

Г-626

30/V-68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



13 - 3817

И.А.Голутвин, Ю.В.Заневский, Ю.Т.Кирюшин,
В.Д.Пешехонов, В.Д.Рябцов, И.М.Ситник

МАГНИТОСТРИКЦИОННАЯ ИСКРОВАЯ КАМЕРА
В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1968

13 - 3817

И.А.Голутвин, Ю.В.Заневский, Ю.Т.Кирюшин,
В.Д.Пешехонов, В.Д.Рябцов, И.М.Ситник

**МАГНИТОСТРИКЦИОННАЯ ИСКРОВАЯ КАМЕРА
В МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

Направлено в Nuclear Instruments and Methods



7298/2 up.

1. В в е д е н и е

В методике бесфильмовых искровых камер, в частности магнитострикционных, большой интерес представляет возможность работы последних в магнитных полях, что определяется, главным образом, характеристиками магнитострикционных материалов, помещенных в магнитное поле.

В проволочных магнитострикционных искровых камерах магнитное поле тока искры, проходящего по одной из нитей электрода, вызывает в магнитострикционной линии механический импульс — прямой магнитострикционный эффект. При прохождении механического импульса через приемную катушку возникает импульс напряжения, величина которого должна быть достаточной для регистрации — обратный магнитострикционный эффект. Величина магнитострикционного эффекта зависит от крутизны кривой магнитострикции $\lambda = \lambda(H)$. С увеличением магнитного поля уменьшается роль магнитострикции смещения ($\frac{\partial \lambda}{\partial H} = c_1$), вращения. При достижении технического насыщения магнитострикция определяется парапроцессом ($\frac{\partial \lambda}{\partial H} = c_2$, где $c_2 \ll c_1$), интенсивность которого уменьшается по мере приближения к абсолютному насыщению^{/2/}. Величина и направление магнитострикции зависят как от состава, термомеханической обработки материала, так и от ориентации магнитного поля.

Нами проводились исследования некоторых магнитострикционных материалов с целью использования лучших из них для съема информации с искровой камеры, помещенной в магнитное поле. Определялось влияние поля на прямой и обратный магнитострикционные эффекты. Проводилась непосредственная проверка работы искровой камеры в магнитном поле.

2. Исследование магнитострикционных материалов

в магнитном поле

Для определения влияния магнитного поля на характеристики магнитострикционных материалов использовался стендовый электромагнит с напряженностью поля до 20 кэ и однородностью поля не хуже 0,5%. Исследуемые материалы помещались в устройство, обеспечивающее постоянное для различных образцов натяжение, параллельность полюсам магнита. Смещение образца от первоначального положения не превышало $\pm 0,1$ мм. Для возбуждения магнитострикционных сигналов использовался генератор импульсного возбуждающего тока (ГИВТ). Измерение амплитудных зависимостей производилось с помощью осциллографа. Блок-схема установки показана на рис. 1.

Исследовались образцы с различной термической обработкой^{/3/}:

1. К-49 сечением 0,35 x 0,05 мм²;
2. К-49 -" - σ 0,1 мм;
3. К-49 -" - ϕ 0,2 мм;
4. К-65 ϕ 0,2 мм.

При определении влияния магнитного поля на прямой магнитострикционный эффект один или несколько токовых датчиков 1+5 (рис. 1) помещались вне поля магнита (рассеянное поле не превышало 50 э). Приемная катушка выполнена из провода ϕ 0,05 мм, длиной 1,5 мм, число витков $\omega = 150$. При определении влияния поля на обратный эффект приемная катушка помещалась в зазор магнита, токовые датчики располагались вне поля. На рис. 2 (а) и (в) показаны относительные зависимости амплитуды магнитострикционных сигналов от величины магнитного поля для обратного и прямого эффектов соответственно (образец К-49 ϕ 0,2 мм). Суммарное действие поля показано зависимостью 2 (с). Произведение кривых (а) и (в) с точностью не хуже 10% совпадает с кривой (с). Пунктиром показана зависимость, рассчитанная для полей $H > 11$ кэ. Более сильное действие поля на прямой эффект (в) вызвано, по-видимому, взаимодействием поля магнита с полем датчика $H \partial$

$$H \partial = \frac{2I}{CR} \approx 200 \text{ /э/}$$

R - расстояние от датчика до магнитострикционной линии. Ход кривых (а) и (в) дает основание полагать, что в полях $H \leq 5$ кэ магнитострикция определяется процессом смещения:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial H} = \text{const}, \quad \text{где } \lambda = \frac{\Delta l}{l}.$$

В полях $5 < H < 16$ кэ, где определяется процесс вращения, $\frac{\partial \lambda}{\partial H}$ уменьшается по мере приближения к техническому насыщению. Для кривой (с) зависимость определяется $(\frac{\partial \lambda}{\partial H})^2$.

