

21. C. M. Lieber, Solid State Commun. 107, (1998) 607.
22. Y. N. Xia, P. D. Yang, Y. G. Sun, Y. Wu, N. Mayers, B. Gates, Y. Yin, F. Kim, and H. Yan, Adv. Mater. 15 (2003) 353.
23. A. I. Hochbaum, D. Gargas, Y. J. Hwang, and P. Yang, Nano Lett. 9, (2009) 3550.
24. D. Kumar, S. K. Srivastava, P. K. Singh, K. N. Sood, V. N. Singh, N. Dilawar, and M. Husain, J. Nanopart. Res. 12, (2010) 2267.
25. S. K. Srivastava, D. Kumar, P. K. Singh, M. Kar, V. Kumar, and M. Husain, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 94(2010) 1506.
26. K. Q. Peng, Y. J. Yan, S. P. Gao, and J. Zhu, Adv. Mater. 14, (2002) 1164.
27. T. Qiu, X. L. Wu, Y. F. Mei, G. J. Wan, P. K. Chu, and G. G. Siu, J. Cryst. Growth. 277 (2005) 143.
28. X. Zhong, Y. Qu, Y. C. Lin, L. Liao, and X. Duan, ACS Appl. Mater. Interfaces. 3 (2011) 261–270.
29. E. S. Kooij, K. Butter, and J. J. Kelly, Electrochem. Solid State Lett. 2, (1999) 178.
30. D. R. Turner, J. Electrochem. Soc. 107 (1960) 810.
31. Y. Qu, H. Zhou, and X. Duan, Nanoscale 3 (2011) 4060.
32. Peng KQ, Wang X, Lee ST. Appl. 2009. p. 243112

УДК 539.12.04+621.314.2+621.315.61

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА В ПОЛЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Искендерова З.И.,
Курбанов М.А.*

*Институт Радиационных Проблем Национальной АН Азербайджана
АЗ 1143, Баку, ул. Б.Вахабзаде, 9
E-mail: zenfira_iskenderova@mail.ru*

STUDY ON RADIATION RESISTANCE OF TRANSFORMER OIL UNDER IONIZING IRRADIATION

*Iskenderova Z.I.,
Gurbanov M.A.*

*Institute of Radiation Problems of National Science Academy of AR
AZ 1143, Baku, Azerbaijan, B.Vakhabzadeh str. 9
E-mail: zenfira_iskenderova@mail.ru*

В данной работе исследованы изменения физико-химических параметров, как удельное сопротивление, вязкость, плотность и образование газообразных продуктов H_2 , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , C_5H_{12} , C_6H_{14} в зависимости от поглощенной дозы в интервале (29,7–237,6) кГр. Установлено, что при воздействии γ -излучения на трансформаторное масло происходит изменения химического состава, что сопровождается изменением удельного сопротивления, вязкости и плотности масла. Степень превращения зависит от поглощенной дозы и растет с её ростом.

ABSTRACT

Changes of physico-chemical parameters, as specific resistance, viscosity, density and formation of gaseous products as H_2 , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , C_5H_{12} , C_6H_{14} on dependence of adsorbed doses was investigated. It was established, that the changes of chemical composition of oil leads to changes of specific resistance, viscosity, density. Degree of its conservation is increasing with adsorbed dose rising.

Ключевые слова: радиационная стойкость, трансформаторное масло, γ -излучения, радиационно-химические выходы, плотность, вязкость, удельное сопротивление

Keywords: radiation resistance, transformer oil, γ - radiation, radiation-chemical yields, density, viscosity, specific resistance

ВВЕДЕНИЕ

Силовые трансформаторы широко используются в энергетическом секторе, в частности в атомной энергетике. В последнем случае возникает необходимость изучения радиационной стойкости трансформаторного масла.

Проблемы, связанные с радиационной стойкости материалов электрических оборудований, возникающие в результате различных аварийных ситуации исследуются во многих работах, посвященных определению работоспособности различных узлов и агрегатов атомных электростанции [1]. Во-

просы особенно стало актуально после аварии Чернобыльской АЭС в 1986 год. После аварии Чернобыльской АЭС был идентифицирован ряд аварий с уровнем больше INES 4 (International Nuclear Events Scale) [2].

Находящиеся в Кавказском регионе Армянское АЭС периодически ремонтируются с целью устранения результатов аварийных ситуаций.

