

Фуллеренээр чанаржсан зэс ба титаны цахилгаан, физик чанарын давтамжийн хамаарал

П.Түвшинтөр*, Д.Улам-Оргих, Г.Шилагарди

Монгол Улсын Их Сургууль, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Физикийн тэнхим

Нүүрстөрөгчийн нано-бөөмс агуулсан композиц материалын бат бэх чанар, температур ба химийн үйлчлэлд тэсвэртэй шинжийг ашиглан сенсор ба молекуляр электроникт ашиглах хэт ирээдүй нээгдэж байна. Иймээс эдгээр композиц материалын физик шинж чанар хувьсах гүйдлийн давтамжаас хэрхэн хамаарахыг судлах нь эн тэргүүний ач холбогдолтой.

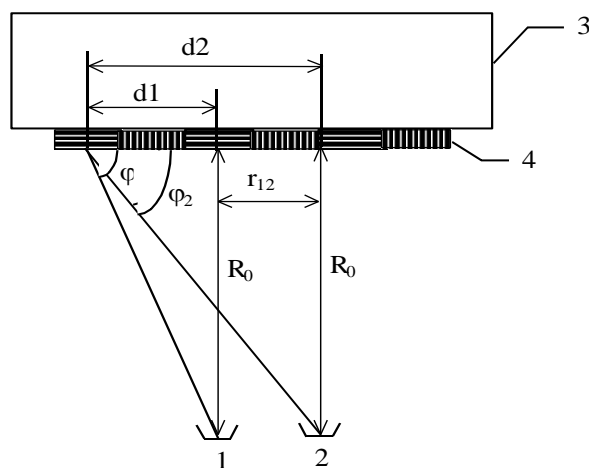
ОРШИЛ

Нүүрстөрөгчийн нано-бөөмс нээгдсэнээс хойш фуллерен ба нано-хоолойгоор металл, хагас дамжуулагч, полимерийг чанаржуулж, урьд өмнө байгаагүй онцгой физик шинж чанартай композиц материалыг гаргах асуудлыг өргөн судлаж байна. Мөн фуллерены молекулууд фуллерит хэмээх талдаа ба эзлэхүүндээ төвтэй куб торыг үүсгэдгийг ажиглав [1]. Фуллеритын кристалл тор дотор орших октаэдрийн ба тетраэдрийн хоосон зайд металлын атомыг байрлуулж экзо- ба эндо- бүтцүүдийг үүсгэж чадсан байна. Тэр байтугай нүүрстөрөгчийн нано-бөөмсийг агуулсан химийн нэгдлүүд, хатуу уусмалууд эмхрээгүй хайлшуудыг бага хэмжээгээр гарган авч чаджээ.

Сүүлийн үед фуллерен агуулсан металлын дан ба давхар нимгэн хальсыг гарган авч элдэв төрлийн сенсорууд, ялангуяа өндөр мэдрэмжтэй тензорезисторуудыг бүтээх судалгаанд анхаарлаа хандуулах боллоо. Энэ зорилгоор техникт өргөн хэрэгцээтэй материал болох зэс, титан, алт ба бусад металлуудыг фуллеренээр чанаржуулж тэдгээрийн шинж чанарыг судладаг болжээ [2].

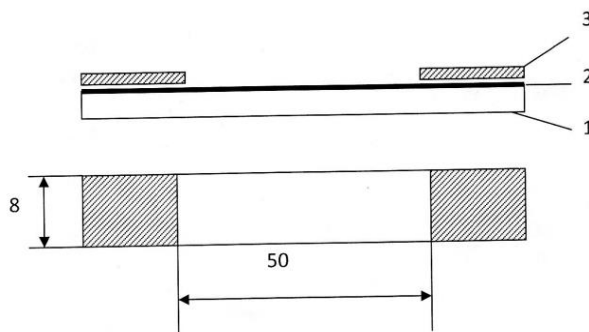
Металл-фуллерены нимгэн хальсыг гарган авах

Металл-фуллерены нимгэн хальсыг тус тусдаа орших 2 ууршуулагчаас металл ба фуллереныг нэгэн зэрэг ууршуулж, шилэн суурь дээр $120 \times 90 \times 1.35 \text{ мм}^3$ хэмжээний нимгэн хальсыг бэлтгэлээ. 1-р зурагт 2 ууршуулагч ашиглан нимгэн хальс бэлтгэх туршилтын ерөнхий загварыг харуулав.



