

Олон ханатай нүүрстөрөгчийн нанохоолой хүчилтэй харилцан үйлчлэх

Л.Баярчимэг^{1,2}, Р.Галбадрах¹, Ц.Бямбасүрэн², Г.Шилагарди¹

¹Онол туршилагын тэнхим, Физик Электроникийн Сургууль, МУИС

²Физик, Технологийн Хүрээлэн, ШУА

Бид энэ ажлаар устөрөгчийн давхар исэл (H_2O_2) ба давсны хүчлийн(HCl) уусмалд нанохоолойг уусгахад азотын хүчлийн адил нанохоолойн битүү төгсгөлийг задалдаг болохыг ажиглав.

Түлхүүр үг: парамагнит төвийн концентрац, азотын хүчил, давсны хүчил, устөрөгчийн хэт исэл, олон ханатай нанохоолой

I. ОРШИЛ

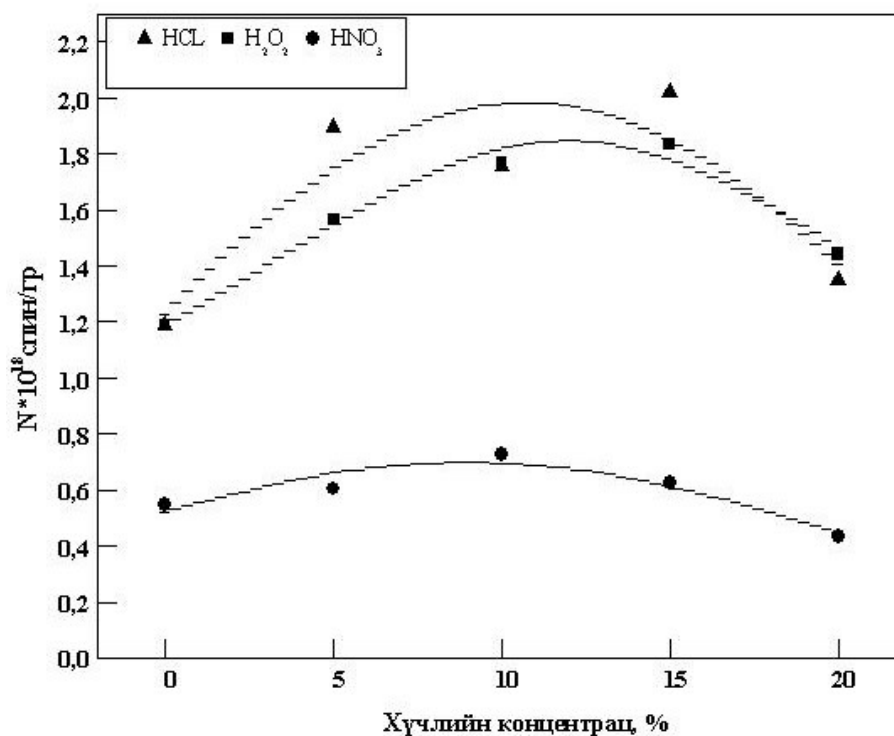
Нанохоолойн дотор явагдах капиллярийн үзэгдлийг судлахын тулд түүний дотор нэвтэрч чадах гадаргуугийн таталтын хүч багатай уусгагчуудыг ашиглажээ[1,2]. Энэ зорилгоор гадаргын таталтын коэффициент нь $43 \text{дин}/\text{см}^2$ -тэй тэнцүү их концентрацтай азотын хүчилд, графитаас цахилгаан нумын аргаар ууршуулж гарган авсан нанохоолойг агуулсан хөөг уусгасан байна. Энэ хөөний 25% нь нанохоолой байлаа. 2г ийм хөөг 68%-ийн концентрацтай азотын хүчилд уусган 240°C температурд 4,5 цаг байлгаад уусаагүй бүтээгдэхүүнээ хатаагаад дараа нь хлорфилийн уусмалд байлгаж байгаад ультра дуугаар бутлаж дахин вакуумд хатаасан байна. Эдгээр дээжээс туннелийн электрон микроскоп хэрэглэн авсан микро фото зургаас үзвэл, нанохоолойн 80% нь задгайрсан байв. Азотын хүчлээр 24 цаг боловсруулахад задгайрсан нанохоолой 90%-д хүрсэн байна.

Ингэхлээр, нанохоолойн төгсгөл задрахад устөрөгч Н ба хүчилтөрөгч O_2 -ийг агуулсан бусад хүчил ба ислүүд азотын хүчлийн адил задгайруулах нөлөө үзүүлдэг эсэхийг тодруулахын тулд энэ ажлыг гүйцэтгэлээ. Энэ зорилгоор бид эхлээд янз бүрийн процентын найрлагатай давсны болон

азотын хүчлийн уусмал, устөрөгчийн хэт ислээр нанохоолойгоо боловсруулж, тасалгааны температурд ЭПР спектрийг нь бүртгэлээ.