В работах [3, 4, 5] исследованы наиболее функционально значимые комплекующие материалы и электрооборудования - трансформаторное масло и электроизоляционный картон с целью определения возможного снижения надежности, в частности

трансформаторов в результате аварийных облучений. Эксперименты проводились на гамма-установке ГУ-200 при мощности дозы 0,25-9,4 Р/с и дозы от 10^4 до $2 \cdot 10^7$ Р. Использовалось масло марки ГК, которое содержало ~90% парафино-нафтеновых и ~10% ароматических углеводородов. Исследованы ИК-спектры необлученного и облученного масел дозами 10^6 и 10^7 Р. Кроме того, изучено изменение напряжения зажигания и электрической прочности масла от напряжения полных грозовых импульсов положительной и отрицательной полярности при разных дозах облучения. Результаты вышеприведенных работ показывают протекание разрушающих процессов, которые при дозах 10^6 и 10^7 Р приводят к изменению характеристик этих материалов.

Целью данной работы является изучение радиационной стойкости трансформаторного масла при воздействии γ – излучения. Исследованы изменения физико-химических параметров, как образование газообразных продуктов H_2 , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , C_5H_{12} , C_6H_{14} , плотности, вязкости и удельного сопротивления в зависимости от поглощенной дозы в интервале (29,7-237,6) кГр.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Облучение образцов масла проводилось под действием γ – излучения от изотопа ^{60}Co в статических условиях в стеклянных ампулах объемом 15мл, содержащих 5мл масла. Облучение проводилось при комнатной температуре. Мощность дозы определяли методом ферросульфатной дозиметрии, которая составляла 0,21 Гр/с.

Плотность трансформаторного масла определяли пикнометрическим методом по стандартной методике по ГОСТ 3900-85. Определение кинематической вязкости трансформаторского масла проводили по методике ГОСТ Р 53708-2009 при $50^{\circ}C$. Удельное сопротивление образцов трансформаторного масла измеряли согласно ГОСТ 6581-75. Анализ газообразных продуктов радиолитического трансформаторного масла проводили на газовом хроматографе марки Agilent Technologies -7890А с детекторами: FID- углеводороды, TCD –окисли углерода (CO , CO_2)

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1. приведены кинетические кривые образования H_2 , CH_4 , C_2H_4 и C_2H_6 в зависимости от поглощенной дозы.

Как видно, все кинетические кривые характеризуются индукционным периодом до поглощенной дозы 60кГр. После 60кГр повышение дозы приводит к резкому увеличению скорости образования этих продуктов. Наиболее высокая скорость наблюдается для образования H_2 . Последовательность значений скоростей наблюдается как $w(H_2) > w(CH_4) > w(C_2H_4) > w(C_2H_6)$. Индукционный период наблюдается также для образования углеводородов ΣC_3 , ΣC_4 . Более тяжелые продукты C_5 , C_6 образуются при больших дозах и идентифициру-

ются только при дозах ≥ 70 кГр, причем скорость образования углеводородов C_6 больше, чем скорость образования C_5 .

Кроме углеводородов наблюдается также, образование окислительных продуктов, как перекись водорода и двуокись углерода.

На рис.2. приведены кинетические кривые образования H_2O_2 и CO_2 в зависимости от поглощенной дозы.

Как видно, в обоих кривых наблюдаются максимумы концентраций при дозах 20-30кГр. Дальнейший рост дозы приводит к уменьшению их концентрации. Скорость образования и максимальные концентрации намного больше для перекиси водорода (~5-6 раза). Радиационно-химические выходы образования H_2O_2 и CO_2 , равны соответственно 3,6 и 0,18 молек/100эВ.

Полученные результаты показывают на деградации трансформаторного масла в изученном интервале поглощенной дозы.

Естественно предположить, что эти изменения будут приводить к изменению других физико-химических величин. В таблице приведены значения плотности и вязкости отработанного трансформаторного масла, облученного при дозах 29,7-237,6кГр.

Как видно из таблицы, плотность масла уменьшается с повышением дозы от 0,86г/см³ до 0,6г/см³ при 60кГр, а затем остается постоянной в интервале 60-237кГр.

Зависимость вязкости от поглощенной дозы носит легко экстремальный характер: с повышением дозы вязкость увеличивается, но при дозах больше 30кГр наблюдается падение значения от 6,2 до 5,7мм²/сек.

С повышением дозы наблюдается также уменьшение удельного сопротивления и соответственно увеличение электропроводности, что может быть связано с протеканием процессов деградации и образования окислительных продуктов и продуктов с относительно высокой подвижностью (рис. 3).

