

Н. В. Волков, С. А. Трофимов, В. С. Цикалов, Е. В. Еремин, О. А. Масленников

ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭПР-МАГНИТОМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ: НОВЫЕ РЕШЕНИЯ*

Разработана конструкция компактного высокочувствительного магнитометра для измерения геомагнитного поля Земли и его вариаций. В магнитометре применены новые технические решения, улучшающие его характеристики по сравнению с приборами предыдущего поколения. Приведено описание конструкции магнитометра, основных электронных блоков прибора, программного обеспечения. Приводятся результаты испытаний опытного экземпляра прибора, его основные характеристики.

Ключевые слова: ЭПР-магнитометр, измерение слабых магнитных полей.

Магнитометрическая аппаратура, предназначенная для измерения слабых магнитных полей с точностью до единиц нанотесла (нТл) и выше, имеет очень широкий круг применений в различных областях науки и техники [1]. Первоначально измерители слабых магнитных полей предназначались для исследования магнитного поля Земли в интересах науки о земном магнетизме и изучения геологических особенностей земной коры. Первые исследования сделали очевидным тот факт, что измерители слабых магнитных полей могут оказаться полезными для геологических целей поиска минеральных ресурсов. И действительно, магнитометрическая аппаратура в сочетании со специально разработанными методиками широко используется в геологоразведке для целей поиска полезных ископаемых как на земле, так и на море. Однако этим не ограничивается применение измерителей слабых магнитных полей. Перечислим еще некоторые области, где магнитометрическая аппаратура уже интенсивно и успешно применяется или имеет благоприятные перспективы практического применения. Весьма актуальными являются работы, связанные с возможностью прогнозировать землетрясения по характерному поведению магнитного поля Земли. Успешно разрабатывались и изготавливались трехкомпонентные магнитометры для систем стабилизации и ориентации космических аппаратов. Велись и ведутся работы по военной геофизике, связанные с обнаружением ядерных взрывов в любой точке земного шара, измерениями магнитных полей в Мировом океане в целях картосоставления, в интересах автономной навигации подводных лодок в подводном положении, поиска на дне морей затонувших кораблей и других объектов военной техники, обеспечения использования оружия и других технических средств. Есть интерес к возможности использования высокочувствительных магнитометров в качестве антенн для связи на сверхдлинных волнах.

Таким образом, создание и применение магнитометрической аппаратуры для исследования слабых магнитных полей является весьма актуальной задачей. В данной работе описана конструкция трехкомпонентного магнитометра слабых магнитных полей, работающего на принципах электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Внимание уделено главным образом обсуждению новых

решений, примененных при разработке магнитометра, которые позволили существенно улучшить основные характеристики прибора. Конечно, нужно отметить, что магнитометры, работающие на принципах ЭПР, создавались и ранее, но многие проблемы оказывались тогда не решенными до конца. Среди них назовем проблему температурной нестабильности; проблему невысокой чувствительности, определяемой выбором рабочего вещества датчика; проблему несовершенства элементной базы, не позволявшей реализовать необходимые схемные решения; проблему отсутствия компактного блока сбора, обработки и индикации результатов измерений. Цель данной работы – попытаться решить по крайней мере часть этих проблем и создать магнитометр с приемлемыми характеристиками, простой в обращении и с невысокой стоимостью.

Принцип работы и основные элементы ЭПР-магнитометра. Электронный парамагнитный резонанс – переход электронов под действием электромагнитного излучения между электронными зеемановскими подуровнями, расщепленными во внешнем магнитном поле. Энергия радиочастотного поля поглощается электроном, и происходит перераспределение населенностей уровней в сторону их выравнивания. Резонансная частота (Гц) для свободного электрона

$$\omega = g\mu_B H / \hbar = 2,8 \cdot 10^6 \cdot H,$$

где g – фактор спектроскопического расщепления; μ_B – магнетон Бора; \hbar – постоянная Планка. ЭПР наблюдается в веществах, содержащих неспаренные электроны. Поглощение энергии при резонансе можно обнаружить с помощью соответствующих индикаторов. Поглощение, как функция медленно меняющегося поля H , представляет собой резонансную кривую с максимумом при $\omega = \omega_0$. Ширина линии ЭПР обусловлена внутренними взаимодействиями и является важной характеристикой вещества. Хорошо известно, что условия, в которых наблюдение электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) наиболее благоприятно – магнитное поле $H \sim 3$ кЭ и частота электромагнитного излучения $\omega/2\pi \sim 9$ ГГц. При уменьшении внешнего магнитного поля уменьшается расщепление зеемановских уровней энергии электрона

