

Dependence of the g-Factor of Mineral Coals on a Metamorphism Level

G. Shilagardy^{1,*}, P. Tuvshintur¹, S. V. Adashkevich², V. S. Kiranov², N.M. Lapchuk³,
I.V. Sedkova³, V.F. Stelmach, G.D. Frolkov, Ts. Nyamdulam, R. Khandmaa

¹National University of Mongolia, Ulan Bator, Mongolia

²Institute of Heat and Mass Transfer of NAS Belarus, Minsk, ul.Brovki, 15

The basic directions of the up-to-date use of fossil mineral coals of all levels of metamorphism: energetic electric power, heat production and technological reception of furnace coke, chemical raw materials, gasification and devolatilization of coal of coals. Mineral coals also use at their transmutation into liquid yields as motor, furnace fuel and raw materials for the chemical industry [1]. Efficiency of their application is in many respects spotted by quality of diagnostics of their physicochemical properties at procedure stages. Methods of magnetic-resonance spectroscopy are accessible express methods of their controls [2]. Perfection of quick tests of diagnostics of heterogeneous structure of coals is necessary also at definition dangerous the gas-dynamic phenomena (fire danger, bump hazard, sudden exhausts of coal and gas) [3].

In the report possibility of use of specialized evaluators of a magnetic resonance for the express control of a level of metamorphism of coals on value of the g-factor [4] is proved. The method is grounded on sensitivity of a signal of a magnetic resonance of coals with various concentration ch- and c-phases [5]. The physicochemical connection of the g-factor of a signal of a magnetic resonance and a linewidth of a spectrum of the gauged sample is compared with similar observational dependence. Character of dependence of the g-

factor from the c-phase share in the sample of coal is presented in figure 1.

RESULTS

It is positioned, that accuracy of definition of shared C- and CH-phases in heterostructure practically does not depend on the shape of the first derivative spectrum line. Thus, the expedient of definition of the g-factor by measured of a zero signal of the powdery sample of the coal traditionally used in methods of magnetic-resonance spectroscopy of mineral coals [3] is necessary.

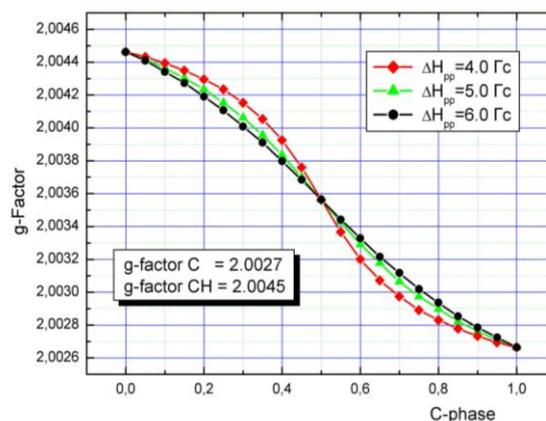


Figure1: Dependence of the g-factor of absorption spectrum (EPR) from a C-phase shared at three values ΔH_{p-p}

- [1] Н. А. Поклонского, Энциклопедия для школьников и студентов / под общей ред. // Минск: Беларуская Энцыклапедыя імя П. Броўкі, **177** (2012).
- [2] С. В. Адашкевич, В. Г. Баев, Н. М. Лапчук, В. Ф. Стельмах, Г. Шилагарди, Х. Цоохуу. Спектроскопия ЭПР каменных углей низкой степени метаморфизма // II-я Международная научно-техническую конференцию «Альтернативные источники сырья и топлива»: сб. тез. докл. – Минск: БГТУ, **66** (2009).
- [3] А. А. Обухов, Г.Д. Фролков, В. Б. Артемьев. Структурно-химическая механика углей метаморфического ряда пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа. – Шахты: издательство ЮРО АГН, **152** (2000).
- [4] В. В. Акунец, В. Ф. Стельмах, Л. В. Цвирко. Анализатор электронного парамагнитного резонанса: Учебно-справочное пособие /. – Мн.: УП «Технопринт», **102** (2002).
- [5] S. V. Adashkevich, A. D. Smychnic, V. F. Stelmakh, G. D. Frolkov, G. Shilagardi, L. Demberel, R. Galbadrah, L. Enkhtor. Динамические явления в углях // Proceedings of International School on Contemporary Physics-II (ISCP-II). Edited by G. Khuukhenkhuu. – University Press, Ulaanbaatar, Mongolia, **105** (2002).

*Electronic address: gshilagardi@yahoo.com

Материалы: Свойства И Возможные Применения

Э.М. Шпилевский^{1,*}, С.А. Филатов¹, Г. Шилагарди^{2,+}, П. Тувшинтур², А.Т. Богорш^{3,#}, Ц. Хандмаа³, Р. Нямдулам³

¹Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси, Минск, ул.Бровки, 15

²Национальный университет Монголии, Улан-Батор, Монголия,

³Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

С открытием фуллеренов в конце прошлого века материаловеды получили принципиально новые инструменты для конструирования материалов и структур, позволившие управлять их свойствами. За короткое время появилось множество публикаций как по методам синтеза фуллеренов, так и их использованию в разработке новых материалов [1]. К настоящему времени наиболее острой проблемой стала проблема применения фуллереносодержащих материалов.

