}^{2+}$  ( $x=0,02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1$ ) -ийн рентген дифракц (XRD)-ийн спектрийг Зураг 3-г үзүүлэв.



Зураг 3.  $\text{CaAlSiN}_3:\text{xEu}^{2+}$  ( $x=0,02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1$ )-ийн рентген дифракцын спектр

Графикаас үзэхэд  $\text{CaAlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$ -ээс гадна шатаалтын явцад агаартай исэлдсэнээс шалтгаалан үүссэн  $\text{Eu}_2\text{BO}_4$  болон бүрэн уусаагүй AlN-ийн пикүүд ажиглагдаж байна. Цаашид исэлдэлтийн асуудлыг шийдвэрлэх замаар энэ аргыг ашиглан  $\text{CaAlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$ -ийг гарган авах

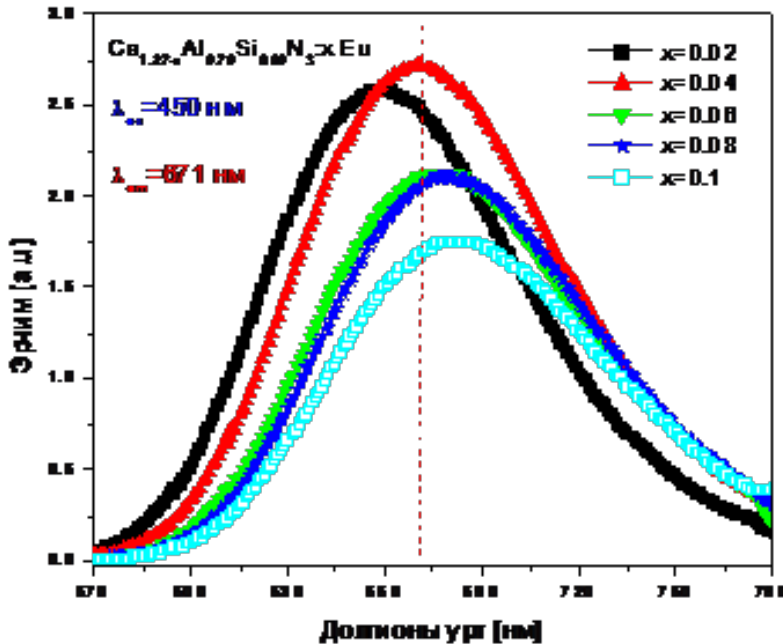
боломжтой болох нь харагдаж байна.

Зураг 4-т янз бүрийн Eu-ийн агуулга бүхий  $\text{CaAlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$ -ийн гэрлийн цацаргалтын спектрийг үзүүлэв. Энд бид дээжүүдийг 450nm долгионы урт бүхий хөх гэрлээр өдөөгөөд түүний гэрлийн цацаргалтыг хэмжсэн үр дүнг

үзүүлэв. Графикаас үзэхэд  $\text{CaAlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$ -ийн цацаргалтын максимум нь Eu-ийн концентрацаас хамааран 650-аас 700 нм мужид өөрчлөгдөж байгаа нь харагдаж байна.

Бидний гарган авсан дээжүүдийн хувьд

$\text{CaAlSiN}_3:0.04\text{Eu}^{2+}$  тохиолдолд  $\lambda=671\text{nm}$  хамгийн сайн цацаргалт өгч байгааг тогтоов. Энд ажиглагдаж байгаа улаан шилжилт (red shift) нь бидний нэмж өгсөн газрын ховор элемент болох  $\text{Eu}^{2+}$  ионы  $4f^65d^1 \rightarrow 4f^7$  төлөвийн шилжилттэй холбоотой болно.



Зураг 4.  $\text{CaAlSiN}_3:\text{xEu}^{2+}$  ( $x=0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1$ ) -ийн гэрлийн цацаргалтын спектр

## ДУГНЭЛТ

Энэхүү ажлаар цагаан гэрлийн улаан фосфор болох  $\text{CaAlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$  -хайлшийг Ca, Si, AlN болон  $\text{EuB}_6$  нунтаг дээжүүдээс хатуу төлөвийн урвалын аргаар Eu-ийн янз бүрийн концентрацтай гарган авч болохыг үзүүлэв.

