

Кроме того, двухпоточная модель позволяет проследить динамику взаимодействия двух потоков в процессе перемагничивания ферромагнитного тела. В работе [4] проведен анализ изменения намагниченности материала в поверхностном слое ферромагнитного тела с учетом различных магнитных гистерезисов: гистерезис материала – для внутреннего потока, гистерезис тела – для потока Φ_p (рис. 2). На рисунке изображены начальные кривые намагничивания $M(I_{0m})$ и нисходящие ветви $M(I_{m0})$ гистерезиса намагни-

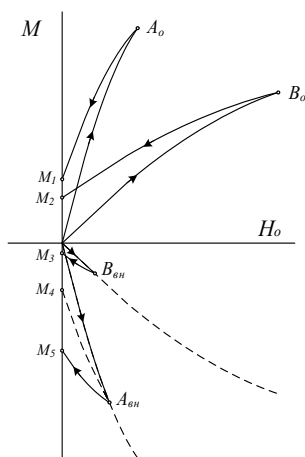


Рисунок 2 – Схема перемагничивания поверхностного слоя магнитомягкой (1 и 4) и магнитожесткой (2 и 3) сталей

ченности материала магнитомягких и магнитожестких сталей. Все нисходящие ветви по абсолютному значению $|M(I_{m0})|$ расположены выше

начальных кривых $|M(I_{0m})|$, что соответствует обычному перемагничиванию ферромагнетика. Сложение значений намагниченности по соответствующим ветвям гистерезисов при одинаковых токах дают две указанные выше формы гистерезиса перемагничивания поверхностного слоя магнитомягких и магнитожестких сталей.

Таким образом, можно считать, что двухпоточная модель по рис.1, объясняющая необъясненные ранее экспериментальные результаты, соответствует реальным процессам намагничивания и перемагничивания ферромагнитных тел. В связи с этим проблема точности определения намагниченности материала в объеме ферромагнитных тел требует учета внутреннего магнитного потока Φ_p , который не регистрируется внешними измерителями.

Литература

- 1.Томилов, Г.С. Исследование распределения индукции в массивных стальных изделиях при локальном намагничивании их при помощи приставных электромагнитов. – Дефектоскопия, 1966, № 3. – С. 77–85.
- 2.Гусев, А.П. Модели магнитных зарядов и потоков в задаче дефектоскопии с локальным намагничиванием. / А.П. Гусев // Дефектоскопия. – 2014. – № 6. – С. 46–53
- 3.Чернышев, А.В., Зацепин, Н.Н., Гусак, Н.О., Шевкунов, В.И. Магнитное поле в полости поверхностной щели при намагничивании образца в разомкнутой магнитной цепи. Дефектоскопия, 1986. – №1. – С. 13–17.
- 4.Гусев, А.П. Гистерезис магнитного поля поверхностных дефектов различных сталей при намагничивании приставным электромагнитом / А.П. Гусев // Дефектоскопия. – 2015. – № 10. – С. 24–32.

УДК 615.837.3

ОДНОКРИСТАЛЛЬНАЯ МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АППАРАТА МАГНИТОУЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТЕРАПИИ

Гомбалевский П.Д., Дедович Н.Н., Романов А.Ф.

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н.Севченко» Белорусского государственного университета
Минск, Республика Беларусь

Построение современной аппаратуры в большинстве случаев предполагает применение микропроцессорных систем. Главная особенность микропроцессора – возможность программирования логики работы аппаратуры. Микропроцессоры используются для управления процессом измерения и обработки результатов измерения с последующим формированием управляющих сигналов для модулей обеспечивающих функциональные требования аппаратуры. При разработке аппарата для магнитоультразвуковой терапии [1] потребовалось решить вопрос выбора микропроцессорной системы для реализации устройства управления (рисунок 1).

Часть узлов аппарата реализована на базе программируемой логической схемы (ПЛИС).

Процессор Nios II, представленный компанией Altera– это программная 32-разрядная микропроцессорная система, которая полностью реализована с использованием только логического синтеза и оптимизирована для реализации в ПЛИС. Применение Nios II в качестве устройства управления позволяет снизить количество элементов, требуемых для построения аппарата. Достоинствами такого решения перед обычными микропроцессорами состоят в том, что в любой момент можно реконфигурировать ядро, добавляя или удаляя нужные элементы без изменения аппаратной части, а количество ядер на кристалле ограничено только ресурсами выбранной ПЛИС.