В данной работе рассмотрены некоторые способы формирования материалов, содержащих фуллерены C_{60} , их свойства и перспективные направления применения.

1. Электротехнический материал. Металл-фуллереновые пленки при некоторых долевых соотношениях атомов металла и молекул C_{60} структурно представляют собой систему электропроводящих частиц металла, разделенных небольшими промежутками из диэлектрических наночастиц фуллерита. Электрически такие структуры эквивалентны серии подключенных конденсаторов и, следовательно, их полное сопротивление должно уменьшаться при увеличении частоты переменного тока. Увеличение доли фуллеритовых наночастиц в металл-фуллереновой структуре для переменного тока влечёт за собой изменение значения, как емкостной, так и резистивной составляющих электросопротивления. Это изменение приводит к сдвигу минимума сопротивления в область более низких частот.

Таким образом, металл-фуллереновые структуры на переменном токе проявляют свойства R-C-L – цепочек [2] и могут использоваться как материал электротехнического назначения.

2. Материал для подвижных электрических контактов. Разработка покрытий для подвижных электрических контактов осуществлялась с использованием вакуумной [3] и гальванической [4] технологий.

Для выявления подходящих композиционных материалов вакуумной технологией были приготовлены 40 вариантов композиционных материалов с различными долевыми составами компонентов систем Ag - C_{60} Cu - C_{60} , Al - C_{60} , Fe - C_{60} , и их смесей. Оптимизация составов композиционных материалов проходила по двум критериям: а) композиционный материал должен иметь наиболее высокую электрическую проводимость, б) высокую проводимость сочетать с низким коэффициентом трения. Из рассмотренных вариантов лучшие электрические и трибологические характеристики показал состав 60%Al + 30%Cu + 9% Fe + 1% C_{60} , который имеет удельное электросопротивление $60 \cdot 10^{-4}$ Ом*м и коэффициент сухого трения равный 0,22 [4].

3. Покрытие для эндопротезов. Покрытия для эндопротезов получали совместной конденсацией в вакууме титана и фуллеренов C_{60} . Титан-фуллереновые покрытия показали высокую химическую стойкость в разбавленных кислотах и щелочах (3%-ые растворы HCl, NaOH, KOH). Выдержка образцов в кислотной и щелочной средах в течение 2400 ч не приводила к заметным изменениям на поверхности покрытий.

Высокая биохимическая стойкость [5] и сравнительно невысокое удельное электрическое сопротивление [6] позволяют использовать титан-фуллереновые пленки в качестве покрытий для электродов кардиостимулятора, а так же для медицинских инструментов.

4. Покрытие для узлов трения. Наиболее подходящим покрытием для узлов трения оказалась оксидокерамические покрытия, сформированные на алюминиевом сплаве АК5М2 методом микродугового оксидирования и последующей пропиткой в насыщенном растворе фуллеренов C_{60} в толуоле. Такие покрытия, содержащие фуллерены, показали значения износостойкости в три раза выше

*Electronic address: eshpilevsky@rambler.ru

+Electronic address: gshilagardi@yahoo.com

#Electronic address: bogorsha@mail.ru

($I_n=2,5 \cdot 10^{-10}$) [2], чем для покрытий без фуллеренов, а значения коэффициента трения - на 30...40 % ниже. Апробация покрытия $Al_2O_3-C_{60}$ в конкретном изделии (пуансон пресс-формы пластмассовых изделий, Минский завод холодильников «Атлант») показала увеличение ресурса работы в 14 раз.

5. *Тензорезистивные элементы.* Используя тензоэлектрический эффект могут быть построены тензодатчики на металл-фуллереновых пленках. Металл-фуллереновые пленки имеют высокий коэффициент тензочувствительности (более 10, в то время как самый высокий для металлов - для платины он 1,6).

6. *Фотонные датчики.* Фуллерены обладают фотопроводимостью в диапазоне длин волн от 280 до 680 нм. Вероятность образования электрон-ионной пары при поглощении одного фотона составляет 0,9 [7]. На основе фуллереновых и металлических частиц можно создавать структуры двух типов: островковые (т.е. с изолированными включениями металла) и сетевые (т.е. с соединяющимися между собой включениями металла). Такие структуры с периодичностью, существенно меньшей длины волны электромагнитного излучения, ведут себя как фотонные кристаллы с запрещенной фотонной зоной.

7. *Сорбционные датчики.* Металл-фуллереновые пленки являются хорошими сорбентами. Наши исследования электрических свойств тонких пленок $Cu - C_{60}$ разного состава (изменялось соотношение числа атомов меди в расчете на одну молекулу фуллерена $N_{Cu}:N_{C_{60}}$) показали высокую чувствительность их электрического сопротивления к сорбции кислорода [3].

