

06.3

© 1991

ЭКРАНЫ НА ОСНОВЕ МЕТГЛАССА ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ МАГНИТООПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ю.П. С у х о р у к о в, Н.Н. Л о ш к а р е в а,
А.П. П о т а п о в, А.А. Г л а з е р

В оптоэлектронике существует проблема экранирования магнитооптических элементов от постоянных и от переменных магнитных полей (Н). Известно, что в переменных Н частотой от 0 до 10^3 Гц лучшими экранирующими свойствами обладает магнитный экран с высокой магнитной проницаемостью (μ). В промежутке частот от 10^4 до 10^6 Гц-металл с высокой электропроводностью (σ), экранирующее действие которого связано с вихревыми токами. Выше 10^6 Гц существует явное превосходство магнитного экрана [1]. Применение различных ферромагнитных сплавов в качестве магнитных экранов порой затруднено из-за ухудшения их магнитных свойств при механической, термической обработке и деформациях. Преимущество механических свойств ферромагнитных аморфных сплавов по сравнению с остальными ферромагнетиками [2], а также почти нулевая магнитоstriction, делает эти сплавы перспективными материалами для изготовления магнитных экранов, в том числе малогабаритных сложной формы. Свойства магнитных экранов из метгласса при комнатной температуре в однородном переменном магнитном поле амплитудой от 0.8 до 120 А/м и частотой от 1 до 10^3 Гц представлены в [3].

Целью наших исследований являлось изучение возможности экранирования малогабаритных магнитооптических устройств от постоянных и переменных магнитных полей амплитудой до 10500 А/м (130 Э) и частотой от 20 до 10 Гц при температурах 300 К, 4.2 К.

В качестве магнитного экрана выбран метгласс состава $Fe_5Co_{70}Si_{15}B_{10}$ в виде ленты шириной 3 мм и толщиной 20 мкм, изготовленной в ИФМ УрО АН СССР методом быстрой закалки расплава на вращающееся медное колесо [4]. Магнитные характеристики экрана приведены на рис. 1. В исходном состоянии пента имеет коэрцитивную силу 0.8 А/м (0.01 Э), максимальную магнитную проницаемость 10 и магнитную индукцию насыщения 0.75 Тл. В качестве материала с высокой электропроводностью выбрана отожженная медная фольга толщиной 20–30 мкм.

Для оценки эффективности экранирования используется коэффициент экранирования (К) [1–3]. При условии $\mu \gg 1$ и $R \gg d$

$$K = 1 + (\mu \cdot d) / R, \quad (1)$$

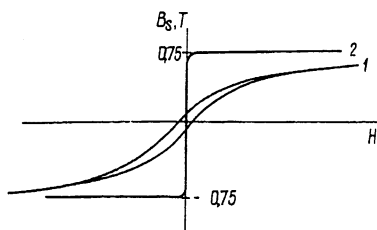


Рис. 1. Частотная (1) и предельная (2) петли гистерезиса метгласа состава $Fe_5Co_{70}Si_{15}B_{10}$. Максимальная амплитуда магнитного поля: 1 - 32,6 А/М (0,41 Э), 2 - 2937 А/М (36,9 Э).

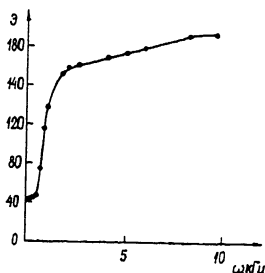


Рис. 2. Частотная зависимость коэффициента ослабления сигнала зондовой катушки при экранировании метгласом и медью. $T = 4,2$ К.

где d - толщина стенки экрана, R - диаметр экранирующего цилиндра. Оценка K из (1) для экрана из метгласа дает величину 50 при $R = 3$ мм.