*Работа выполнена при финансовой поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» (доп. соглашение № 01/10 от 01 июня 2010 г.).

и снижается отношение их заселенностей. Это ведет к снижению уровня сигнала ЭПР. В полях, близких к земному полю, условия для наблюдения резонанса ухудшаются в этом отношении примерно на три порядка. Это требует значительного увеличения чувствительности аппаратуры, увеличения объема образца или концентрации парамагнитных центров в образце.

Детальный анализ возможных подходов к построению ЭПР-магнитометров показывает, что наиболее предпочтительным вариантом решения задачи является использование компенсационного метода измерения, суть которого заключается в следующем. Линия поглощения магнитного резонанса есть четная функция поля, т. е. знак кривой поглощения не меняется при изменении знака магнитного поля. Если образец, дающий сигналы ЭПР, поместить в переменное (например, синусоидальное) магнитное поле, то в отсутствие постоянной составляющей сигналы ЭПР, получаемые на выходе датчика (автодинного детектора), будут содержать только четные гармоники основной частоты модуляции переменного поля, а составляющих частоты в спектре сигнала не будет. В присутствии слабого постоянного внешнего поля, например, поля Земли, симметрия кривой поглощения нарушается и сигнал будет содержать составляющую частоты (первую гармонику). При использовании фазового (синхронного) детектирования на частоте $f_{\text{мод}}$ на выходе синхронного детектора появляется напряжение, пропорциональное напряженности внешнего магнитного поля, а его знак определяется знаком (относительно нулевого) внешнего магнитного поля. Это напряжение после соответствующего усиления подается на ту же катушку, которая создает переменное магнитное поле в месте расположения образца. Знак поля, получаемого за счет напряжения на выходе синхронного детектора, противоположен знаку внешнего слабого магнитного поля. Таким образом, с помощью такой обратной связи постоянная (или медленно меняющаяся) составляющая магнитного поля в районе образца сводится к нулю. Компенсирующий ток $I_{\text{комп}}$, текущий через катушку, с большой степенью точности пропорционален напряженности внешнего магнитного поля.

Функциональная схема магнитометра (рис. 1) выполнена по традиционной для радиоспектроскопии модуляционной схеме. В ее состав входит генератор слабых колебаний, выполненный по схеме Гопкинса. Частота генератора выбиралась исходя из параметров рабочего вещества, и составляет 8,4 МГц. Радиочастотная катушка генератора $L1$ с рабочим веществом размещена внутри цилиндра, образованного катушкой $L2$, с помощью которой поле на образце модулируется звуковой частотой $f_{\text{мод}}$ порядка 1 кГц. При возникновении резонанса часть энергии контура поглощается веществом и на выходе генератора возникает амплитудная модуляция ВЧ несущей.

С выхода генератора модулированное напряжение поступает на амплитудный детектор, где происходит выделение огибающей, в амплитуде и фазе которой заключена информация о полезном сигнале. Этот сигнал, имеющий частоту, кратную частоте модуляции, усиливается предварительным усилителем, а затем, для улучшения отношения сигнал/шум, селективным усилителем, настроенным на первую гармонику сигнала ЭПР. Одновременно в этом усилителе происходит и подавление второй гармоники, поскольку она не несет полезной информации.

