

МЕТАЛЛ – ФУЛЛЕРЕНЫ НИМГЭН ХАЛЬСНЫ ФИЗИК ЧАНАРТ ХЭМЖЭЭСИЙН ҮЗЭГДЛИЙН ҮЗҮҮЛЭХ НӨЛӨӨ

*К.В. Добрего^{2**}, Ц.Хандмаа^{1*}, Э.М. Шпилевский^{2**}, М.Э.Шпилевский^{2**}, И.И. Васильев^{2**}, Г.Шилагарди^{1*}, Д.Төмөрбаатар^{1*}, Х.Цоохүү^{1*}, Д.Эрдэнэбаатар^{1*}, Р.Нямдулам^{1*}*

1. Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар
2. Институт тепло и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь.
*e-mail: handmaa_04@yahoo.com
**e-mail: eshpilevsky@rambler.ru

АННОТАЦИЯ

Было показано, что тензочувствительности тонкой металлической пленки, допированной фуллеренами на один порядок выше чем исходной металлической пленки и по мере уменьшения толщины возрастает.

ОРШИЛ

Диформацийн үзэгдэл бол биеийн шугаман хэмжээ, талбай, эзэлхүүн өөрчлөгдөхтэй холбоотой хэмжээсийн эффект юм. Иймээс тензорезисторын зузаан d түүний

тензомэдрэмж γ –д хүчтэй нөлөө үзүүлнэ. Доорх хүснэгтэд металлын нимгэн хальсны зузаан d түүний тензомэдрэмжид хэрхэн нөлөөлөхийг харууллаа.

1-р хүснэгт

Тензомэдрэмжийн коэффициент, γ							
$d, \text{нм}$	400	200	100	50	20	10	5
Металл							
Cu	1.9	2.6	3.8	5.2	8.6	11.2	20
Au	1.8	2.2	3.0	5.4	9.0	10.5	22
Ti	1.4	2.0	3.1	5.2	8.5	9.1	12

Хүснэгтэд сийрүүлсэн үр дүнгээс үзвэл, металл нимгэн хальсны зузааныг 20 дахин багасгахад тензомэдрэмж бараг 10 дахин ихсэж байна. Тэгвэл металлыг бодвол тензомэдрэмж сайтай фуллеренээр чанаржсан металлын нимгэн хальсанд энэ эффект бүр хүчтэй ажиглагдах ёстой [1].

ТУРШЛАГЫН ҮР ДҮН БА ТҮҮНИЙГ ШҮҮН ТУНГААХ

Фуллеренээр чанаржуулсан зэс, алт, титаны нимгэн хальсыг вакумд ууршуулах аргаар гарган авч тэдгээрийн эсэргүүцлийн харьцангуй өөрчлөлтийг хэмжлээ [3]. Хэрэв

l урттай өргөн нь зузаан d - ээс n дахин их нимгэн хальсыг авч үзвэл түүний эсэргүүцэл

$$R = \rho \frac{l}{nd^2}, \quad R \sim \frac{l}{d^2}$$

Дээрх томъёоноос үзвэл дээжийн эсэргүүцэл зузаанаас хүчтэй хамаарах ажээ. Үнэхээр судалгааны үр дүнгээс үзвэл, металл – фуллерены нимгэн хальсны тензомэдрэмж түүний бүрэлдэхүүнд орж байгаа компонентуудын харьцаанаас хүчтэй хамаарна. Ялангуяа 100 нанометрээс бага зузаантай нимгэн хальсанд энэ үзэгдэл хүчтэй илэрч байв. Учир нь нимгэн хальсны зузаан багассанаас бүтцийн параметрууд өөрчлөгддөг. Кристаллын

мөхлөгүүд доторх дотоод механик хүчлэг гадаргуугийн морфологи, фуллеридын талдаа ба эзэлхүүндээ төвтэй үенүүдийн байрлал өөрчлөгддөг байна.

молекулын тооны харьцаа $N_{мет}/N_{C60}$, нимгэн хальсны зузаан d , эсэргүүцэл R , хувийн эсэргүүцэл ρ , тензомэдрэмж γ -г сийрүүлэн бичлээ.