Основные характеристики процессорного ядра Nios II/f:

- более 2-х гигабайт адресного пространства (поддержка памяти на кристалле и внешней памяти);
- отдельный кэш инструкций и кэш данных;
- аппаратное выполнение умножения и деления;
- 6-ти стадийный конвейер;
- поддержка исключений;
- система защиты памяти;
- выполнение операции умножения и сдвига за один такт;
- динамическое предсказание ветвлений;
- использование до 256 пользовательских инструкций;
- широкие возможности отладки через JTAG модуль;
- реализация требует 1400-1800 логических элементов ПЛИС и включает 3 блока памяти М4К, плюс блоки для кэш памяти;
- производительность процессора 51 миллион операций в секунду (51 DMIPS) на частоте 50 МГц;
- загружаемая RISC архитектура с перестраиваемой конфигурацией имеет возможность встраивания операционных систем MicroC/OS-II (Micrium), uCLinux и NucleusPlus (ATI/Mentor).

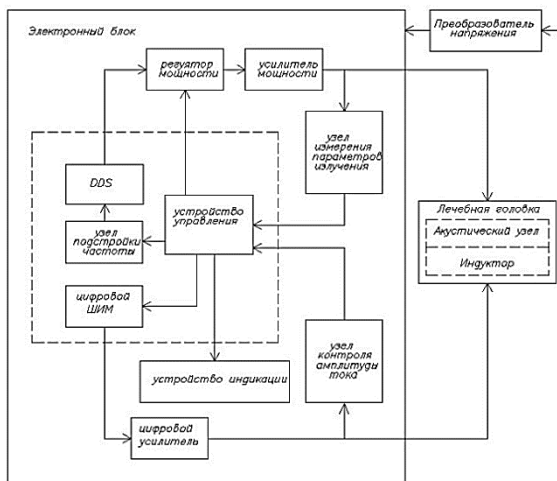


Рисунок 1 – Блок-схема аппарата для магнитоультразвуковой терапии

Процессор NiosII и интерфейсы для сопряжения с периферийными компонентами системы связаны в кристалле ПЛИС с помощью синхронной шины Avalon (рисунок 2).

Процессор построен по архитектуре RISC (арифметические и логические операции выполняются над операндами, находящимися в регистрах общего назначения), имеет 32-х разрядные шины данных и адреса, 32 регистра общего назначения

и 32 источника внешних прерываний. Машинное слово процессора NiosII имеет ширину 32 бита, такой же размер имеют его регистры. Для адресации байтов в слове используется little-endian стиль, при котором менее значимые байты расположены по меньшим адресам в памяти. NiosII имеет гарвардскую архитектуру (раздельные шины для данных и команд) и может функционировать в следующих режимах:

– Режим супервизора. В этом режиме процессору разрешается выполнять все инструкции и осуществлять любые функции. Процессор переключается в этот режим после поступления сигнала сброса.

– Режим пользователя. Целью данного режима является предотвращение выполнения определенных инструкций системного назначения. Переключение в этот режим становится возможным лишь при наличии модуля управления памятью или модуля защиты памяти.

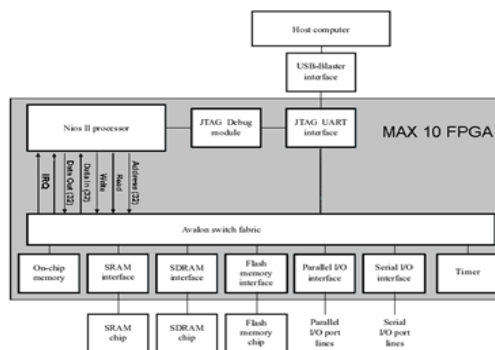


Рисунок 2 – Пример архитектуры процессорного ядра с Nios II

Процесс построения и отладки вычислительных систем, реализованных внутри кристалла ПЛИС, и программных приложений, предназначенных для созданных систем, подробно описан компанией Altera [2] и также существуют русскоязычные источники [3, 4].