1-р зураг. 1,2-ууршуулагчид, 3-суурь бодисыг тогтоогч, 4- суурь бодисууд. R_0 - ууршуулагчдаас суурь бодис хүртлэх хамгийн богино зай, d_1 - анхдагч ууршуулагчийн суурь бодис дээрх проекцоос түүний зах хүртлэх зай, d_2 - хоёрдох ууршуулагчийн суурь бодис дээрх проекцоос түүний зах хүртлэх зай.

Нимгэн хальсан доторх металл ба фуллерены хэмжээг янз бүрээр сонгон авч харилцан адилгүй зузаантай дээжүүдийг бэлтгэв. Гарган авсан металл-фуллерены дээжийн загварыг 2-р зурагт үзүүлэв.



2-р зураг. Судлах дээжийн бүтэц. 1) суурь бодис; 2) фуллеренээр чанаржуулсан нимгэн хальс; 3) металл контакт.

* Electronic address: tuvshintur@num.edu.mn

Судлах материалаа (2) суурь бодисын (1) бүх гадаргуу дээр жигд ууршуулан суулгаж, контактыг (3) суурь бодисын хоёр төгсгөл дээр металл-фуллереныхээ нимгэн хальсыг тусгай хаалтаар хааж, вакуумд ууршсан металлын нимгэн үе суулгах аргаар үйлдлээ.

Туршилгын үр дүн ба түүнийг шүүмжлэн хэлэлцэх

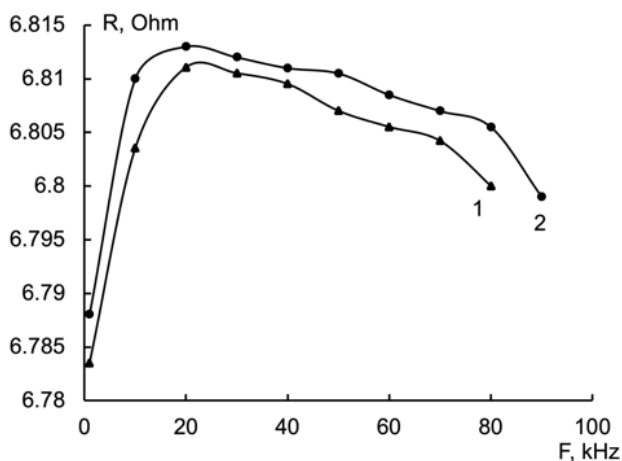
Туршилгаар хэмжин олсон зэсийн нимгэн хальсны бүтцийн параметруудийг 1-р хүснэгтэд сийрүүлэн бичлээ.

1-р хүснэгт: $(\text{Cu}+\text{C}_{60})$ -ын бүтцийн параметрууд

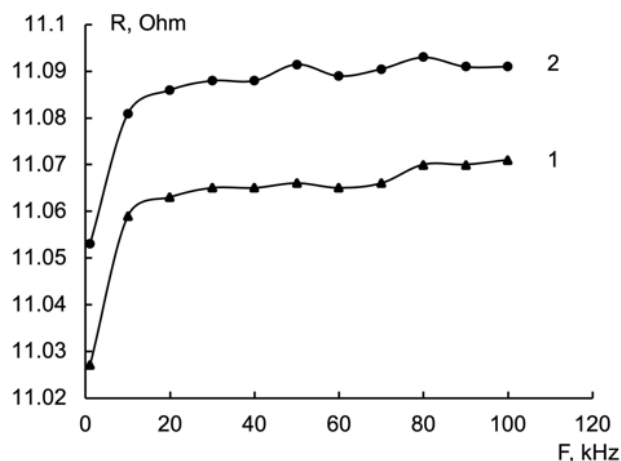
Дээжийн дугаар	$N_{\text{Cu}}/N_{\text{C}_{60}}$	Зузаан d, нм	R, Ом	ρ , мОм*см
1	60	130	6.4	11.0
2	40	170	1.8	27.0
3	20	210	34.2	96

Харилцан адилгүй тооны материалын зэсийн атом ба фуллерены молекулыг агуулсан зэс-фуллерены комплексын эсэргүүцэл хувьсах гүйдлийн давтамжаас хэрхэн хамаарах зүй тогтлыг судалсан үр дүнг 3 ба 4 зурагт график хэлбэртэй дүрслэн харуулав.