Образование фаз в металл-фуллереновых структурах [2] позволяет технологическими методами добиваться для них желаемых характеристик и высокой избирательности адсорбции. По этим параметрам видно, что фуллеренсодержащие материалы являются перспективными для сенсорных фотоэлектрических устройств.

Полученные изменения электрического сопротивления на десятки процентов указывают на хорошую перспективу для использования подобных структур в качестве сорбционных датчиков.

8. *Датчики силовых полей.* Внешние электрическое и магнитное поля, взаимодействуя с электронами металл-фуллереновой пленки изменяют её

электрические свойства [4]. Это позволяет использовать такие пленки в качестве датчиков не только для определения величин внешнего воздействия, но для фиксации положений, значений деформаций и др. Вкрапленные в металлическую матрицу фуллерены могут служить датчиками слабых электронных и электромагнитных потоков, деформаций, силовых полей, дополняя другие используемые материалы, расширяя диапазон возможных подходов и решений.

9. *Стимуляторы роста растений.* Ранее [8, 9] была создана методика выращивания нанокристаллов фуллеридов металлоценов методом спонтанной кристаллизации и обнаружено их свойство влиять на процессы жизнедеятельности. При инкрустации семян рапса и пустырника сердечного наноструктурированным фуллеридом ферроцена в результате неспецифического эндоцитоза клетками семян наночастиц биоактивного материала к 6-му дню онтогенеза наблюдается увеличение всхожести до 16,5 %. Кроме того, на 10% увеличивается длина проростков рапса при одинаковой длине корня у инкрустированных в сравнении с контрольными образцами.

10. *Оптические устройства.* При исследовании спектров пропускания сверхтонких слоев фуллерита золота, меди, серебра, олова $Au - C_{60}$, $Ag - C_{60}$, $C_{60} - Cu$ и $Sn - C_{60}$, в видимом и ближнем ИК диапазонах установлено, что спектральное положение и интенсивность полосы резонансного плазмонного поглощения зависят от параметров наноструктур, условий их получения и длительности хранения на воздухе [10].

Тип металла, долевые соотношения металлического и фуллеренового компонентов, размер наночастиц определяют спектральное положение максимума резонансного плазмонного поглощения, ширину и интенсивность поглощения. Варьирование толщиной наноструктур может позволить и при одинаковых долевых соотношениях компонентов получать дополнительные возможности по управлению характеристиками полос резонансного плазмонного поглощения, что обеспечивает создание оптических устройств с разным диапазоном характеристик.

Уникальные свойства фуллеренов и материалов их содержащие указывают на широкие возможности использования этих материалов в приборостроении, биомедицине,

оптоэлектронике, других областях хозяйственной деятельности.

- [1] П. А. Витязь, С. А. Жданок, Э Шпилевский, Вещества и материалы на основе углеродных наночастиц. //Фуллерены и фуллереноподобные структуры. Сб. науч. статей. Минск: Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, **3** (2005).
- [2] P. A. Vityaz, E. M. Shpilevsky, Fullerenes in matrices of different substances //Journal of Engineering Physics and Thermophysics, **780** (2012).
- [3] Э. М. Шпилевский Структура и физические свойства металл-фуллереновых тонких пленок. //Вакуумная наука и технология, **73** (2014).
- [4] Э. М. Шпилевский, Г. Г. Горох, М. Э. Шпилевский Функциональные покрытия, содержащие фуллерены. //Высокие технологии в промышленности России. Наноинженерия. Москва. МГТУ им. Н. Э. Баумана, **82** (2014).
- [5] В. П. Зорин, И. Е. Кравченко, Э. М. Шпилевский Модификация фуллереном C₆₀ процессов адгезии иммунных клеток на поверхности материалов. //Низкоразмерные системы. Вып. 4. – Гродно:ГрГУ, **50** (2005).
- [6] E. M. Shpilevsky, E. M. 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. **59** (2011).
- [7] O. Dmitrenko, O. Pavlenko, M. Kulish, E. Shpilevsky Component hybridization in thin granulated C₆₀-Cu nanocomposite films. Ukr. J. Phys **828** (2011).
- [8] A. G. Soldatov, E. M. Shpilevsky, A. L. Pushkarchuk, N. Pushkina, V. A. Goranov, V. I. Potkin Bioactivity of nanocrystals of C₆₀(FeCp₂)₂, C₆₀(NiCp₂)₂ and their derivatives. NANOMATERIALS: APPLICATIONS AND PROPERTIES. 101 (2013).
- [9] A. G. Soldatov, E. M. Shpilevsky, G. G. Gorokh New Bioactive Composition Nanomaterials Based on Fullerene Derivatives // Proceedings of International Conference Nanomeeting – 2013 Physics, chemistry and application of nanostructures, Reviews and Short Notes, Minsk, Belarus, **24** May (2013). Ed V. E. Borisenko, S. V. Gaponenko, V. S. Gurin, C. H. Kam, **400** (2013).
- [10] Э. М. Шпилевский, А. Д. Замковц Плазмонный резонанс в наноструктурах золото-фуллерен. Оптический журнал **18** (2008).