На рис. 3 показаны амплитудные зависимости магнитострикционного сигнала от величины поля для следующих образцов:

- а) К-49 0,35 x 0,05 мм² (неотожженный);
- в) К-49 0,2 мм (неотожженный);
- с) К-65 0,2 мм (неотожженный);
- д) К-49 0,2 мм (полуотжиг).

Как и для кривой 2 (с), при этих измерениях приемная катушка и датчики находились в одинаковом поле. Измерения проводились при натяжении $\approx 8 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$. Термическая обработка, как видно по кривым (в) и (д), дает увеличение $\frac{\partial \lambda}{\partial H}$ в области смещения за счёт крутизны магнитострикции, вызываемой вращением. Следует заметить, что амплитудная зависимость от поля для К-65 ϕ 0,2 мм в полях $H > 11$ кэ несколько лучше, чем у остальных образцов (кривая с).

На рис. 4 приведены амплитудные зависимости для образцов К-49 ϕ 0,2 мм (полуотжиг) и К-65 ϕ 0,2 мм (неотожженный) - кривые (а) и (в) соответственно. Измерения проводились в поле магнита СП-40 с однородностью не хуже 0,5%. Натяжение образцов составляло $\approx 15 \text{ кг.мм}^{-2}$. С учётом зависимости от натяжения^{/3/} кривые совпадают с кривыми (д) и (с) (рис. 3).

Приведенная на рис. 5 относительная зависимость величины сигнала от угла наклона ϕ магнитострикционной линии к полюсам магнита указывает на неоднозначность действия продольного H_x и поперечного H_y полей. Измерения проводились при $H = 6$ кэ для образца К-65 ϕ 0,2 мм.

Попытка уменьшить действие поля на обратный эффект путем экранировки приемной катушки в полях $H > 6$ кэ не дала положительных результатов.

3. Искровая камера в магнитном поле

Схема эксперимента для проверки возможности работы магнитоотрицательной камеры в магнитном поле показана на рис. 6. SC-1 ÷ SC-4 — двухкоординатные искровые камеры с магнитоотрицательным считыванием и площадью электродов 200×200 мм². SC-6,7 — магнитоотрицательные искровые камеры с площадью электродов 480×480 мм².

Исследуемой являлась однокоординатная искровая камера SC-5 с площадью электродов 200×200 мм², помещенная в поле магнита СП-40, имеющего полюса размером 1000×1500 мм². Магнитоотрицательная линия из материала К-49 ϕ 0,2 мм (полуотжиг) располагалась перпендикулярно магнитному полю. Натяжение линии составляло $\approx 15 \frac{\text{кг}}{\text{мм}} - 2$. Все камеры продувались смесью из $\approx 75\%$ Ne, $\approx 25\%$ He и $\approx 1,5\%$ C₂H₅OH.

Запуск производился многократно за цикл ускорителя от телескопа, состоящего из цинтилляционных S₁, S₂, S₃ и черенковского углового C счётчиков, включенных на совпадение.

В эксперименте определялась точность регистрации X координат частиц камерой SC-5 при двух значениях поля $H_1 = 9$ кэ и $H_2 = 12,5$ кэ. Наличие двух приемных катушек X₁ и X₂ позволило получить гистограммы сумм $T_x = X_1 + X_2$, косвенным образом характеризующие точность регистрации искры. Гистограммы сумм для камеры в магнитном поле при двух значениях напряженности поля не отличаются от гистограмм для камер вне поля. Эффективность исследуемой камеры была не хуже остальных.

Для более полной оценки точности искровой камеры SC-5 траектория частиц измерялась при помощи камер SC-1 ÷ SC-4; SC-6,7 и SC-1 ÷ SC-4; SC-5 и результаты сравнивались.