II. ТУРШИЛТ ЯВУУЛАХ АРГАЧЛАЛ БА ҮР ДҮН

Нанохоолойд янз бүрийн исэл ба хүчлийн үзүүлэх нөлөөг судлахын тулд азотын хүчил(HNO_3), устөрөгчийн давхар исэл(H_2O_2), давсны хүчил(HCl)-ын 5-20%-ын найрлагатай уусмалыг бэлтгэлээ. Бэлтгэсэн уусмал тус бүрээс 10мл-ыг автомат пипеткээр соруулан авч, пикнометр дотор агуулагдсан 30мг жинтэй нанохоолой дээр дусааж, тусгаарлагдсан орчинд 24 цаг байлгаад тасалгааны температурт ЭПР спектрийг нь бүртгэж, дээж бүхний парамагнит төвийн концентрац[ПТК] ба шугамын өргөнийг тодорхойлов. Хэмжилтийн үр дүнг 1-р зурагт үзүүлэв. Графикаас харвал(1-р зураг), бүх дээжүүдийн ПТК уусмалын доторх хүчил ба ислийн хэмжээ(процент) ихсэхэд өсч байснаа хамгийн их утгандаа хүрч цаашдаа уусмалын хүчил ба ислийн хэмжээ ихсэхэд ПТК буурч байлаа.



1-р зураг. Олон ханатай нанохоолойн ПТК хүчил ба ислийн хэмжээнээс хамаарах хамаарал

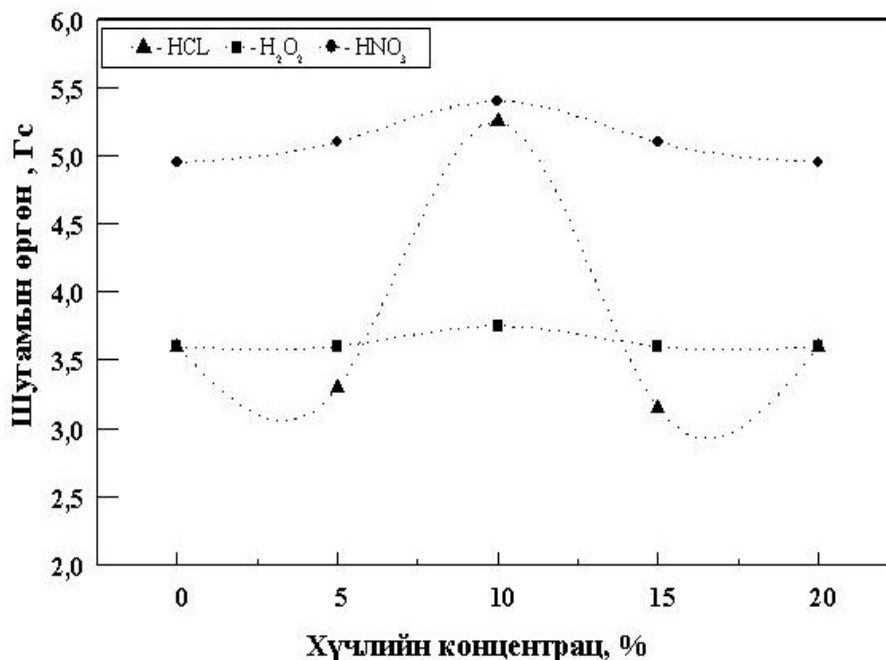
Энэ зүй тогтол хүчил ба исэл агуулсан бүх уусмалд адилхан ажиглагдаж байснаас гадна үнэхээр С.Ц.Цанг[1,2]-нарын ажигласнаар өндөр температурт концентрац ихтэй азотын хүчлээр нанохоолойг боловсруулахад битүү хоолойнууд задарч тасархай холбоосууд үүсдэг бол энэ холбоостой холбоотой хослоогүй электрон агуулсан парамагнит төвийн концентрац ч бас ихэснэ. ЭПР спектроскопийн мэдрэх чадвар асар өндөр тул (10^{11} спин/гр) зөвхөн их концентрацтай азотын хүчлээр үйлчлэхэд үүсэх ПТК-г тодорхойлохоор хязгаарлахгүй, азотын хүчил агуулсан сул уусмал нанохоолойтой харилцан үйлчилснээс үүсэх ПТК-г ч тодорхойлж чадна. Бидний туршлагын үр дүнгээс үзвэл (1-р зураг) заавал өндөр температурт биш, харин тасалгааны температурд нанохоолойг азотын хүчлийн сул уусмалаар боловсруулахад нанохоолойн битүү төгсгөл задарч хослоогүй электрон агуулсан задгай холбоос үүсгэхийг түүний ЭПР спектрийг хэмжих аргаар

