

УДК 621.3.049.77.002

Получение и исследование топографии концентраторов магнитного поля

*Горелов Д.В., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры»*

*Научный руководитель: Соловьев В.А., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры»
info@iu4.bmstu.ru*

Датчики магнитного поля используют для преобразования изменений магнитного поля в электрический сигнал. Датчики применяют в системах навигации, магнитометрии, распознавания образов и определения положения объектов.

Концентраторы магнитного поля позволяют усилить и изменить направление магнитного поля и снизить нижнюю границу диапазона измеряемых чувствительными магнитоэлементами значений напряженности внешнего магнитного поля.

Основной задачей при проектировании концентраторов магнитного потока является достижение высоких значений коэффициентов усиления магнитного поля при уменьшении геометрических размеров самого концентратора. При этом материал концентратора должен обеспечивать низкую коэрцитивную силу и высокую магнитную проницаемость [1]. Таким требованиям соответствует магнитомягкий материал – пермаллой.

Высокая магнитная проницаемость концентратора магнитного поля достигается при толщине пленки пермаллоя 10-15 мкм.

Физические свойства пленок пермаллоя определяются методом их получения. Физико-химические свойства электрохимических сплавов отличаются от сплавов, полученных термическим методом (например, ионно-лучевым напылением).

Применение электрохимического осаждения позволяет получить концентраторы магнитного поля толщиной 10-15 мкм при осаждении пермаллоя на пластины диаметром 100 мм в течение технологического времени со скоростью 100-300 нм/мин.

В [2] показано, как 3D концентраторы на основе $\text{Co}_{0.86}\text{Zr}_{0.14}\text{Nb}_9$ увеличивают концентрацию магнитных линий, а, следовательно, и чувствительность спин вентильного датчика в 10 и даже 100 раз в зависимости от их геометрии.

Концентраторы позволяют расширить нижний предел диапазона измерения напряженности магнитного поля. Верхний предел диапазона уменьшается из-за выхода в насыщение материала концентратора, например, пермаллоя в сильных полях в узкой части концентраторов. Второе ограничение для традиционно используемых концентраторов с зазором состоит в неоднородности магнитного поля в активной области датчика, расположенной в зазоре.

Действие микромагнитов с плоской геометрией и магнитной индукцией 150 мТл проверялось в микросистеме с магнитотранзисторными преобразователями для контроля вибраций [3] с магнитом и с латеральным трехколлекторным биполярным магнитотранзистором с базой в кармане ЗКБМТБК, удаленным от магнита на 200 мкм. Изменение магнитного поля соответствовало величине магнитной индукции в несколько мТл.

С целью создания магнитного датчика в микроэлектронном исполнении проведено исследование пленок пермаллоя в качестве магнитомягкого материала для концентраторов.

Пленки пермаллоя получены электрохимическим осаждением через фоторезистивную маску на металлизированную с помощью слоев Al, NiCr и Ni поверхность кристалла, защищенную слоем SiO_2 толщиной 1 мкм.

При разном времени осаждения, но при постоянном токе, толщина осажденных пленок колеблется от 8 до 12 мкм (рис. 1). Значение тока при фиксированной площади осаждения определяет стехиометрический состав пленки пермаллоя и, соответственно, её магнитные свойства. В работе при требуемом значении тока выбран диапазон времен, который позволяет получить толщины пленок 8-12 мкм.

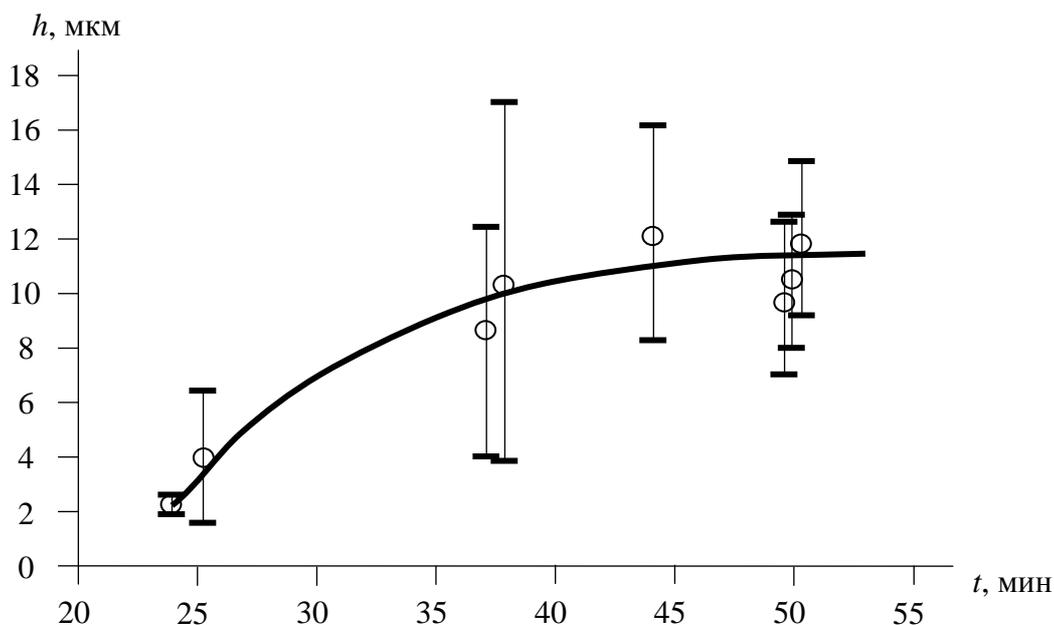


Рис. 1. Зависимость толщины пленок пермаллоя от времени электрохимического осаждения

График на рис. 1 получен путем измерений толщин концентраторов магнитного поля в составе пластины. Приведены усредненные значения результатов измерения в пяти точках на каждой пластине значений распределенной высоты магнитного концентратора из пленок пермаллоя.

Толщина пленок концентраторов магнитного поля измерялась с помощью анализатора микросистем MSA-500 (Micro System Analyzer). Измерение линейных и объемных размеров топологии с использованием анализатора микросистем MSA-500 основывается на принципах работы интерферометра белого света. Интерферометр использует широкополосный источник света с малым временем когерентности. Картина интерференционных полос может наблюдаться только в случае, если разность длин оптических путей измерительной и опорной ветвей не превышает половины длины когерентности. Для топографических измерений в анализаторе MSA-500 служит интерференционный микроскоп, в котором измеряемая и опорная поверхности отображаются на чипе ПЗС – камеры. Каждый пиксель камеры соответствует интерферометрическому датчику. В интерференционном микроскопе интерферометр находится в объективе.

На рис. 2 представлена блок – схема стенда для проведения измерений топографии поверхности профиля травления концентратора магнитного поля.

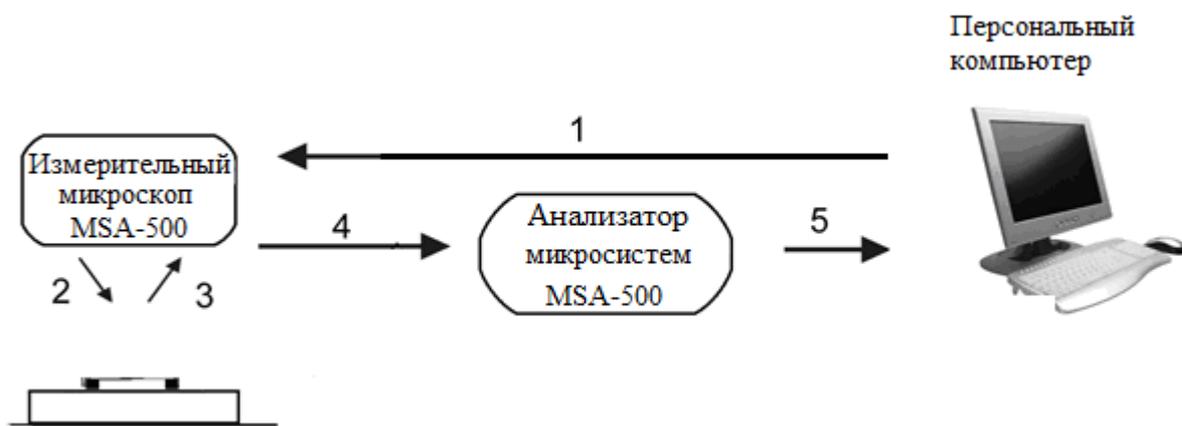


Рис. 2. Блок – схема стенда для проведения измерений

Измерение топографии поверхности профиля травления концентратора магнитного поля проводятся следующим образом:

Концентратор магнитного поля размещается под измерительным микроскопом на столике. С компьютера производится настройка параметров и подбор режима для измерения топографии поверхности. Измерительный микроскоп MSA-500 производит сканирование поверхности с помощью встроенного интерферометра белого света. С измерительного микроскопа MSA-500 полученные данные передаются анализатору микросистем MSA-500. Анализатор микросистем MSA-500 с программным обеспечением TMS (Topography Measurement System) проводит анализ структуры поверхности. Результаты измерения представлены на рис. 3, 4.

Исследование толщины пленок пермаллоя проводилось с использованием оборудования ЦКП «Функциональный контроль и диагностика микро- и наносистемной техники» НПК «Технологический центр».

Отработанный процесс осаждения пленок пермаллоя позволяет проводить мелкосерийное изготовление концентраторов магнитного поля совместно с магниточувствительными датчиками в микроэлектронном исполнении.

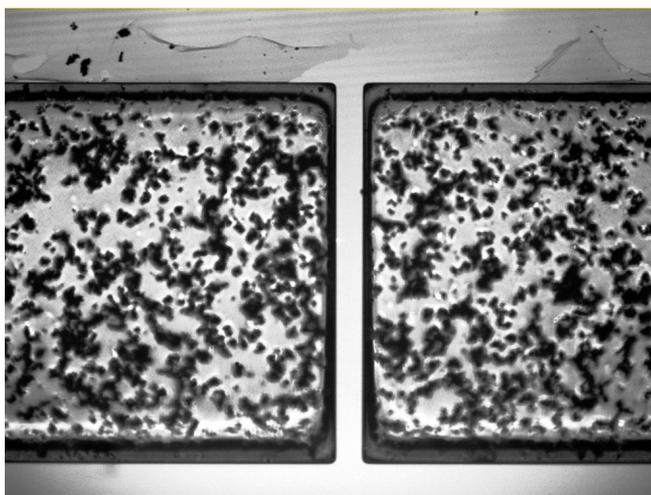


Рис. 3. Топография поверхности профиля травления концентратора магнитного поля

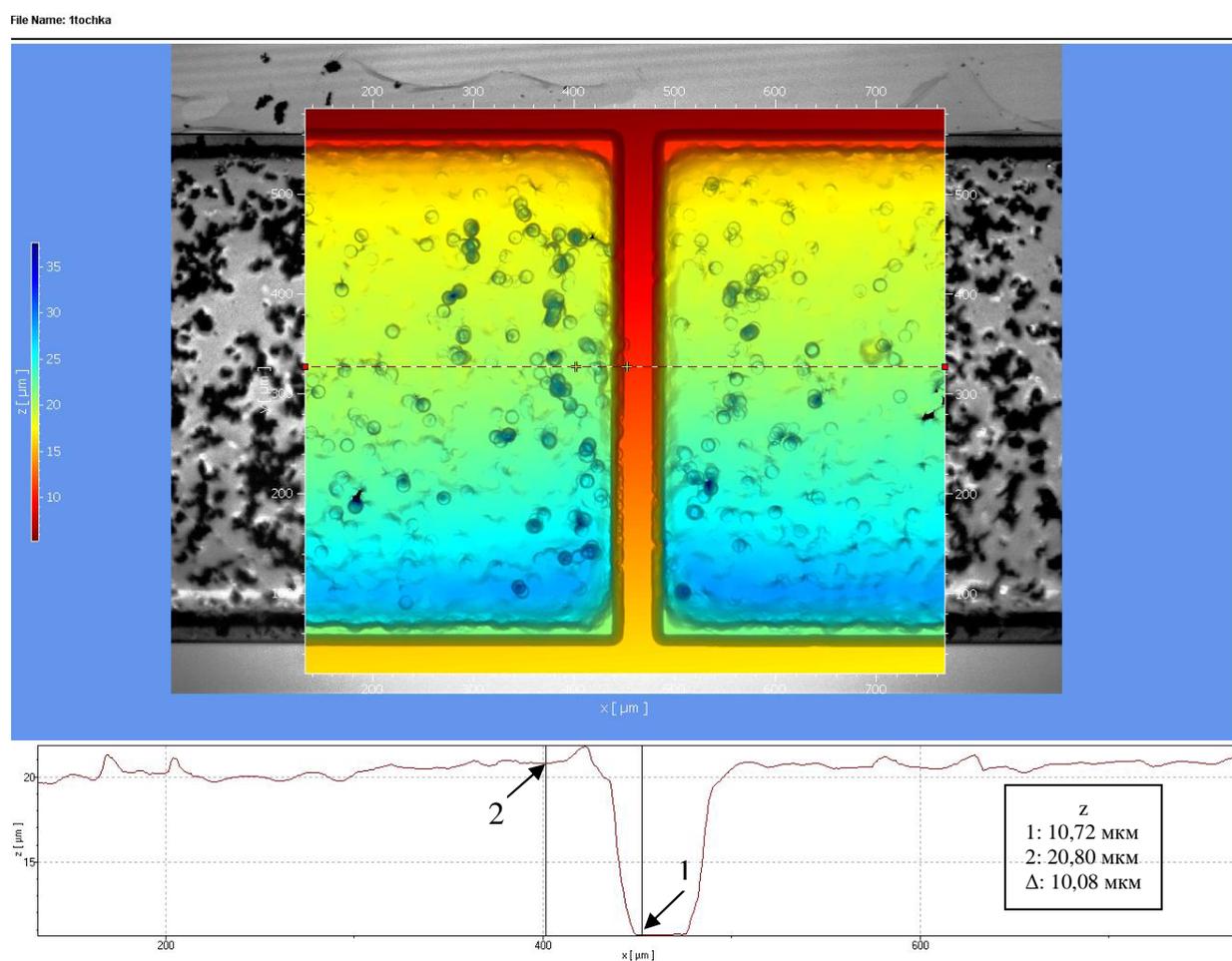


Рис. 4. Топография поверхности профиля травления концентратора магнитного поля (продольное сечение)

Список литературы

1. Буслов И., Бауткин В., Драпезо А., Ярмолевич В. Датчики слабых магнитных полей на эффекте Холла // Современная электроника. № 1. 2011. С. 12-17
2. Marinho Z., Cardoso S., Chaves R., Ferreira R., Melo L.V., Freitas P.P. Three dimensional magnetic flux concentrators with improved efficiency for magnetoresistive sensors // Journal of Applied Physics. Vol.109. Issue 7. 2011. P. 07E521-07E521-3
3. Григорьев Д.М. Завражина А.Ю., Поломошнов С.А., Тихонов Р.Д., Черемисинов А.А. Микросистема с магнитотранзисторными преобразователями для контроля вибраций // Известия ВУЗов. Электроника. №1. 2014. С. 51-57.