1. Была измерена дисперсия пучка в SC-6,7 без магнитного поля (за счёт рассеяния в веществе между SC-4 и SC-6,7):

$$\sqrt{D_{6,7}(\theta)} = 7,3 \pm 0,2 \text{ мм.}$$

2. Измерена дисперсия пучка в SC-6,7 с магнитным полем (за счёт рассеяния и импульсного распределения пучка):

$$\sqrt{D_{6,7}(\theta + p)} = 8,0 \pm 0,2 \text{ мм.}$$

3. Определена дисперсия пучка в SC-6,7 только за счёт импульсного распределения пучка:

$$\sqrt{D_{6,7}(p)} = 3,3 \pm 0,3 \text{ мм.}$$

4. Найдена ожидаемая дисперсия пучка в камере SC-5 (из данных по камерам SC-1 ÷ SC-4 и SC-6,7):

$$\sqrt{D_5 \text{ ожид.}} = 1,50 \pm 0,15 \text{ мм.}$$

5. Измерена дисперсия пучка в камере SC-5:

$$\sqrt{D_5 \text{ измер.}} = 1,60 \pm 0,20 \text{ мм.}$$

Полагая, что $D_{5 \text{ измер.}}$ и $D_{5 \text{ ожид.}}$ отличаются из-за ошибки, вносимой камерой SC-5, мы определили дисперсии погрешности измерения координат в камере SC-5:

$$\sigma = 0,50 \pm 0,25 \text{ мм.}$$

Это значение ошибки не отличается от ошибок, полученных при работе камер вне магнитного поля.

4. Заключение

Проведенные измерения позволяют сделать следующие выводы:

1. Наилучшими амплитудными свойствами в магнитных полях $H > 10$ кэ обладают линии из материала К-65 ϕ 0,2 мм.

2. Работа магнитоотрицательной камеры в поле до 13 кэ показала, что точность регистрации координат искры не ухудшается.

3. Резкая зависимость амплитуды сигнала от величины продольной составляющей поля накладывает определенные требования на конструкцию двухкоординатной камеры^{/4/}.

4. Для работы искровых камер в полях $H > 15$ кэ приемные катушки, по-видимому, необходимо помещать вне поля.

Авторы выражают благодарность В.А.Свиридову за внимание и интерес к работе, студенту ТПИ В.А.Войлошникову за работу по изучению характеристик магнитострикционных материалов в магнитном поле, Д.А.Смолину и В.П.Пугачевичу за помощь при проведении эксперимента.

Л и т е р а т у р а

1. I.V.Chuvilo et al., Nucl. Instr. and Meth., 54, 217 ((1967).
2. К.П.Белов. "Упругие, тепловые и электрические явления в ферромагнетиках", Москва, 1957 г.
3. Т.В.Беспалова, И.А.Голутвин, Ю.В.Заневский. Препринт ОИЯИ 13-3658, Дубна, 1968.
4. G.Brautti, CERN 66-30, NPD, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 апреля 1968 года.

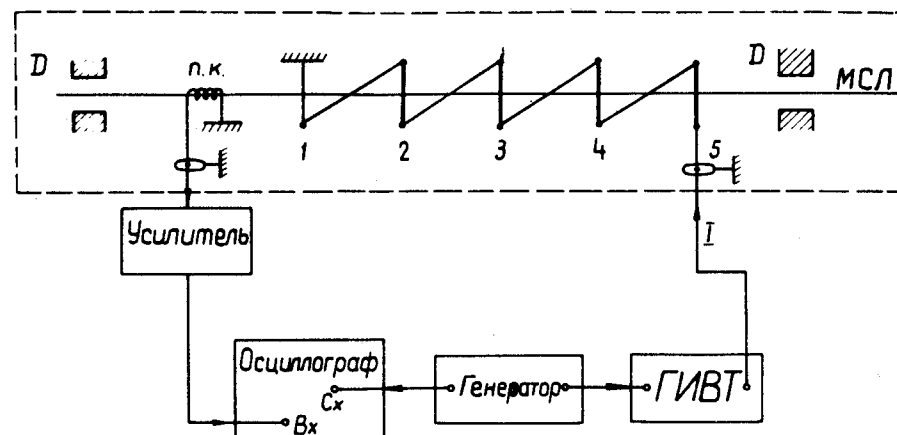


Рис. 1. Блок-схема установки для определения амплитудной зависимости от величины магнитного поля.