Выделенная первая гармоника сигнала ЭПР поступает на синхронный детектор, на выходе которого формируется первая производная сигнала ЭПР. Форма этой производной подобна дискриминационной характеристике, формируемой в цепях фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и, для следящей обратной связи, является напряжением ошибки или рассогласования. Это напряжение усиливается усилителем постоянного тока и поступает на регулятор, который в простейшем случае может быть интегратором. Назначение регулятора в замкнутой петле обратной связи – обеспечить нулевую (или очень близкую к нулю) ошибку рассогласования во всем динамическом диапазоне измеряемых полей и, кроме того, большой запас фазовой устойчивости и большую скорость отслеживания.

С выхода регулятора напряжение поступает в суммирующий усилитель, выход которого соединен с компенсирующей цилиндрической катушкой $L2$. Током, протекающим в этой катушке, создается постоянное магнит-

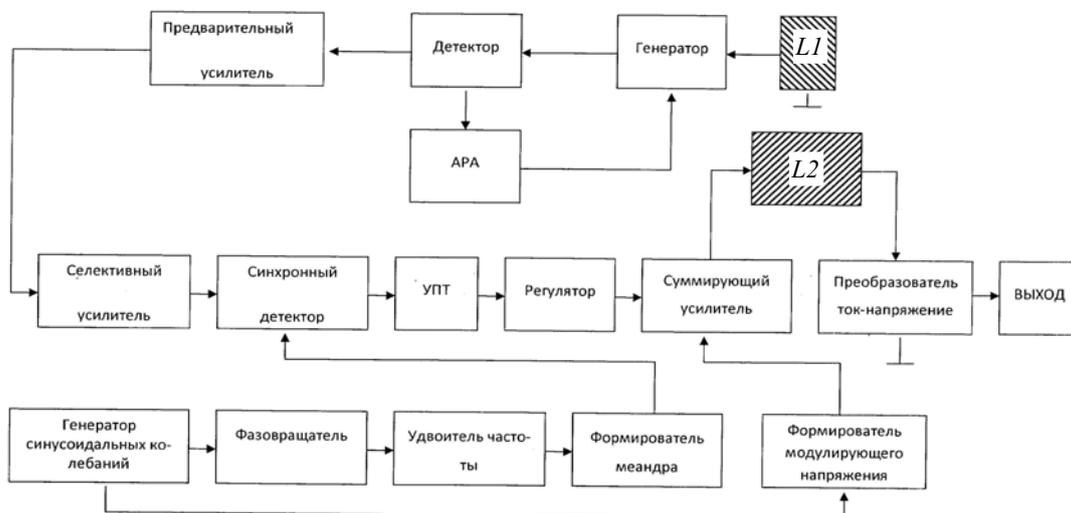


Рис. 1. Функциональная схема однокомпонентного магнитометра

ное поле, равное по величине и обратное по направлению той части измеряемого магнитного поля, которая совпадает с осью катушки. Измеряя ток, протекающий через катушку L_2 , можно определить модуль измеряемой компоненты поля и ее знак (направление).

Более удобно измерять не ток, а напряжение. Поэтому ток, протекающий через катушку L_2 , преобразуется в напряжение с помощью преобразователя ток-напряжение. Напряжение с выхода преобразователя, прокалиброванное в единицах поля, например нТл, можно регистрировать, переведя в цифровой код с помощью компьютера.

Формирование управляющего напряжения для синхронного детектора осуществляется в формирователе опорных напряжений, в состав которого входит задающий генератор синусоидального напряжения, стабилизированный по амплитуде; фазовращатель, представляющий из себя все пропускающий фильтр с постоянным временем задержки; удвоитель частоты; формирователь меандра для управления синхронным детектором. С выхода формирователя прямоугольные импульсы с частотой следования 1 кГц и скважностью два поступают на управляющий вход синхронного детектора. Напряжение генератора через усилитель поступает на суммирующий усилитель и в катушке L_2 создается переменное модулирующее поле. Амплитуда модулирующего поля определяется частотой генератора, шириной линии ЭПР и подбирается таким образом, чтобы форма дискриминационной характеристики в центральной области не имела перегибов.

Наличие фазовращателя позволяет довольно точно подобрать фазовые соотношения между первой гармоникой сигнала ЭПР и опорным напряжением синхронного детектора.

