

Международная конференция по магнетикам ИНТЕРМАГ-78

Во Флоренции 9—12 мая 1978 г. проходила XVI конференция ИНТЕРМАГ. Было заслушано 312 докладов, проведено несколько семинаров по наиболее актуальным вопросам технического магнетизма.

Ряд направлений конференции представляет непосредственный интерес для атомной науки и техники. В пленарном докладе Р. Тоски (Фраскати, Италия), посвященном новым тенденциям в магнитном удержании плазмы (в основном токамаками), сделан вывод, что осуществление управляемого термоядерного синтеза невозможно без существенного продвижения в технике крупногабаритных и с большим полем (до 10 Т) сверхпроводящих соленоидов.

Неожиданным был пленарный доклад «Точные измерения аномального магнитного момента мюона и электрона» Э. Пикассо (ЦЕРН). В докладе шла речь об экспериментальной проверке сверхточных предсказаний квантовой электродинамики для величин магнитных моментов мюона и электрона, а также о точном измерении времени жизни мюона ($\tau_{\mu}^{(0)} = 2,19711(8) \cdot 10^{-6}$ с), вращающегося по замкнутой орбите накопительного кольца, с целью моделировать «парадокс близнецов» специальной теории относительности. Достигнутая в настоящее время точность измерения g -фактора для положительных и отрицательных мюонов составляет 10^{-8} и лучше. Столь высокая точность обеспечивается методикой, в которой измеряется частота ω_{μ} прецессии магнитного момента мюона в строго постоянном магнитном поле \vec{B} , создаваемом постоянными магнитами (электромагниты для этой цели не пригодны). Это поле, в свою очередь, измеряется по частоте прецессии момента более исследованной частицы, например протона. Оказывается, что дальнейшее увеличение точности измерения отношения ω_{μ}/B ограничивается прежде всего старением постоянных магнитов за время измерения. Так, неожиданно современный уровень экспериментальной физики элементарных частиц ставит перед магнитологами задачу предельного уменьшения эффекта старения магнитомягких материалов.

В области технической сверхпроводимости (а это одна из традиционных тематик конференции) продолжается продвижение в область все больших постоянных магнитных полей.

Сообщено о последнем рекорде: в 1977 г. в Кембридже (США) в комбинированной системе (сверхпроводящий соленоид с полем 8,5 Т в «теплом» объеме с диаметром 40 см, вмещающем медный водоохлаждаемый соленоид) получено поле 30 Т.

Чисто сверхпроводящие системы обладают рядом преимуществ перед комбинированными: меньше потребляемая энергия, меньше капитальные затраты, лучше стабильность поля (годится даже для ядерного магнитного резонанса). Для реализации соленоидов с большим полем один материал наиболее перспективен — это Nb_3Ge с $T_c \approx 22,5$ К и $H_{c2} \approx 37$ Т. Проблема, однако, в том, что его пока не удавалось получить в виде удобной для использования проводящей ленты. Исследовательский центр фирмы «Вестингауз» (США) сделал первый (длиной 5 м) шаг в этом направлении — методом химического осаждения из паров на ленту из хастеллоя сечением $0,05 \times 6$ мм нанесен слой Nb_3Ge толщиной 4 мкм. Предполагается, что с помощью этого материала будет получено поле около 30 Т в чисто сверхпроводящей системе.

Представители этого же центра сообщили о первой попытке сравнения эксперимента и расчетов потерь для сверхпроводящих соленоидов в режиме меняющегося тока. Исследования соленоидов из одножильных и многожильных, твистированных и нетвистированных проводов различного состава на частотах от 30 до 1300 Гц показали согласие расчетов с измерениями с точностью до множителя 2. Эти данные представляют интерес для организаций, намеревающихся использовать сверхпроводники в ускорителях с программируемым полем.