илрүүлж болно. 1-р зурагт дүрсэлсэн графикаас үзвэл уусмалын дотор азотын хүчлийн хэмжээ ихсэх дутам дээжийн ПТК ихсэх бөгөөд хүчлийн хэмжээ 10% хүрэхэд ПТК хамгийн их утгандаа хүрч цааш хүчлийн концентрацийг ихсэхэд ПТК багасч байна. Нанохоолойн задгай төгсгөлийн тасархай холбоос дээр хослоогүй электрон агуулсан парамагнит төв үүсэх ба унтрах процесс нэгэн зэрэг явагдана. Энэ төв дээр орших электрон, спин-спин ба спин-торын харилцан үйлчлэлд орсноос болж парамагнит төв унтрах ба үүсэх процесс явагдана. Эхний үед уусмалын доторх хүчлийн хэмжээ бага байхад парамагнит төв үүсэх процесс унтрахаас давамгайлах тул хүчлийн хэмжээ ихсэхэд үүссэн ПТК үргэлж ихсэж байна. Уусмалын доторх хүчлийн хэмжээ ихэссээр 10% хүрэхэд парамагнит төв үүсэх ба унтрах хурд тэнцэж динамик тэнцвэр тогтоно. Энэ үед үүссэн ПТК хамгийн их байна.

Уусмалын доторх хүчлийн хэмжээ ихсэхэд энэ төв дээр суух электронуудын өөр

хоорондын спин-спины ба нанохоолойн араг ястай үйлчлэх спин-торын харилцан үйлчлэлийн эрчим ихэссэнээс парамагнит төв үүсэх процессоос парамагнит төв унтрах процесс давамгайлж дээжийн доторх ПТК

буурч байна. Мөн иймэрхүү процесс явагдах магадлалтайг 2-р зурагт дүрслэн үзүүлсэн ЭПР спектрийн шугамын өргөн ба уусмал доторх хүчлийн хэмжээ хоёрын хамаарлын график харуулж байна.



2-р зураг. Олон ханатай нанохоолойн шугамын өргөн хүчил ба ислийн хэмжээнээс хамаарах хамаарал

Үнэхээр ПТК хамгийн их байх 10% -д (хүчлийн) харгалзах спектр шугамын өргөн арай их байна. Энэ бол нанохоолойн задгайрсан төгсгөлийн тасархай холбоос дээр байрласан хослоогүй электроны тоо ихэсч тэдгээрийн хоорондох спин-спины ба мөн спин-торын харилцан үйлчлэл ихэссэнээс спектр шугам өргөссөнийг баталж байна. Нанохоолойд зөвхөн азотын хүчлээс гадна бусад хүчил, мөн устөрөгчийн давхар ислээр үйлчлүүлэхэд битүү нанохоолойн төгсгөл задарч тасархай холбоосууд үүсдэгийг 1-р зурагт дүрсэлсэн графикаас харж болно. Уусмалын доторх давсны хүчил ба устөрөгчийн давхар ислийн хэмжээг өөрчлөхөд ийм хүчил ба ислийн үйлчлэлд нэрвэгдсэн нанохоолойн ПТК ба түүний ЭПР спектр шугамын өргөн, хүчил ба ислийн

хэмжээнээс хамаарч өөрчлөгдөх зүй тогтол азотын хүчилтэй уусмалынхтай адил мөртлөө мөн л 10% орчимд хамгийн их утгатай байх муруйгаар дүрслэгдэж байна. Харин 10%-д харгалзах ПТК нь давсны(HCl)-д хамгийн их, устөрөгчийн давхар ислэл(H₂O₂)-д арай бага, азотын хүчил(HNO₃)-д бүр бага байна.

Эдгээр хүчил ба ислийн хувьд бүгдэд нэг устөрөгчийн атомд оногдох бусад элементийн атомын тоо харилцан адилгүйгээс гадна тэдгээр харгалзах хослоогүй электроны тоо хлорын атомд нэг, устөрөгчийн давхар ислийн нэг хүчилтөрөгчийн атомд хоёр, азотын хүчлийн азотын атомд нэг, хүчилтөрөгчийн атомд хоёр оногдоно.

Иймээс олон хослоогүй электрон агуулсан азотын хүчлийн парамагнит төвийг

унтраах үйлчлэл хамгийн их, устөрөгчийн давхар ислийнх арай бага байх ажээ. Иймээс азотын хүчлээр боловсруулсан нанохоолойн ПТК абсолют хэмжээгээрээ хамгийн бага, устөрөгчийн давхар исэлд харгалзах ПТК түүнээс бага, давсны хүчилд харгалзах ПТК хамгийн бага байх зүй тогтол уусмалын доторх хүчил ба ислийн процентын найрлагын бүх мужид ажиглагдаж байна.

ДҮГНЭЛТ

1. Устөрөгчийн давхар исэл(H_2O_2) ба давсны хүчил(HCl)-н уусмалд нанохоолойг уусгахад азотын хүчлийн адил битүү нанохоолойг задлах үзэгдэл ажиглагдаж байна.

2. Нэг устөрөгчийн атомд оногдох хослоогүй электрон ихтэй хүчил ба ислийн ПТ-ийг унтраах үйлчлэл арай илүү байна.

НОМ ЗҮЙ

[1] Tsang.S.C et al. Nature(London) 372.159 (1994)

[2] Tsang.S.C et al. J.Chem.Soc.Chem. Comm. 1803(1995)