Для компенсации температурной нестабильности автоточного детектора введена схема автоматической регулировки амплитуды (АРА), сигналом управления для которой служит постоянная составляющая с амплитудного детектора, которая пропорциональна уровню ВЧ-несущей. Эффективность схемы такова, что обеспечивает постоянный уровень сигнала ЭПР во всем диапазоне рабочих температур.

Принципиальная электрическая схема однокомпонентного магнитометра приведена на рис. 2.

Для реализации электрической схемы была подобрана современная элементная база. С учетом элементной базы разработана печатная плата, позволяющая сделать электронный блок прибора весьма компактным. Конструктивно электронный блок, предназначенный для работы измерителя одной из компонент поля, вместе с ЭПР-датчиком магнитного поля помещается в цилиндрический корпус со следующими размерами: диаметр – 30 мм, длина – 200 мм.

Трехкомпонентный ЭПР-магнитометр, как и однокомпонентный, также основан на компенсационном методе и позволяет измерять три взаимно ортогональных компоненты геомагнитного поля. По сути, трехкомпонентный магнитометр состоит из трех взаимно ортогональных однокомпонентных магнитометров, независимых друг от друга и измеряющих каждый свою компоненту. Полученные данные от каждого из трех однокомпонентных блоков преобразуются в цифровой формат и поступают в компьютер, где данные обрабатываются и размещаются на карте памяти. Полная блок-схема магнитометра показана на рис. 3. Три датчика с электронными блоками (Δx , Δy и Δz) для независимого измерения трех про-