3-р зурагт дээжийн доторх зэсийн атом ба фуллерены молекулын тоон харьцаа $N_{\text{Cu}}/N_{\text{C}_{60}}=60$ байх үеийн дээжийн эсэргүүцэл ба давтамжийн хамаарлыг гаднаас ачаалал өгч деформацид оруулсан ба огт деформациагүй үеийнхтэй харьцуулан харууллаа. Дээжийг деформацид оруулснаас болж түүний эсэргүүцэл хувьсах гүйдлийн давтамжаас хамаарч харилцан адилгүй өөрчлөгджээ.



3-р зураг. $N_{\text{Cu}}/N_{\text{C}_{60}}=60$ бүхий дээжийн эсэргүүцэл давтамжаас хамаарах хамаарал. 1) деформацид ороогүй; 2) харьцангуй деформаци $\epsilon=54.7 \cdot 10^{-4}$



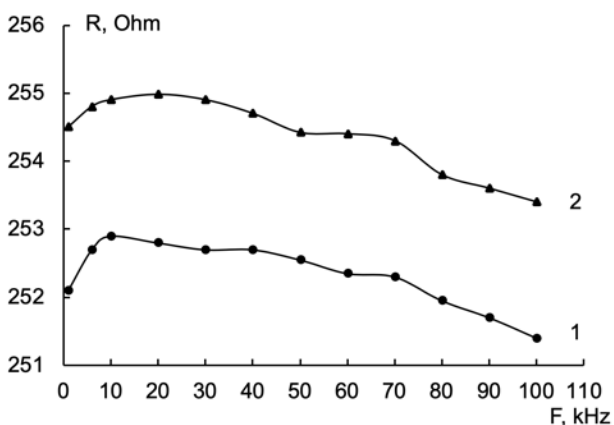
4-р зураг. $N_{\text{Cu}}/N_{\text{C}_{60}}=40$ бүхий дээжийн эсэргүүцэл давтамжаас хамаарах хамаарал. 1) деформацид ороогүй; 2) харьцангуй деформаци $\epsilon=54.7 \cdot 10^{-5}$

4-р зурагт зэсийн атом ба фуллерены тоон харьцаа $N_{\text{Cu}}/N_{\text{C}_{60}}=40$, байх тохиолдолд дээжийн эсэргүүцэл ба давтамжийн хоорондох хамаарал ямар байхыг дүрслэн харуулав. Дээрх дээжид анхны дээжид тохиолдсоны адил давтамжийн хамаарал ажиглагдах боловч тухайн хамаарал ажиглагдах давтамжийн мужууд өөр байна. Туршилгаар хэмжин олсон фуллеренээр чанаржуулсан титаны нимгэн хальсны бүтцийн параметруудийг 2-р хүснэгтэд эмхэтгэн бичлээ.

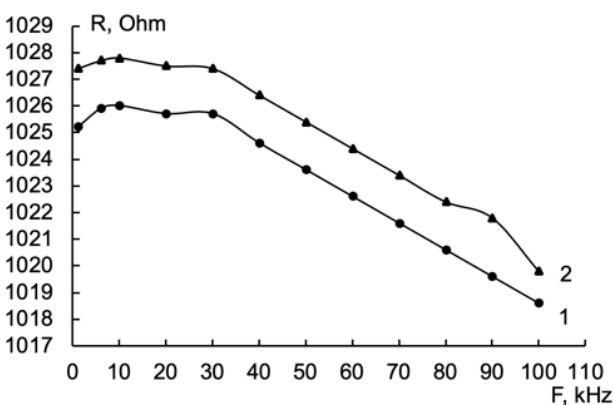
2-р хүснэгт.

Дээжийн дугаар	$N_{\text{Ti}}/N_{\text{C}_{60}}$	Зузаан d, нм	R, Ом	ρ , мОм*см
1	160	270	775	33.8
2	80	300	1294	62.7
3	40	360	2181	126