Как видно, с повышением температуры удельное сопротивление масла уменьшается.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Трансформаторное масло имеет сложный углеводородный состав, и содержит следующие основные компоненты: парафины 10-15%, нафтены или циклопарафины 60-70%, ароматические углеводороды 15-20%, асфальто-смолистые вещества 1-2%, сернистые соединения <1%, азотистые соединения <0,8%, нафтеновые кислоты <0,02%, антиокислительная присадка (ионол) <0,2-0,5% [7].

При облучении трансформаторного масла, энергия ионизирующего излучения поглощается пропорционально электронной доли каждого компонента. Поскольку основными компонентами масла являются алканы, циклоалканы и ароматические углеводороды, энергия непосредственно поглощается молекулами этих соединений.

При радиолизе такой сложной системы, из-за возможности передачи энергии электронного возбуждения и заряда изменяется спектры и выходы продуктов радиолиза. Молекулы гексана (алканы), циклогексана, (циклоалканы) и бензола (ароматические углеводороды) имеют потенциал ионизации, соответственно 10,4; 9,9 и 9,2эВ [6]. Сравнение потенциала ионизации показывает о возможности передачи заряда от «материнских» ионов гексана и циклогексана к молекулам бензола. Молекулы бензола эффективно захватывают атомы водорода и углеводородных радикалов. Кроме того, возможно передача электронного возбуждения от молекул алканов и циклоалканов к молекулам бензола, поскольку они имеют более высокоэнергетического электронные состояния, например, энергия синглетного состояния молекул гексана составляет 9,13 и 9,84эВ. Протекающие химические процессы

приводят к образованию газов и продуктов окисления. Образование перекиси водорода, связано с наличием растворенного кислорода в масле. Согласно [8], при растворении воздуха в масле соотношение между входящими в состав воздуха газами изменяется. Так, воздух содержит по объему азота и кислорода соответственно 78 и 21 %, а если он растворен в масле, то содержит по объему азота 69,8 и кислорода 30,2%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали эффективное образование газообразных продуктов и продуктов окисления (H_2O_2) при воздействии радиации на трансформаторное масло. Кроме того, влияние облучения приводит к уменьшению плотности масла. В условиях экспериментов обнаружено слабое уменьшение удельного сопротивления увеличение электропроводности.

ОПТИЧЕСКИЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $EuIn_2Te_4$ И ТВЕРДОГО РАСТВОРА $(EuTe)_x(In_2Te_3)_{1-x}$

Гусейнова Гумай Алескер,
доцент

Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан
Байрамлы Фидан Зияфат,
магистр

Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан
Ильяслы Теймур Маммад,
проф.

Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан
email: teymur.ilyasl@mail.ru

Исмаилов Закир Ислам
доцент

Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан
email: zakir-51@mail.ru

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2018.1.56.59-61](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2018.1.56.59-61)

АННОТАЦИЯ: Изучено спектральное распределение фотопроводимости ромбических монокристаллов β - $EuIn_2Te_4$. Было выявлено, что удельное сопротивление монокристаллов при комнатной температуре составляет 10^5 Ом · см. С уменьшением температуры (80 К) удельное сопротивление увеличивается. β - $EuIn_2Te_4$ имеет низкую фоточувствительность и высокую темновую проводимость при комнатной температуре. Уменьшение температуры до 80 К приводит к увеличению фоточувствительности ($J_T / J_{CB} = 10^3$) при 500 лк. Энергия, определенная из наклона температурной зависимости электропроводности для твердых растворов $(In_2Te_3)_{0,99}(EuTe)_{0,01}$ хорошо согласуется с значениями, найденными из спектра фотопроводимости. Это означает, что рост электропроводности с температурой соответствует области собственной проводимости.

Ключевые слова: фоточувствительность, проводимость, электропроводность, температура, спектр.

Интерес, проявляемый к полупроводникам вызван главным образом тем, что варьируя химическим и примесным составом представляется возможным в широких пределах управлять их электрическими, фотоэлектрическими и оптическими свойствами. Электропроводимость полупроводников такого класса может изменяться от проводимости изолятора. Спектральная область фоточувствительности, люминесценции и лазерного излучения претерпевает изменения от ультрафиолетового до среднего инфракрасного диапазона [1-3].

Создание новых материалов с практически важными характеристиками, удовлетворяющими

нужды современной техники, являются одной из важнейших задач, стоящих перед химией полупроводников.

Большие возможности в этом направлении открывает физико-химический анализ полупроводниковых систем с построением диаграмм состав-свойства, что позволяет выбрать оптимальный состав сплавов с требуемыми параметрами и варьировать их значения.

Исследование соединений $A^{III}B^{VI}$ и $A_2^{III}B_3^{VI}$, легированных РЗЭ, вызывает интерес в связи с использованием их в фотооптических преобразователях.