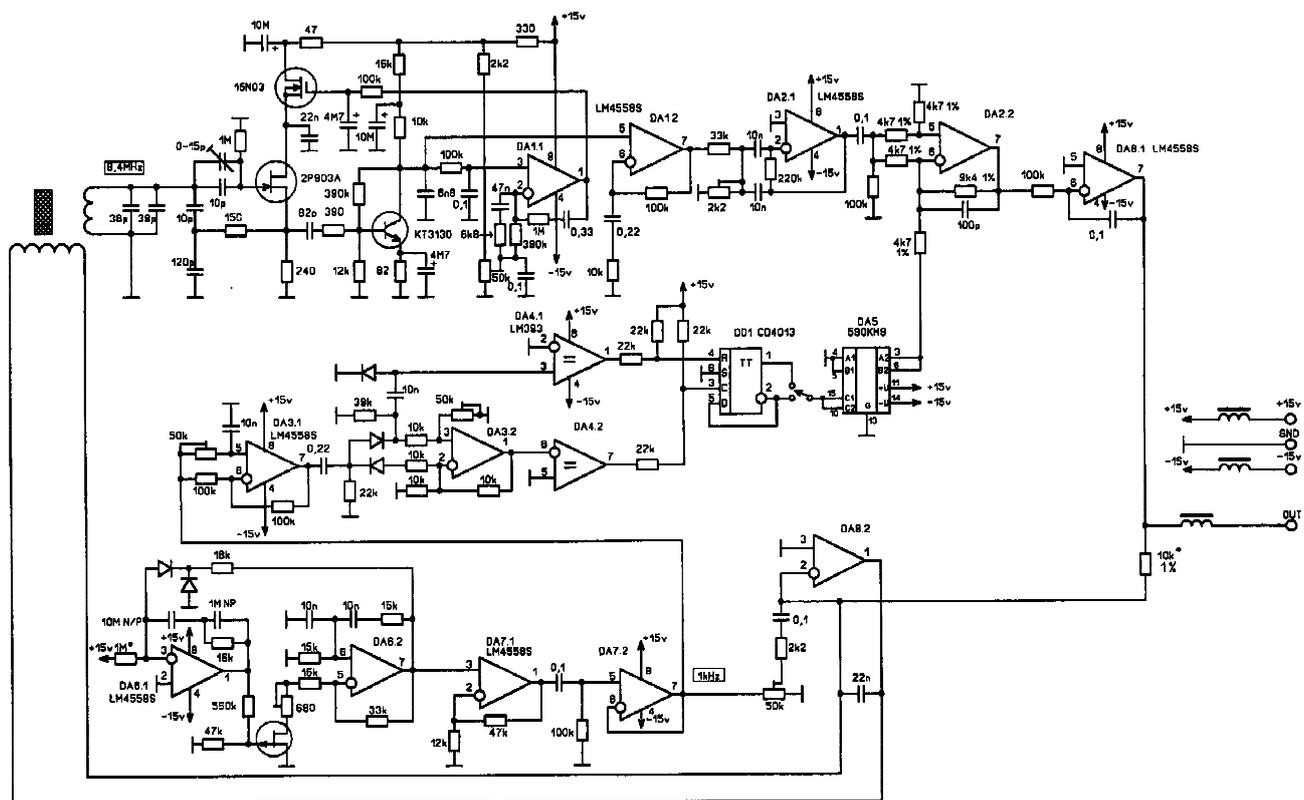


Рис. 2. Принципиальная схема однокомпонентного магнитометра

странственных координат (X, Y, Z) магнитного поля соединены с модулем сбора данных (АЦП–ЦАП) и управления электронными блоками. Этот модуль также соединяется с персональным компьютером (PC), куда поступают данные от датчиков магнитного поля для обработки и хранения. Компьютер также обеспечивает необходимое управление электронными блоками и наглядное представление результатов измерений. К компьютеру дополнительно присоединяется специализированная плата GPS приемника, это сделано для привязки измерений геомагнитного поля по времени и координате нахождения магнитометра. Все питание магнитометра осуществляется от аккумуляторной батареи 12 В (БП).

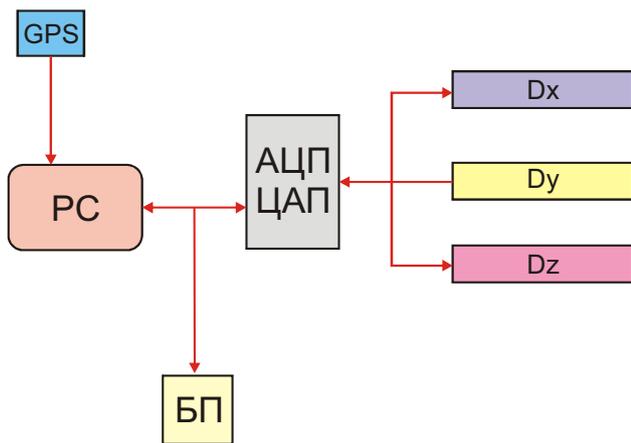


Рис. 3. Блок-схема трехкомпонентного магнитометра

Рабочее вещество магнитометра: выбор, технология получения, основные свойства. Достижимая в ЭПР-магнитометрах чувствительность зависит от многих параметров, но решающую роль здесь играет выбор рабочего вещества датчика магнитометра. Прежде всего рабочее вещество должно иметь максимально узкую линию ЭПР-поглощения. Кроме того, необходима временная и температурная стабильность параметров материала. Эти требования являются нетривиальными, но именно они определяют одну из основных характеристик датчика – его чувствительность, а, следовательно, и чувствительность всего магнитометра.

До настоящего времени наиболее распространенными материалами для использования в качестве рабочего вещества датчика являлись органические вещества, в которых сигнал ЭПР обеспечивался радикалами. Хорошо известное вещество – диметилпикрилгидрозил (ДФПГ), с шириной линии магнитного резонанса $\Delta H \sim 1$ Гс ($\nu \sim 9$ ГГц). N-карбазилпикрилизота имеет еще меньшую ширину линии магнитного резонанса: ΔH этого материала находится в пределах $\sim 0,5$ Гс. Были попытки использовать в качестве рабочего вещества катионрадикалы гексафторфосфата флуорантена (Fl_2PF_6), ширина линии которого в порошке может достигать 0,1 Гс. К недостаткам использования радикалов в качестве рабочего вещества следует отнести трудности, связанные с технологией. Ширина линии сильно зависит от чистоты используемых при синтезе исходных веществ. Химическая очистка этих веществ, как и конечного продукта, является достаточно сложной и не решенной до конца задачей. Необходимо

предъявлять особые требования к условиям хранения и эксплуатации радикалов. Так, например, при хранении Fl_2PF_6 на воздухе при комнатной температуре интенсивность линии ЭПР этого вещества уменьшается на порядок. Конечно, такая нестабильность неприемлема для материалов, которые будут использоваться в качестве датчиков высокочувствительного магнитометра.