Две секции конференции (15 докладов) были целиком посвящены методу высокоградиентной магнитной сепарации (ВГМС), нашедшему широкое применение в промышленности (например, 75% мирового выпуска высококачественного каолина для целлюлозной и фарфоровой промышленности очищают от железосодержащих примесей с помощью ВГМС). Принцип сепарации основан на использовании очень высоких градиентов ($\sim 10^7$ Э/см), возникающих вблизи очень тонкой (20 мкм) магнитной проволоки, помещенной в поперечное магнитное поле. Метод позволяет выделять из жидкой пульпы даже слабомагнитные частицы. Это позволяет думать, что он может быть применен для обогащения редких руд, поскольку их соединения как правило парамагнитны (восприимчивость $\sim 10^{-6}$ см³/г). Поскольку для промышленного применения необходимы поля ~ 1 Т в объеме $\sim 0,1$ м³, и здесь очевидна необходимость сверхпроводящих соленоидов с «теплым» полем.

Конференция отразила интенсивную деятельность инженеров по технической реализации уникальных параметров новых материалов для постоянных магнитов — типа $SmCo_5$ и ему подобных, энергетическое производство которых $(BH)_{\max} \sim 3 \cdot 10^7$ Гс·Э на порядок превосходит обычно применяемые материалы. Так, Паркер (США) ставит вопрос о замене роторов с электрообмоткой в электромашинах на роторы с постоянными магнитами (это повышает скоростной и температурный пределы). Более того, машины с постоянными магнитами могут оказаться предпочтительнее сверхпроводящих.

Значительная часть тематики конференции, посвященная материалам для магнитной записи информации, в идейном отношении далека от непосредственных интересов атомной науки и техники, однако технологические достижения этого направления могут быть с успехом использованы в ряде институтов.

Так, непрерывное продвижение в сторону все меньших (в том числе уже субмикронных) диаметров высокоподвижных цилиндрических магнитных доменов (ЦМД) улучшает перспективы создания магнитного аналога камеры Вильсона* для детектирования незаряженных, но обладающих магнитным моментом ядерных частиц.

Прогресс в магнитной записи и обработке информации с помощью ЦМД невозможен для развития литографической техники нанесения домено-управляющих аппликаций. Для освоения субмикронных ЦМД требуются аппликации тоже субмикронные, в том числе с размерами, меньшими длины волны видимого света.

* Ожогин В. И. Предисловие к книге О'Делла «Магнитные домены высокой подвижности». М., «Мир», 1978.

В этом случае из-за дифракционных ограничений литографический процесс возможен только с использованием либо ультрафиолетового, либо рентгеновского излучения. Интенсивность последнего для массового литографирования должна быть достаточно высока, что могут обеспечить только **источники синхротронного излучения**. Эту ярко выраженную потребность современной микроэлектроники следует учитывать при планировании сооружения ускорителей, являющихся источниками синхротронного излучения. Потребность эта столь велика, что в ряде стран при крупных ускорителях сооружаются (естественно, с привлечением средств электронных фирм) кольцевые накопители электронов именно как источники синхротронного излучения диапазона от жесткого ультрафиолета до мягкого рентгена.

Возможности рентгеновской (в том числе в будущем нанометровой) литографии представляют и самостоятельный интерес для ряда физических и технических исследований. В частности, разработанные в ЦМД-технологии магниторезистивные пермаллоевые детекторы могут быть с успехом применены для прямого детектирования ядерных спиновых волн (ЯСВ) в магнетиках, поскольку в типичных случаях длина волны ЯСВ порядка размеров современных ЦМД.

Можно осмелиться сделать предсказание, что именно нанометровая литография позволит изготовить дифракционную решетку, которая послужит зеркалом для создания положительной связи если не для γ , то по крайней мере для рентгеновского лазера.

Велика доля докладов, посвященных **аморфным магнетикам**, прежде всего так называемым металлическим стеклам («метглассам»). Метглассы состава переходной металл ($T = Fe, Co, Ni, \dots$) — металлрид ($M = V, P, Si, \dots$) представляют собой новый класс магнитомягких материалов, обладающих к тому же высокой прочностью на разрыв, высокой пластичностью, низким температурным коэффициентом большого электросопротивления и слабым поглощением ультразвука. Эти материалы получают очень быстрым (до 10^6 град/с) охлаждением расплава $T_{0.8}M_{0.2}$, в результате чего возникает аморфное состояние, для которого характерно отсутствие дальнего порядка в атомной структуре. Метглассы обладают высокой радиационной стойкостью перечисленных выше свойств (поскольку беспорядок взаимного расположения атомов в них такой, что не может

быть ухудшен, и поэтому представляют особый интерес для атомной техники.