При разработке аппарата для магнитоультразвуковой терапии узлы формирующие сигналы для лечебной головки и микропроцессорная система реализованы на одном кристалле MAX 10M50DAF484C6GES. Внешними являются только узлы согласования сигналов с лечебной головкой по мощности и измерительные узлы, формирующие сигналы о состоянии лечебной головки для устройства управления. В результате синтеза ядро процессора потребовало менее 10 % ресурсов ПЛИС. Микропроцессорная система обеспечивает интерфейс с пользователем для индикации состояния лечебной процедуры и упрощает управление режимами работы, повышая функциональность аппарата. Большие вычислительные возможности Nios II позволяют

использовать процессор для обработки измеренных сигналов, характеризующих магнитное и ультра-звуковое излучение. Цифровая фильтрация измеренных сигналов обеспечивает стабильное излучение при изменении нагрузки в ходе лечебной процедуры и уменьшает влияние случайных погрешностей. Процессор дает возможность реализовать пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор с целью получения точной и быстрой подстройки генерируемых сигналов и в результате повышает эффективность преобразования электрических сигналов в излучение.

Несомненно, применение ПЛИС снижает стоимость разработки и модернизации аппаратуры,

требует меньшее количество элементов и увеличивает функциональность аппаратуры.

Литература

1. Дедович Н.Н. Разработка аппарата для магнитоультразвуковой терапии / Н.Н. Дедович, А.Ф. Романов // Материалы 11-й МНТК «Приборостроение – 2018», Минск, 2018.
2. https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/hb/nios2/edh_ed_handbook.pdf
3. Н.В. Ефремов, А.А. Бородин. Инструментальные средства проектирования и отладки систем на программируемых кристаллах компании Altera: уч. пособ. – М.: Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана.
4. http://www.naliwator.narod.ru/nios_II.html

УДК 666.76

СИНТЕЗ КЕРАМИЧЕСКИХ ТЕРМОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ В ОБЛАСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗИСТОГО КОРДИЕРИТА

Дятлова Е.М.¹, Сергиевич О.А.¹, Колонтаева Т.В.², Тимошенко Н.В.¹

¹Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Введение. В области развития технической керамики актуальной является проблема создания высокотермостойких и износостойких керамических материалов, которые могут использоваться в машиностроительной, электронной, химической, легкой и других отраслях промышленности. Промышленное производство такого рода материалов в настоящее время в республике отсутствует, а изготавливаемые отдельными предприятиями изделия из термостойкой и износостойкой керамики уступают по своим эксплуатационным и экономическим характеристикам зарубежным аналогам. При синтезе высокотермостойкой керамики используют малорасширяющиеся фазы, дополняя их другими структурными составляющими для регулирования критериев термостойкости [1, 2].

Система $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ не представляет особого интереса для получения огнеупорных материалов в связи с содержанием легкоплавких эвтектик, однако она может быть взята за основу для синтеза термостойких материалов технического назначения с повышенными показателями прочности и износостойкости. Сведения о данной системе и ее особенностях, заключающихся в образовании малорасширяющейся фазы феррокордиерита, а также о синтезе керамических материалов с низким ТКЛР ($1,8\text{--}2,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) довольно ограничены и представлены в работах [3, 4]. Феррокордиерит образуется при более низких температурах по сравнению с обычным магниевым кордиеритом, что представляет особый интерес к изучению данной системы. Выявлено, что оксид железа принимает активное участие в процессах спекания и формирования железосодержащих

кристаллических фаз (герцинит – $\text{FeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, феррокордиерит – $2\text{FeO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ и магнетит – Fe_3O_4), образуя при этом маловязкие расплавы.

Целью данной работы является проведение исследований в области синтеза керамических материалов технического назначения на основе системы $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, что позволит в некоторой степени нивелировать недостатки традиционной кордиеритовой керамики. Основными задачами исследования являются синтез образцов керамических материалов в системе $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, исследование их физико-химических и термомеханических характеристик, установление влияния температуры синтеза и количества исходных компонентов на свойства образцов, исследование поведения массы при нагревании, особенностей фазообразования и формирования структуры опытных образцов оптимального состава.

Методология. Керамическая масса готовилась сухим способом путем совместного измельчения определённого количества исходных сырьевых компонентов в планетарной мельнице марки РМ 100 фирмы Netzsch (Германия) в течение 10 мин при скорости вращения барабана 250 об/мин. с последующим магнитным обогащением. Пресс-порошок влажностью 8–10 % с использованием в качестве связки воды или полуводной дисперсии клея поливинилацетата (ПВА) протирался через сито № 05. Прессование лабораторных образцов (цилиндров $\varnothing 20$ мм и высотой 20 мм, дисков $\varnothing 16$ мм и высотой 5–10 мм, плиток $(50 \times 50 \times 5)$ мм и балочек $(50 \times 8 \times 8)$ мм) осуществлялось на гидравлическом прессе ПСУ–50 при давлении 30–40 МПа. Образцы сушились при