Рассматривая различные семейства материалов для рабочего вещества датчика, мы остановили свой выбор на материале LiF. Сам монокристалл LiF является диамагнитной матрицей, а сигнал ЭПР связан с микроскопическими включениями металлического Li. Металлические частицы в кристалле можно получить при облучении кристалла высокой дозой нейтронной радиации $10^{19} \dots 10^{20} \text{ n/cm}^2$ (с последующим тепловым отжигом и закалкой в жидком азоте) [2]. Обоснуем свой выбор материала для датчика:

- узкая, одиночная, лоренцевской формы линия парамагнитного поглощения с шириной $\Delta H \sim 0,03 \dots 0,09$ Гс, в зависимости от размера частиц металла (0,6...1,0 мкм);
- ширина линии не зависит от температуры;
- g-фактор линии поглощения, который определяет величину резонансного магнитного поля, равен $2,002\ 288 \pm 0,000\ 004$, и, что принципиально, является изотропным и температурно-независимым;
- поскольку металлический Li является паулиевским парамагнетиком, его магнитная восприимчивость в широком температурном диапазоне, где предполагается использовать магнитометры, не зависит от температуры; это означает, что и интенсивность линии ЭПР не будет изменяться с температурой;

– частицы Li являются высокочистыми, а сама матрица LiF защищает их от влияния внешней среды, что обеспечивает стабильность параметров спектра ЭПР материала.

Получение крупных монокристаллов LiF, однородных по объему, сопряжено с определенными трудностями. Речь здесь идет о возможности возникновения кристаллографических дефектов и центров окраски (типа F-центров) при неоптимальном выборе технологии. Качественные монокристаллы LiF были выращены в ИГХ СО РАН по оригинальной технологии [3] и переданы разработчикам магнитометра. Из полученных объемных монокристаллов изготавливались образцы цилиндрической формы диаметром 8 мм и длиной 10 мм по внутренним размерам каркаса радиочастотной катушки магнитометрического датчика.

Облучение кристаллов с дозой тепловых нейтронов до 10^{20} n/cm^2 было проведено в реакторно-исследовательском комплексе УрО РАН, г. Заречный. После облучения образцы подвергались термической обработке при температуре 500 °C и последующей закалке.

Спектры ЭПР полученных материалов (облученных кристаллов LiF) исследовались на спектрометре электронного магнитного резонанса ELEXSYS E580 (Bruker). Рассмотрим результаты сравнительных исследований спектра ДФПГ – материала, который традиционно используется в магнитометрах и в других ЭПР-приложениях как материал с узкой шириной линии поглощения, и образца LiF (рис. 4). Образцы ДФПГ и LiF имели одинаковую массу, измерения проводились при одной и той же величине амплитудной модуляции. Хорошо видно, что линия ДФПГ

намного шире, к тому же имеет тонкую структуру, что негативно может сказываться на чувствительности ЭПР-датчика магнитометра. Линия же LiF является гладкой и симметричной, по интенсивности она не намного уступает линии поглощения ДФПГ. Это многообещающий результат, подтверждающий перспективность использования облученных кристаллов LiF в высокочувствительных магнитометрах. Вместе с тем ширина линии, $\Delta H \sim 0,7$ Гс, оказалась намного больше, чем упоминалось в литературе ($\Delta H \sim 0,03 \dots 0,09$ Гс). Однако здесь следует иметь в виду, что измерения проводились при высоких частотах, а магнитометр работает на более низких частотах, при которых ширина линии ЭПР должна быть меньше. Кроме того, ширина линии ЭПР в большой степени зависит от величины амплитудной модуляции. Действительно, с уменьшением амплитуды модуляции уменьшается ширина линии LiF. Если при амплитуде модуляции в 1 Гс (1 G) ширина линии составляет $\sim 0,7$ Гс, то при амплитуде модуляции 0,1 Гс (0,1 G) ширина линии составляет уже $\sim 0,17$ Гс.