2-р хүснэгтэд бидний судалсан нимгэн хальсны металлын атом ба фуллерены

2-р хүснэгт

Me	$N_{мет}/N_{C60}$	d , нм	R , Ом	ρ , Ом•см	γ
Cu	50	100	30,6	0,18	15
	80	100	5,95	0,035	9,8
	300	50	2,04	0,024	7,9
	700	50	0,88	0,010	6,8
Au	30	100	35,7	0,21	40
	60	100	20,4	0,12	21
	120	50	12,1	0,14	18
	200	50	6,12	0,072	16
Ti	50	100	68	0,4	24
	80	100	19,9	0,082	16
	300	50	3,74	0,044	11
	700	50	2,55	0,030	9,6

2-р хүснэгтэд үзүүлсэн судалгааны үр дүнгээс үзвэл, фуллеренээр чанаржуулсан зэс, алт, титаны нимгэн хальсны зузаан багасах тусам тэдгээрийн тензомэдрэмж γ ихсэх боловч материалын доторх фуллерены молекулын хувь ихсэхэд тензомэдрэмж нь улам сайжирч байна. Иймээс практикт нимгэн хальсны зузаан, металлын атом ба фуллерены молекулын тооны зохимжтой харьцаа, нимгэн хальсны бат бэх

чанарыг үйлдвэрлэл явуулах технологийн горимтой уялдуулсан оптимал зузааныг сонгон авах хэрэгтэй ажээ [2]. Эцэст металлын нимгэн хальстай адилхан зузаантай металлын атом ба фуллерены молекулын тоон харьцаа $N_{мет}/N_{C60}=80$ -тай тэнцүү металл-фуллерены нимгэн хальсны тензомэдрэмж γ зузаанаас хэрхэн хамаарахыг харуулсан туршлагын үр дүнг 3-р хүснэгтэд сийрүүлэн бичлээ.

Тензомэдрэмжийн коэффициент, γ							
$d, \text{нм}$	400	200	100	50	20	10	5
$N_{\text{мет}}/N_{\text{C}_{60}}$							
Cu – C ₆₀	3.4	5.6	8.8	12	56	94	120
Au – C ₆₀	3.2	5.2	8.0	24	60	95	122
Ti – C ₆₀	2.9	5.1	8.1	22	55	91	112

1 ба 3-р хүснэгтэд бичигдсэн цэвэр металл ба фуллеренээр чанаржуулсан нимгэн хальсны ($N_{\text{мет}}/N_{\text{C}_{60}}$) тензомэдрэмж γ -г харьцуулан үзвэл, фуллерен агуулсан нимгэн хальснаас бараг нэг эрэмбээр их байна. Иймээс металл-фуллерены нимгэн хальсаар үйлдсэн тензорезистрыг сенсоорын идэвхитэй элемент болгон ашиглах нь хэт ирээдүйтэй ажээ [3].

ДҮГНЭЛТ

1. Металл фуллерены нимгэн хальсны хэмжээсийн эффектийг судалсан үр дүнгээс үзвэл, металл-фуллерены нимгэн хальсны тензомэдрэмж γ , цэвэр металлынхаас бараг нэг эрэмбээр их байна. Гэтэл цагаан алтны $\gamma=1.6$ -ээс хэтэрдэггүй.
2. Металл нимгэн хальсны зузааныг багасгасаар байгаад түүний тензомэдрэмж γ -г 100-120 хүргэж болно.

НОМ ЗҮЙ

1. П.А.Витязь, Э.М.Шпилевский, М.Э.Шпилевский “Фуллеренсодержащие материалы и функциональные элементы на их основе” Нанотехнологии: наука и производство. 2009, №2, Стр 12-16

2. E.M.Shpilevsky, M.E.Shpilevsky, Y.I.Prylutsky, L.Y.Matzuy, M.I.Zakharenko, F.Le.Normand “Structure and properties of C₆₀ fullerene films With titanium atoms. Mat.-wiss.u.Werkstofftech. 2011. Vol.42 №1 PP.59-63

3. Э.М.Шпилевский, “Металл-фуллереновые плёнки: получение свойства, применение” Алмазные плёнки и плёнки родственных материалов.-Харьков :ХНЦ ФТИ, 2003-С,242-264