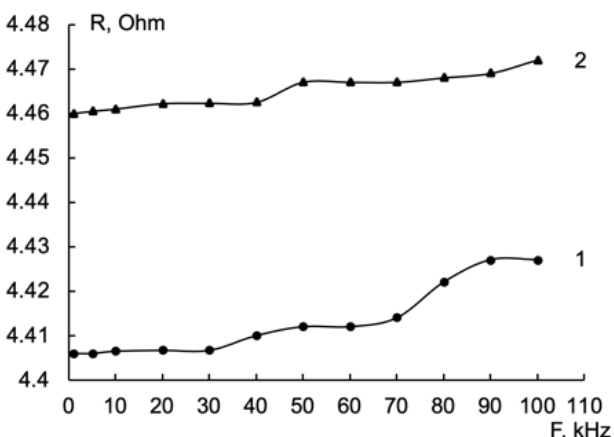
Дээрх хүснэгтээс харвал фуллеренээр чанаржуулсан титаны дээжийн эсэргүүцэл ба хувийн эсэргүүцэл харгалзах зэс дээжийнхээс 1-2 эрэмбээр их байна [3, 4]. 5 ба 6-р зурагт янз бүрийн хэмжээний фуллерены молекул агуулсан титаны нимгэн хальсны эсэргүүцэл хувьсах гүйдлийн давтамжаас хамаарах туршилтын үр дүнгээр байгуулсан графикийг харууллаа. Туршилтын графикаас харвал дээж доторх фуллерены молекулын тоо ихсэх тутам түүний эсэргүүцэл хэдэн зуун Ом-оос хэдэн кОм хүртэл өсч байна. Ингэхлээр титантай дээжийн эсэргүүцэл зэстэй дээжийнхээс их байх тул титаны нимгэн хальсаар хийсэн тензорезисторын тензо-мэдрэмж арай илүү байх нь харагдаж байна.



5-р зураг. $N_{Ti}/N_{C60}=160$ бүхий дээжийн эсэргүүцэл давтамжаас хамаарах хамаарал. 1) Деформацад ороогүй; 2) $\epsilon=54.7 \cdot 10^{-5}$, $\gamma=14.8$.



6-р зураг. $N_{Ti}/N_{C60}=80$ бүхий дээжийн эсэргүүцэл давтамжаас хамаарах хамаарал. 1) Деформацад ороогүй; 2) $\epsilon=54.7 \cdot 10^{-5}$, $\gamma=35$.



7-р зураг. $N_{Ti}/N_{C60}=40$ бүхий дээжийн эсэргүүцэл давтамжаас хамаарах хамаарал. 1) Деформацад ороогүй; 2) $\epsilon=54.7 \cdot 10^{-5}$, $\gamma=21$.

Дээр дурьдсан графикуудаас харвал фуллеренээр чанаржсан титаны нимгэн хальсыг деформацид оруулахад эсэргүүцэл нь ихсэж байна. Харин титан ба фуллерены молекулын тооны харьцаа 160 ба 40 байхад титан-фуллерены композицийн бүтцийн эсэргүүцэл давтамжаас хамаарч бараг өөрчлөгдөхгүй байдаг

атлаа тэдгээрийн харьцаа 40 болоход дээжийн эсэргүүцэл давтамжаас хамаарч аажуу буурах хандлага ажиглагдаж байна.

ДУГНЭЛТ

Фуллерен агуулсан зэс ба титанаар үйлдсэн, нимгэн хальсны шинж чанар эдгээр композиц материалын компонентын харьцаанаас хамаарна. Харимхай деформацид оруулах замаар эдгээр нимгэн хальсны цахилгаан шинж чанарыг өөрчилж болно.

Металл-фуллерены цахилгаан физик шинж чанарыг деформацид оруулах замаар өөрчлөхдөө хувьсах гүйдэлд туршилтыг явуулбал арай илүү үр дүнтэй ажээ.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Витязь П.А., Шпилевский Э.М., Шпилевский М.Э. “Фуллеренсодержащие материалы и функциональные элементы на их основе” //Нанотехнологии: наука и производство. 2009, №2.-С.
- [2] Шпилевский Э.М., “Металл-фуллереновые плёнки:получение свойства, применение” //Алмазные плёнки и плёнки родственных материалов.-Харьков :ХНЦ ФТИ , 2003-С,242-264
- [3] Баран Л.В ., Шпилевский Э.М., Окатова Г.П. “Фазовый состав и структура пленок Cu-C60, подвергнутых ионному и термическому воздействию” //Перспективные материалы .2004. №4. С. 76-81
- [4] Shpilevsky E.M , Shpilevsky M .E. , Prylutsky Y.I, Matzuy L.Y., Zakharenko M.I F.Le Normand. “Structure and properties of C60 fullerene films With titanium atoms.”//Mat.-wiss.u.Werkstoffetech. 2011. Vol.42 №1 PP.59-63.