В статическом режиме возможность экранирования двух расположенных вплотную друг к другу магнитооптических элементов исследовалась с помощью эффекта Фарадея. Элементы - фарадеевские ячейки (ФЯ) - выполнялись из ферромагнитного монокристалла $\frac{1}{3}Fe_5O_{12}$ размером 2,5 x 2,5 x 3 мм с намотанными на них катушками управляющего магнитного поля. ФЯ помещались между скрещенными поляризатором и анализатором. Включение управляющей катушки одного элемента, кроме появления пропускания этого элемента, приводило к частичному пропусканию соседнего не-включенного элемента. Величина пропускания не-включенного элемента относительно включенного составила $\sim 30\%$. Применение однослойных экранов из метгласа уменьшило влияние фарадеевских ячеек друг на друга до 2% (в 15 раз). При двух слоях экрана из метгласа взаимное влияние элементов не наблюдалось.

Исследовалось влияние однослойных экранов из метгласа для экранирования каждого из элементов матрицы ФЯ размерностью 2x2. При одновременном включении трех элементов экранирование уменьшило их влияние на одну ФЯ в ~ 4 раза по сравнению со случаем отсутствия экранов. Разница между оценочным $K = 50$ и наблюдаемыми в эксперименте величинами, вероятно, связана с насыщением материала экрана. Применение двухслойного экрана в данном случае является наиболее оптимальным условием экранирования.

Измерение коэффициента экранирования переменного магнитного поля проводилось по следующей методике. Регистрировалась величина ЭДС, наводимая в зондовой катушке, намотанный на элемент при подаче переменного тока на управляющую катушку со-

соседнего элемента. Исследования проводились в частотном интервале от 20 Гэ до 10^4 кГц при температуре $T = 4.2$ К. Элемент представлял собой цилиндр из монокристалла ферромагнитного полупроводника $CdCr_2Se_4$ длиной 10 мм, диаметром 1.9 мм. Однослойная управляющая катушка изготовлена из сверхпроводящей проволоки $NbTi$ диаметром 20 мкм, 80 витков. Зондовая катушка из медного провода диаметром 80 мкм, 10 витков. Величина тока менялась от 0 до 1 А, что соответствовало H в центре соленоида 0–8000 А/м (0–100 Э).

Исследование проводилось поэтапно: 1 – оба элемента без экранов, 2 – на элементах экраны из метгласса, 3 – на элементах двухслойные или трехслойные экраны из метгласса и медной фольги. Магнитный и медный экраны склеивались низкотемпературным клеем ВТ-10, помещались под пресс. Толщина двухслойного экрана метгласс–медь 70 мкм, а трехслойного метгласс–медь–метгласс – 90–100 мкм. Элемент был обвит экраном.

При экранировании обоих элементов однослойными магнитными экранами из $Fe_5Co_{70}Si_{15}B_{10}$ в области частот от 20 Гц до 10 кГц, $T = 4.2$ К, Э – отношение величины сигнала зондовой катушки в отсутствии величины сигнала зондовой катушки в отсутствие экранов к величине сигнала при экранировке равно 2. Наилучший результат экранирования был получен при использовании двух- и трехслойных экранов. На рис. 2 представлена частотная зависимость Э при $H = 8000$ А/м (100 Э), $T = 4.2$ К, для двухслойных экранов на обоих элементах. При частотах от 20 до 1000 Гц сигнал на зондовой катушке ослаблялся в ~ 40 раз по сравнению со случаем без экранов. При увеличении частоты до 2 кГц Э возрастает до 150. Выше 2 кГц наблюдается линейный рост Э.

Таким образом, многослойные метгласс–медь экраны эффективны при экранировании малогабаритных элементов от паразитных магнитных полей.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Г р о д н е в И.И. Электромагнитное экранирование в широком диапазоне частот. М.: Связь, 1972. 112 с.
- [2] П р е о б р а ж е н с к и х А.А. Расчет однослойных экранов. Изв. вузов. Приборостроение, 1960. №4.
- [3] В в е д е н с к и й В.Л., М а р ц и ш е в с к и й Д.М., С у с л о в Л.М., Ш у б и н а А.М. // ПТЭ. 1990. Т. 2. С. 219–222.
- [4] Г л а з е р А.А., П о т а п о в А.П., С е р и к о в В.В. и др. // ФММ. 1979. Т. 40. В. 6. С. 1165–1172.

Поступило в Редакцию
11 октября 1990 г.