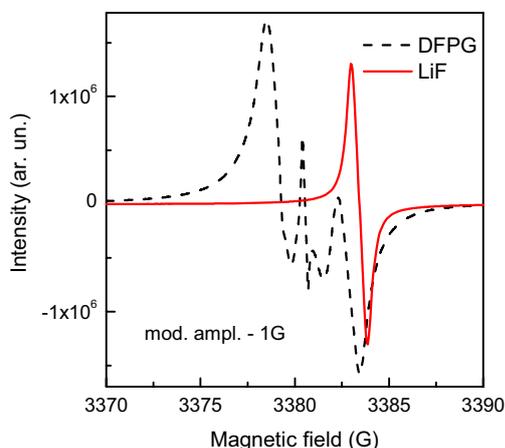


Рис. 4. Спектры ЭПР ДФПГ и облученного LiF

Конечно, на данном этапе мы не смогли достигнуть предельных значений ширины линии, необходима дальнейшая работа по совершенствованию технологии получения монокристаллов LiF и их облучению нейтронами. Вместе с тем полученные параметры линии намного превосходят параметры ДФПГ – материала, который использовался до настоящего времени. Наши исследования показали необходимость тщательного выбора рабочих параметров, при которых работает ЭПР-датчик (частота генератора, величина амплитудной модуляции).

Автоматизация работы магнитометра; разработка программного обеспечения сбора, анализа и представления данных. Для целей автоматизации прибора использовался модуль сбора данных USB-9219. Разрешение модуля – 24 бита. Связь с компьютером осуществляется по шине USB. Минимальный шаг по напряжению – 271 μ V. В устройстве задействованы три входа. Четвертый может быть использован для подключения дополнительных устройств.

Данные измерений магнитного поля в магнитометре синхронизованы по абсолютному времени и координате. Для синхронизации используется GPS-приемник BU-353 с USB-2.0. В одном корпусе совмещен GPS-приемник и активная антенна, GPS Mouse. В основе прием-

ника лежит чипсет SiRFstarIII, обеспечивающий высокое качество и скорость определения координат. Приемник подключается к компьютеру через USB-порт.

В качестве языка программирования при создании программного обеспечения прибора был выбран LabVIEW. National Instruments LabVIEW представляет собой высокоэффективную среду графического программирования, в которой можно создавать гибкие и масштабируемые приложения измерений. Интуитивно понятный процесс графического программирования позволяет уделять больше внимания решению проблем, связанных с измерениями и управлением.

Созданное программное обеспечение делает использование прибора удобным и легким. Оно позволяет управлять прибором, собирать, обрабатывать и анализировать данные в автоматическом режиме и наглядно представлять их с использованием визуального интерфейса программы.

Основные характеристики магнитометра. Изготовленный опытный экземпляр высокочувствительного магнитометра проходил испытания в лабораториях ИФ СО РАН. Ниже приведены характеристики изготовленного прибора, уверенно воспроизводимые при работе в различных условиях.

Основные технические характеристики магнитометра слабых магнитных полей:

- количество одновременно измеряемых компонент поля – три;
- диапазоны измеряемых полей – $0 \dots 10^5$ нТл;
- пороговая чувствительность – не хуже 1 нТл;
- температурный дрейф – не хуже 0,05 нТл/ $^{\circ}$ C;
- диапазон компенсации измеряемой компоненты – $\pm 10^5$ нТл;
- диапазон измерения вариаций в режиме компенсации – не хуже ± 1 нТл;
- быстродействие приборов обеспечивает непрерывные измерения в диапазоне частот $0 \dots 1,5$ Гц;
- диапазон измерения вариаций в режиме компенсации $\pm 10^4$ нТл.

Улучшение характеристик возможно за счет дополнительной программной обработки данных с использованием компьютера. По-видимому, необходимо продолжить и работу по улучшению характеристик рабочего тела магнитометра. Возможно, что определенный потенциал улучшения характеристик заложен в совершенствовании конструкции датчика ЭПР-магнитометра, в выборе оптимальных величин объема рабочего тела, частоты задающего генератора, амплитудной модуляции и т. д.