Развитие магнитоизмерительной техники, в том числе с использованием квантовомеханических явлений, возродило интерес к исследованию **магнитных эффектов в биологии**.

Около 10 лет назад Коен (США) начал измерения слабых магнитных полей, генерируемых при деятельности организма человека. Он делал это в специальной суперэкранированной камере при помощи индукционной катушки с 2 млн. витков и самой совершенной модуляционной техники выделения слабых сигналов. После изобретения сверхчувствительного измерителя магнитного поля на основе квантового эффекта Джозефсона в сверхпроводниках (СКВИД — сверхпроводящий квантовый интерферометрический датчик), на 4 порядка более чувствительного, работы Коена получили новый импульс. Бесконтактные магнитные энцефало- и кардиограммы стали более надежными и воспроизводимыми, стали доступными измерению магнитные поля биотоков, возникающих при деятельности мышц. Работы этого направления могут представлять и специальный интерес, как возможное новое диагностическое средство, позволяющее количественно фиксировать изменения в деятельности организмов, подвергнувшихся действию ионизирующих излучений (подобные вопросы в обзорном докладе Коена не обсуждались). Кроме того, можно думать, что развитая высокочувствительная методика позволит детектировать наличие слабомагнитных соединений (к которым относятся и урановые соединения) в легких рабочих горнодобывающей промышленности — для контроля действительности профилактических мероприятий.

Еще один аспект работ по биомagnetизму обращает на себя внимание — влияние большого магнитного поля на деятельность организмов. Так, в одном из докладов конференции утверждается, что пребывание мышей в магнитном поле 4000 Э уменьшает накопление радиоактивного ^{86}Rb в различных частях их организма. Достоверность этого вывода, однако, может быть оценена только после анализа полного текста доклада, который вместе с другими будет опубликован в сентябрьском выпуске журнала «IEEE Transactions on Magnetism», v. MAG-14, 1978.

ОЖОГИН В. И.

Международная конференция «Нейтрино-78»

Конференция, состоявшаяся в апреле — мае 1978 г. в США, открылась обсуждением современных теоретических и экспериментальных проблем нейтринной астрофизики и закончилась рассмотрением астрофизических проектов будущего. На заседании, посвященном нейтринной астрофизике, с докладом о нейтринной астрономии ультравысоких энергий выступил В. С. Березинский. В докладе Р. Дэвиса приводились результаты четырех новых циклов измерения потока солнечных нейтрино хлор-аргоновым детектором. С их учетом средняя скорость образования ^{37}Ar в 610 т C_2Cl_4 за период с 1970 г. составляет $0,33 \pm 0,07$ ($0,30 \pm 0,08$ на «Нейтрино-77»), что соответствует $1,75 \pm 0,4$ солнечных нейтринных единиц (на «Нейтрино-77» $1,6 \pm 0,4$). Стандартная солнечная модель соответствует $4,7$ таких единиц. Хотя экспериментальное значение потока солнечных нейтрино повысилось, рас-

хождение с расчетным остается практически неизменным. Важная информация о развитии лазерного метода идентификации одиночных атомов, продуктов взаимодействия солнечных нейтрино с веществом мишени была получена в частной беседе с Р. Дэвисом. В настоящее время в Ок-Риджской национальной лаборатории Дж. Хэрстом разрабатывается методика такого типа для регистрации единичных атомов 7Be , извлекаемых из литевой мишени. 7Be , извлекаемый вместе с бериллием-носителем, переводится в газообразный ацетил-ацетонат. С помощью двух лазерных пучков, настроенных на определенную длину волны и проходящих через пропорциональный газовый счетчик с ацетил-ацетонатом бериллия, однозначно идентифицируется находящийся в газе даже один атом 7Be . Это достигается за счет селективной ионизации 7Be . Образующийся один электрон регистрируется