

ными пытаются применять для коррекции сферич. и хроматич. aberrаций осесимметричных линз.

Для отклонения пучков заряж. частиц применяют системы с одной плоскостью симметрии. Они используются в ЭЛТ, в дисперсионных элементах масс-спектрометров ионов и в спектрометрах энергетич. потерь и фильтрах электронов, а также для управления электронным или ионным пучком в приборах и технол. установках. Электрич. поля в этих устройствах обычно формируются конденсаторами разл. форм, в т. ч. плоскими, цилиндрическими, тороидальными, сферическими и др. (рис. 3). Из

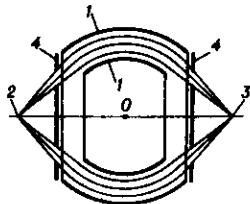


Рис. 3. Отклонение и фокусировка пучка заряженных частиц полем сферического конденсатора: 1—электроды; 2—точечный предмет; 3—изображение предмета; 4—кольцевые диафрагмы. Изображение лежит на прямой, проходящей через источник и центр сферических электродов O.

разл. типов магн. полей часто применяется однородное поле, в к-ром заряж. частицы, испущенные источником (предметом) с щелевой диафрагмой в пределах небольшого угла 2α , сначала расходятся, а затем, описав траектории-полукружности, фокусируются и формируют линейное изображение источника (рис. 4). Для улучшения фокусировки используют краевые поля, при этом краям полюсов придаётся соответствующая форма.

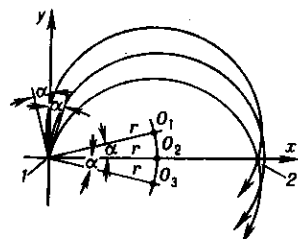


Рис. 4. Отклонение и фокусировка пучка заряженных частиц однородным магнитным полем: 1—предмет; 2—изображение; O_1 , O_2 и O_3 —центры круговых траекторий частиц.

Методы расчёта электронно- и ионно-оптических систем, позволяющие проводить всесторонний анализ параметров спроектированных приборов и установок, достигли такого уровня, что с их помощью, с привлечением вычислит. средств и программного обеспечения, становится возможным решение проблемы синтеза создаваемых устройств—т. е. нахождения их конфигурации, др. данных, обеспечивающих реализацию заданных параметров при выполнении всех ограничит. условий (предельных габаритов, максимально допустимых напряжений, токов и т. п.). Переход от развития методов анализа электронно- и ионно-оптических систем к их синтезу станет одним из перспективных направлений развития ЭО и ИО в обозримом будущем.

Лит.: Брюхе Е., Шерцер О., Геометрическая электронная оптика, пер. с нем., Л., 1943; Рустерхольц А., Электронная оптика, пер. с нем., М., 1952; Глазер В., Основы электронной оптики, пер. с нем., М., 1957; Зинченко Н. С., Курс лекций по электронной оптике, 2 изд., Хар., 1961; Hanszen K.-J., Morgenstern В., Die Phasenkontrast- und Amplitudenkontrast-Übertragung des Elektronenmikroskopischen Objektivs, «Z. Angew. Phys.», 1965, Bd 19, № 3, S. 215; Кельман В. М., Явор С. Я., Электронная оптика, 3 изд., Л., 1968; Бойштетт Б. Э., Маркович М. Г., Фокусировка и отклонение пучков в электронно-лучевых приборах, М., 1967; Hanßen K.-J., Trepte L., Der Einfluß von Strom- und Spannungsschwankungen, sowie der Energiebreite der Strahlelektronen auf Kontrastübertragung und Auflösung des Elektronenmikroskops, «Optik», 1971, Bd 32, № 6, S. 519; Magnetic Electron Lenses, «Topics in Current Physics», 1982, v. 18; Хокс П., Каспер Э., Основы электронной оптики, пер. с англ., т. 1—2, М., 1993.

П. А. Стоянов.

ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ—совокупность методов исследования с помощью электронных микроскопов микроструктур тел (вплоть до атомно-молекулярного уровня), их локального состава и локализованных на по-

верхностях или в микрообъёмах тел электрич. и магн. полей («микрочерч»). Как самостоятельное научное направление Э. м. включает: усовершенствование и разработку новых электронных и др. корпускулярных микроскопов (напр., протонного микроскопа) и приставок к ним; разработку методик препарирования образцов, исследуемых в электронных микроскопах; изучение механизмов формирования электронно-оптич. изображений; разработку способов анализа разнообразной информации, получаемой с помощью электронных микроскопов.

Объекты исследования в Э. м.—обычно твёрдые тела. В просвечивающих электронных микроскопах (ПЭМ), в к-рых электроны с энергиями от 1 кэВ до 5 МэВ проходят сквозь объект, изучаются образцы в виде тонких плёнок, фольги (рис. 1), срезов и т. п. толщиной от 1 нм до 10 мкм

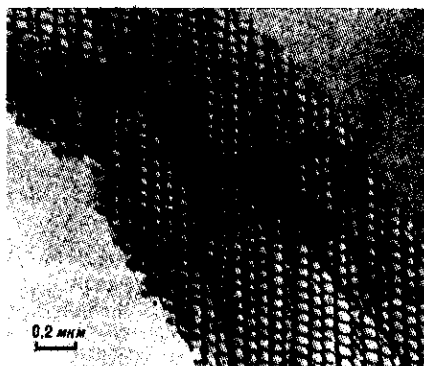


Рис. 1. Полученное в просвечивающем электронном микроскопе изображение сетки дислокаций на границах зёрен в тонкой молибденовой фольге, деформированной при высокотемпературном нагреве.

(от 10^8 Å до 10^5 Å). Порошки, микрокристаллы, аэрозоли и т. п. можно изучать, нанеся их предварительно на подложку—тонкую плёнку для исследования в ПЭМ или массивную подложку для исследования в растровых электронных микроскопах (РЭМ). Поверхностную и приповерхностную структуру массивных тел толщиной существенно больше 1 мкм исследуют с помощью РЭМ (рис. 2),

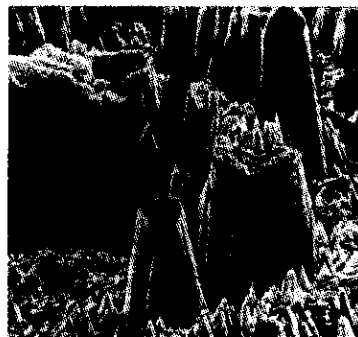


Рис. 2. Изображение предварительно отполированной, а затем подвергнутой ионной бомбардировке поверхности монокристалла меди. Снято в растровом электронном микроскопе: увеличение 3000.

отражательных и зеркальных, а также ионных проекторов и электронных проекторов. Поверхностная геом. структура массивных тел изучается также и методом реплек: с поверхности такого тела снимается реплика-отпечаток в виде тонкой плёнки углерода, коллодия, формвара и т. п., повторяющая рельеф поверхности, и рассматривается в ПЭМ. Обычно предварительно на реплику в вакууме напыляется под скользким углом слой сильно рассеивающего электроны тяжёлого металла (напр., Pt), отбрасывающего выступы и впадины геом. рельефа. Метод т. н. декорирования позволяет исследовать не только геом. структуру поверхностей, но и электрическую, т. е. микрополя, обусловленные наличием дислокаций (рис. 3), скоп-