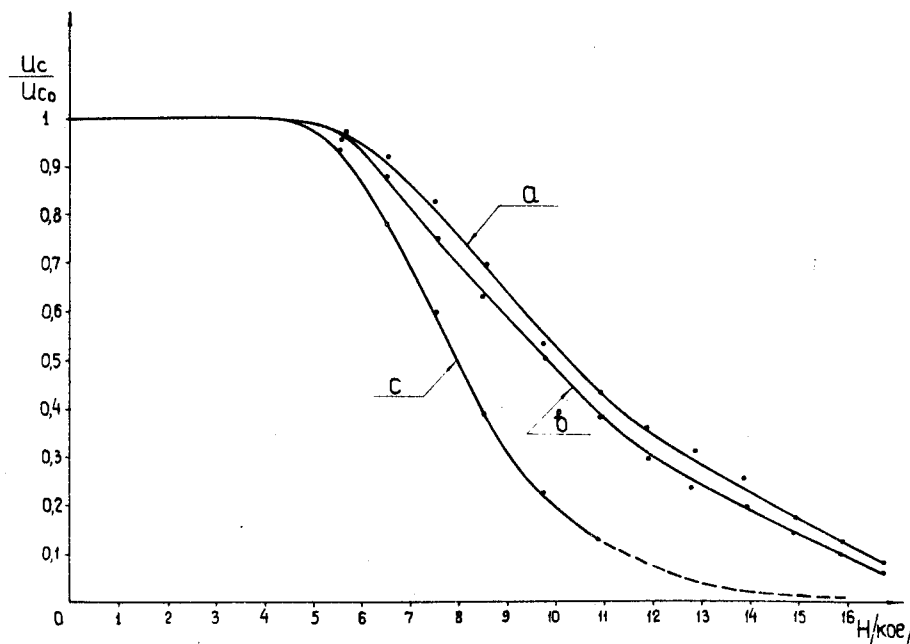


Рис. 2. Зависимость амплитуды магнитострикционных сигналов от величины магнитного поля:
а) катушка в магнитном поле;
б) токовый датчик в магнитном поле;
в) катушка и токовый датчик в магнитном поле.

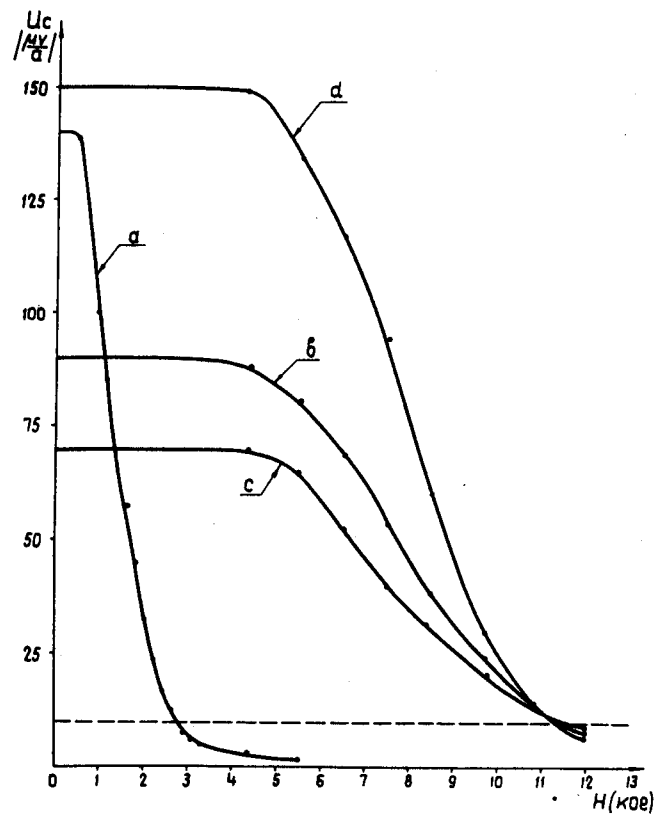


Рис. 3. Амплитудные зависимости от величины магнитного поля для образцов:
 а) К-49 0,35 x 0,05 мм² (неотожженный);
 в) К-49 φ 0,2 мм (неотожженный);
 с) К-85 φ 0,2 мм (неотожженный);
 д) К-49 φ 0,2 мм (полуетжиг).