Таким образом, разработан вариант ЭПР-магнитометра, предназначенного для компонентно-векторных измерений слабых магнитных полей и их вариаций, включая измерения геомагнитного поля. Создан опытный образец магнитометра. Использование новых подходов и решений позволило улучшить характеристики прибора по сравнению с приборами предыдущего поколения, расширить его функциональные возможности. К элементам новизны относится применение современной элементной базы; полная автоматизация процессов работы прибора и сбора данных измерений; использование нового

рабочего вещества в качестве рабочего тела магнитометра; создание программного обеспечения; синхронизация результатов измерений по абсолютному времени и координате. Разработанный вариант магнитометра может найти применение в геологии, геофизике, археологии, научных исследованиях, военных приложениях, космических исследованиях.

Библиографические ссылки

1. Семевский Р. Б., Аверкиев В. В., Яроцкий В. А. Специальная магнитометрия. СПб. : Наука, 2002.
2. Измерение статической магнитной восприимчивости с помощью электронного парамагнитного резонанса / Ф. Г. Черкасов, И. В. Овчинников, А. Н. Туранов и др. // Физика низких температур. 1997. Т. 23(2). С. 236–239.
3. Получение фторида лития для термоллюминесцентных детекторов ионизирующего излучения / С. Н. Мироненко, А. И. Непомнящих, Д. Д. Икрами и др. // Известия АН СССР. Сер. Неорганич. материалы. 1985. № 21. С. 504–506.

N. V. Volkov, S. A. Trofimov, V. S. Tsikalov, E. V. Eremin, O. A. Maslennikov

HIGH-SENSITIVE ESR MAGNETOMETER FOR MEASURING OF THE EARTH GEOMAGNETIC FIELD: NOVEL SOLUTIONS

A compact high-sensitive magnetometer was designed for measuring of the Earth geomagnetic field and its variations. Novel technical solution was applied for the magnetometer that improved the device characteristics as compared with the early designed devices. The paper contains description of the magnetometer construction, of the main electronic blocks, of the software. A model of the magnetometer was created and tested. Results of test and main device characteristic are presented in the paper.

Keywords: ESR magnetometer, measurement of weak magnetic field.

© Волков Н. В., Трофимов С. А., Цикалов В. С., Еремин Е. В., Масленников О. А., 2010

УДК 519.858, 519.816

А. В. Гехман, Ю. Ю. Якунин, А. А. Даничев, А. А. Володин

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРТИЗ В РЕЕСТРЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК*

Описаны алгоритмы получения результирующего ранжирования научно-технических разработок с использованием математического аппарата бинарных отношений.

Ключевые слова: бинарные отношения, ранжирование, многокритериальная оптимизация.

Для эффективного проведения научных исследований и создания инновационной наукоемкой продукции краевого уровня необходима организационная и технологическая поддержка всех этапов ее жизненного цикла, отсутствие которой сопровождается рядом проблем, связанных с трудностями потенциальных инвесторов при поиске инновационных разработок, трудностями исследователей при поиске потенциальных инвесторов; со сложностью анализа и оценки передовых достижений в области научной и инновационной деятельности; с формированием больших коллективов при решении крупных научных и производственных задач. Описанные проблемы предлагается решить с помощью механизма сбора и обработки научно-инновационной информации в рам-

ках автоматизированной системы управления реестром научно-технических разработок (НТР). При этом должны осуществляться сбор и ранжирование информации в распределенных системах, в том числе с применением Интернета. В качестве ключевых пользователей данной системы выступают исследователи, инвесторы и прочие заинтересованные лица. Все это позволит создать механизм продвижения наукоемкой продукции края на российский и международный рынок, а также позволит развивать наукоемкое производство.

Предлагается решение одной из задач сбора и ранжирования информации: задачи обработки результатов экспертиз в реестре научно-технических разработок для получения итогового рейтинга НТР в соответствии с пред-

*Работа выполнена при финансовой поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности».