

Магнитная пленка



- МАГНИТНАЯ ПЛЕНКА - слой магн. вещества (обычно ферро- или ферримагнетика) толщиной от долей нанометра до неск. микрометров с рядом особенностей атомно-кристаллич. структуры, магн., электрич. и др. физических свойств, отличающих плёнку от массивных магнетиков.
- М. п.- удобный объект исследования свойств твёрдого тела (в т. ч. магнетизма), а также важный материал совр. техники (интегральной электроники, СВЧ-техники и др. отраслей).
- Плёнки получают электролитич. осаждением металлов и сплавов, вакуумным испарением и конденсацией вещества на подложке, катодным распылением мишени, выращиванием из раствора-расплава, методами газотранспортных реакций и др. методами.
- Структура и свойства плёнок в сильной степени зависят от темп-ры испарения материала и темп-ры подложки, степени вакуума, чистоты подложки, скорости конденсации и угла падения молекулярного (атомного) пучка на подложку. В частности, состояние и чистота поверхности подложки определяют адгезию

- При большом переохлаждении и пересыщении твёрдого раствора в М. п. возникают фазовая, структурная и субструктурная неравновесности: реализуются мета-стабильные состояния (см. Аморфные магнетики, Металлические стёкла), высокотемпературные модификации и фазы, сильно пересыщенные растворы, создаются большие макро- и микронапряжения (деформации), в поликристаллич. плёнках возникает очень высокая дисперсность кристаллитов и блоков, сильная разорIENTATION блоков, избыточная концентрация дефектов решётки (вакансий, дислокаций и др.). Большое влияние на свойства плёнок оказывают разномасштабные поры. Монокристаллич. плёнки с совершенной структурой получают выращиванием на монокристаллич. подложках с решёткой близкого структурного типа и с близкими значениями параметра решётки (молекулярно-лучевая эпитаксия, газофазная, жидкофазная эпитаксия и др.).
- При исследованиях М. п. из-за малого объёма магн. вещества обычно приходится применять высокочувствит. приборы и методы [феррозонд, вибрац. магнитометр, магнитометр на эффекте Джозефсона (см. Сквид), торсионный анизометр, методы магнитного резонанса на СВЧ и др.]. В то же время малая толщина М. п., их прозрачность или зеркальная поверхность позволяют применять для исследования плёнок оптичес. и магнитооптические методы (основанные на Керра эффекте и Фарадея эффекте), эллипсометрию, а также методы просвечивающей электронной микроскопии, обладающие высоким пространств. разрешением.

- Принципиальным вопросом физики тонких плёнок является изучение т. н. размерных эффектов (изменение физ. свойств при уменьшении толщины плёнок по сравнению со свойствами массивного магнетика). Изучение температурной зависимости спонтанной намагниченности M_s сверхтонких М. п. позволяет проверять квантовую теорию обменного взаимодействия электронов в двумерных атомных решётках, выявлять поверхностный магнетизм, поверхностную магн. анизотропию. Прямое и косвенное обменное взаимодействие электронов изучается на специально приготовленных плёнках с "модулированной" атомной структурой (система чередующихся магн. и немагн. слоев толщиной в один или неск. нанометров).

- Эксперименты показали, что заметное уменьшение M_s наступает лишь в М. п. толщиной менее десятка атомных слоев (нм) и у этих же плёнок обнаруживается век-рое снижение темп-ры Кюри. С области низких темп-р T наблюдается переход от известного Блоха закона, выполняющегося для толстых ферромагн. плёнок, к почти линейному спаду намагниченности с темп-рой в сверхтонких М. п. Правда, такие "олигатомные" плёнки чаще всего уже не являются однородными, а имеют островковую структуру.
- Спонтанная намагниченность M_s М. п. определяется не только хим. составом, но и фазовым состоянием конденсата, зависящим от условий осаждения.
- Фундам. свойством М. п. является магнитная анизотропия, характеризуемая типом симметрии, ориентацией осей лёгкого намагничивания, энергетич. константами или напряжённостью H_A эффективного поля анизотропии. Наряду с магнитостатич. анизотропией формы и естеств. кристаллографич. магн. анизотропией в монокристаллич. М. п., в текстурированных поликристаллич. плёнках (Co, MnBi и др.) может существовать значит. наведённая анизотропия разл. природы: магнитоупругая (магнотрикссионная) анизотропия; анизотропия направленного упорядочения атомов, осуществляющегося в процессе роста и термообработки М. п.; анизотропия направленного роста зёрен; ориентация вытянутых пор; анизотропия распределения магн. и немагн. примесей по границам зёрен и др. При осаждении плёнок после термич. испарения в вакууме в М. п. возникает анизотропия, вызванная наклонным падением атомов на подложку с образованием цепочек кристаллитов (механизм самозатенения), с наклонной столбчатой структурой. При эпитаксиальном росте М. п. из жидкой фазы со сложным ионным составом, напр. плёнок редкоземельных ферритов-гранатов, возникает ростовая анизотропия, обусловленная избират. осаждением разл. ионов в "открытые" додекаэдрич. позиции определённой плоскости роста.
- Результирующая анизотропия определяет тип магнитной доменной структуры и характер процессов намагничивания М. п. В плёнках с преобладающей анизотропией формы (фактор качества) спонтанная намагниченность лежит в плоскости образца, и в этом случае образуются вытянутые т. н. плоские магн. домены (ПМД). Оsn. процессом перемагничивания таких М. п. вдоль оси лёгкого намагничивания является движение доменных стенок, наблюдается прямоугольная петля гистерезиса с коэрцитивной силой H_c , равной полю старта необратимого смещения стенок (границ).

- В плёнках с преобладающей перпендикулярной анизотропией (фактор качества) ось лёгкого намагничивания (ОЛН) ориентирована по нормали к поверхности. В таких М. п. образуются круглые цилиндрические магнитные домены (ЦМД), плотная полосовая или лабиринтная доменная структура. В чистых, практически бездефектных плёнках петля гистерезиса очень узкая () и наклонённая. В определённом интервале значений внеш. поля H , приложенного вдоль ОЛН, наблюдаются равновесные ЦМД, к-рые легко передвигаются по плёнке под действием неоднородного магн. поля. Эти подвижные ЦМД в феррит-гранатовых М. п. используются в качестве носителей информации в магн. запоминающих устройствах (ЗУ).
- К концу 1980-х годов достигнут значит. прогресс в эксперим. и теоретич исследовании М. п.- их магн. микроструктуры, статики и динамики доменной структуры и структуры междоменных стенок. Обнаружено сильное влияние тонкой структуры стенок ("скрученности", наличия в них т. н. Блоха линий и Блоха точек) на их поведение в импульсном и высокочастотном магн. поле. Присутствие линий Блоха, разделяющих разнопо-лярные участки стенки, во-первых, заметно снижает подвижность стенки из-за дополнит. рассеяния эл--магн. энергии, а во-вторых, вызывает рост эффективной массы "жёсткой" стенки вследствие накопления кинетич. энергии в линиях Блоха, перемещающихся вдоль движущейся стенки (см. Доменной стенки динамика). Разрабатываются запоминающие устройства со сверхвысокой плотностью записанной информации, в к-рых битом является пара вертикальных линий Блоха, продвигающаяся вдоль замкнутой стенки полосового домена в феррит-гранатовых плёнках.
- Тонкие М. п. нашли широкое применение в вычислит. технике и автоматике, в оптоэлектронике и интегр. оптике. На базе М. п. возникла новая отрасль науки и техники - магн. микроэлектроника. Плёночная (интегральная) технология позволяет решать актуальные задачи микроминиатюризации элементной базы и схмотехники ЭВМ.
- М. п. пришли на смену таких дискретных магн. элементов логич. и запоминающих устройств, как ферритовые сердечники, трансфлюкторы и пластины с отверстиями. Вместо них было предложено использовать матрицы из пермаллоевых пятен толщиной ~ 100 нм или цилиндрич. М. п. (бронзовые проволоки, покрытые слоем пермаллоя толщиной ок. 1 мкм) с кольцевыми замкнутыми по окружности магн. доменами.

- Созданы т. н. доменные ЗУ, в к-рых элементом памяти является магн. домен с определённой поляризацией спонтанной намагниченности. К ним относятся: устройства на плоских магн. доменах, продвигающихся в низкокоэрцитивных каналах; ЗУ на подвижных ЦМД диаметром ок. 1 мкм, на решётках ЦМД. Помимо записи, продвижения, хранения и считывания цифровой информации доменные устройства на М. п. обеспечивают производство осн. логич. операций (т. е. обработку информации). Твердотельные ЗУ на ЦМД обладают высокой надёжностью, компактностью, энергонезависимостью и малой чувствительностью к неблагоприятным внеш. воздействиям. Огромная информац. плотность и ёмкость ЦМД-микросхем делает их конкурентоспособными с ЗУ на магн. дисках и барабанах.
- Др. перспективное направление развития информационно-вычислит. систем состоит в разработке магнитооптич. памяти на М. п. (магнитооптич. диски). Это направление предполагает использование лазеров, записи информации терромагн. способом, а считывание - с помощью магнитооптич. эффектов Керра или Фарадея. В качестве реверсивной среды - носителя информации служат М. п. из соединений типа TR (Т - переходный металл, В - редкоземельный элемент), обеспечивающие высокую плотность записи (бит/см²) и надёжное магнитооптич. считывание. Плёнки с высокой магнитооптич. добротностью (напр., Vi-содержащие феррит-гранатовые плёнки) используются в оптич. дефлекторах и модуляторах, вентильных и переключат. устройствах волоконно-оптич. линий связи.
- Магнитно-мягкие (пермаллоевые) плёнки используются при создании магнитопроводов, полюсных наконечников с узким зазором в многоканальных интегр. магн. головках для записи и индукц. считывания информации, для магниторезистивного считывания.
- В СВЧ-технике М. п. применяются в виде фильтров поглощения и пропускания, фазовращателей и вентилях в интегр. исполнении. В этих устройствах используются такие явления, как ферромагн. резонанс, спин-волновые эффекты и магнитоакустич. колебания.
- Лит.: Тонкие ферромагнитные пленки, пер. с нем., М., 1964; Физика тонких плёнок, пер. с англ., т. 1-8, М., 1967-78; Суху Р., Магнитные тонкие пленки, пер. с англ., М., 1967; Колотов О. С., Погожев В. А., Телеснин Р. В., Методы и аппаратура для исследования импульсных свойств тонких магнитных пленок, М., 1970; Ильюшенко Л. Ф., Электролитически осажденные магнитные пленки, Минск, 1972; Палатник Л. С., Фукс М. Я., Косевич В. М., Механизм образования и субструктура конденсированных пленок, М., 1972; Сухвало С. В., Структура и свойства магнитных пленок железо-никель-кобальтовых сплавов, Минск, 1974; Лесник А. Г., Наведенная магнитная анизотропия, К., 1976; Мочалов В. Д., Магнитная микроэлектроника, М., 1977; Балбашов А. М., Червоненкис А. Я., Магнитные материалы для микроэлектроники, М., 1979; Иванов Р. Д., Магнитные металлические пленки в микроэлектронике, М., 1980; Малоземов А., Слонзуски Дж., Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами, пер. с англ., М., 1982; Элементы и устройства на цилиндрических магнитных доменах. Справочник, М., 1987. А. Г. Шишков.

- Работу выполнил Тюлюгенов И.
- Femto.com.ua