Рентген дифракцын хэмжилтийн дүнгээс үзэхэд шатаалтын явцад исэлдэлт явагдсан байна. Үүнийг цаашид сайжруулах шаардлагатай байна. Цагаан гэрлийн улаан фосфорт ашиглах хамгийн тохиромжтой дээжийг сонгох зорилгоор

гарган авсан  $\text{CaAlSiN}_3:\text{xEu}^{2+}$  ( $x=0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1$ ) дээжийг  $\lambda=450\text{nm}$  долгионы урт бүхий цэнхэр гэрлээр өдөөгөөд гэрлийн цацаргалтыг хэмжихэд  $x=0,04$  тохиолдолд  $\lambda=671\text{nm}$ -т хамгийн өндөр эрчимтэй улаан гэрэл цацаргаж байгааг туршилтаар үзүүлэв.

**Талархал:** Энэхүү ажлыг гүйцэтгэхэд дэмжлэг үзүүлж суурь судалгааны SST\_014/2016 төслийг санхүүжүүлсэн БСШУСЯ болон ШУТС -д гүн талархал илэрхийлье.

**НОМ ЗҮЙ**

- [1] Q.F. Zhang, C.S. Dandeneau, X.Y. Zhou, G.Z. Cao., *Adv. Mater.* 21 (2009) 4087
- [2] “Cree Sets New Record for White LED Efficiency”, *Tech-On*, April 23, 2012.
- [3] Braunstein, Rubin., “Radiative Transitions in Semiconductors”. *Physical Review.* 99(6): 1892–1893.
- [4] G. Blasse, B.C. Grabmeier., *Luminescent Materials*, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 1994.
- [5] C.G.A. Hill., *CRT Phosphors*, *SID Seminar Lecture Notes*, S-6.2, 1984.
- [6] H.S. Nalwa, L.S. Rohwer., *Handbook of Luminescence, Display Materials, and Devices. Vol. 3: Display Devices*, American Scientific Publishers, California, 2003
- [7] W.R. Stevens., *Building Physics: Lighting*, Pergamon Press, London, 1969
- [8] J.K. Sheu, S.J. Chang, C.H. Kuo, Y.K. Su, L.W. Wu, Y.C. Lin, W.C. Lai, J.M. Tsai, G.C. Chi, R.K. Wu., *IEEE Photonic Tech. Lett.* 15 (2003) 18.
- [9] M.S. Shur, A. Zukauskas., *Proc. IEEE* 93 (2005) 1691
- [10] G. Fasol, S. Nakamura., *The Blue Laser Diode: GaN Based Blue Light Emitters and Lasers*, Springer, Berlin, 1997
- [11] M.R. Krames, O.B. Shehekin, R. Mueller-Mach, G.O. Mueller, L. Zhou, G. Harbers, M.G. Craford., *J. Display Technol.* 3 (2007) 160.
- [12] S.Ye, F.Xiao, Y.X.Pan, Y.Y.Ma, Q.Y.Zhang., *Materials Science and Engineering R* 71 (2010) 1–34.
- [13] D.A. Steigerwald, J.C. Bhat, D. Collins, R.M. Fletcher, M.O. Holcomb, M.J. Ludowise, P.S. Martin, S.L. Rudaz., *IEEE J. Sel. Top. Quant.* 8 (2002) 310.
- [14] Shyan-Lung Chung, Shu-Chi Huang., *Materials* 2014, 7, 7828-7842; doi:10.3390/ma7127828.





## PHOTOLUMINESCENCE OF $\text{CaAlSiN}_3: x\text{Eu}^{2+}$ RED PHOSPHORS SYNTHESIZED BY PRESSURE NITRIDATION

*B.Altantulga<sup>1</sup>, N.Tuvjargal<sup>1\*</sup>, n.Tsoghuu<sup>2</sup>, O.Tegus<sup>2</sup>, J.Davaasambuu<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Department of Physics, the National University of Mongolia, Mongolia*

<sup>2</sup> *Inner Mongolian Normal University, China*

*\* corresponding author; e-mail: tuvjargal@gmail.com*

**Abstract:** We have synthesized  $\text{CaAlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$  phosphors through an alloy-nitridation method have been developed for synthesis of  $\text{Eu}^{2+}$  doped  $\text{CaAlSiN}_3$  phosphor and its photoluminescence properties were investigated. Ca, Si, AlN and  $\text{EuB}_6$  powders were used as the Ca, Al, Si and Eu sources.

The sample doped with  $\text{Eu}^{2+}$  at the optimized molar ratio of 0.04 is efficiently excited by the blue light (450 nm) and generates emission peaking at 671 nm with peak emission intensity of a commercially available phosphor.

**Keywords:** *LED, rare earths, phosphors;*