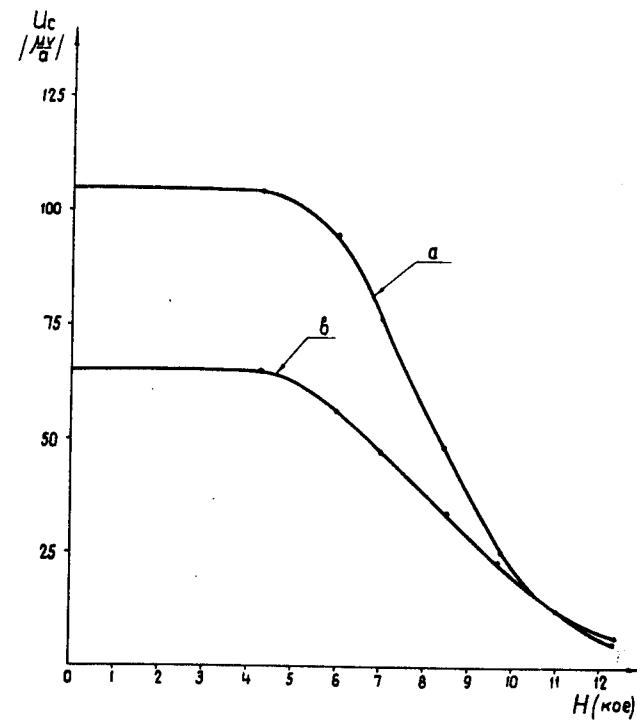


Рис. 4. Амплитудные зависимости от величины поля, измеренные в магните СП-40, для образцов:
 а) К-49 φ 0,2 (полуетжиг);
 в) К-85 φ 0,2 (неотожженный).

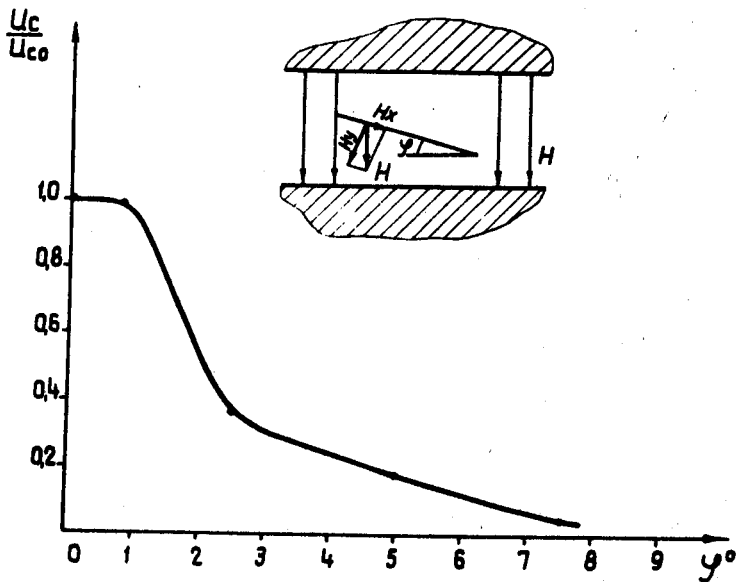


Рис. 5. Относительная зависимость величины сигнала от угла наклона ϕ магнитострикционной линии к полюсам магнита.

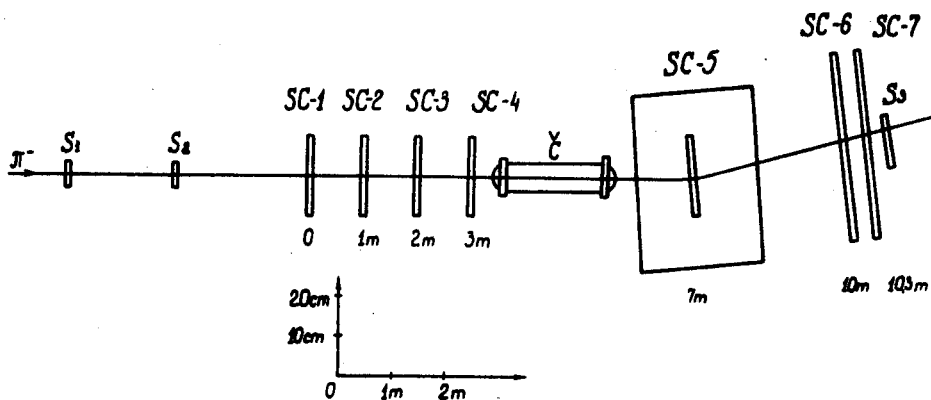


Рис. 6. Схема эксперимента для проверки работы магнитострикционной искровой камеры в магнитном поле.