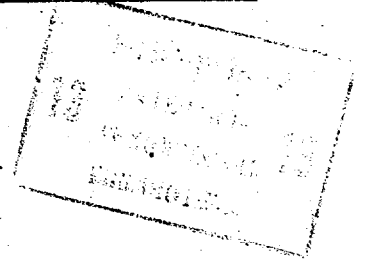




365D H 01 J 37/26

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

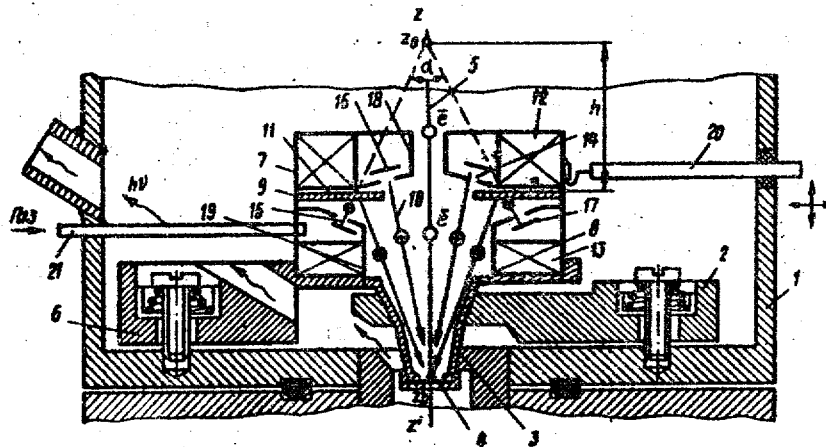


- (21) 3361602/18-21
- (22) 26.11.81
- (46) 15.08.83. Бюл. № 30
- (72) Н.Е.Левчук, А.П.Достанко,
В.Я.Ширипов и В.Н.Егоров
- (71) Минский радиотехнический институт
- (53) 621.385.833 (088.8)
- (56) 1. Сушкин Н.Г. Электронный микроскоп. М.-Л., Госиздат техн.-теор. литературы, 1949, с. 98.
2. Пleshивцев Н.В. Катодное распыление. М., Атомиздат, 1968, с. 233 (прототип).

(54) (57) 1. ПРОСВЕЧИВАЮЩИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП, содержащий внутри вакуумной колонны электронно-оптическую систему и камеру объектов, в которой на подвижном столике установлен объектодержатель в виде патрончика, отличающийся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей микроскопа за

счет анализа пленок непосредственно при их нанесении или травлении, он снабжен двумя осесимметричными ионными источниками с обращенными друг к другу кольцеобразными ускорительными каналами и кольцевым экраном между источниками, при этом ионные источники установлены последовательно по ходу электронного пучка перед патрончиком, соосно с оптической осью микроскопа и выполнены со сквозными цилиндрическими отверстиями вдоль оси, а диаметр отверстия экрана составляет не менее наружного диаметра ускорительного канала первого по ходу пучка источника и не более диаметра сквозного отверстия второго источника, составляющего не менее диаметра входного отверстия патрончика.

2. Микроскоп по п. 1, отличающийся тем, что ионные источники выполнены по схеме ускорителей с анодным слоем.



09 SU (11) 1035679 A

Изобретение относится к просвечивающей электронной микроскопии и может найти применение при экспериментальных исследованиях кинетики изменения структуры и состава тонких пленок в процессе их формирования методом ионного распыления мишени при одновременной бомбардировке поверхности подложек.

Известны просвечивающие электронные микроскопы (ПЭМ), предназначенные для анализа уже готовых объектов, которые устанавливаются в микроскоп через шлюз [1].

Однако они не предназначены для анализа в процессе изготовления.

Известно устройство для исследования кинетики явлений при ионном воздействии, исключающих воздействие воздуха на объект, представляющее собой вакуумную камеру с помещенной в нее ионной пушкой и соединенную с колонной микроскопа шлюзовой системой. Объект, находящийся в вакуумной камере, подвергается ионному воздействию, после чего перемещается специальным штоком через шлюзовую систему в колонну микроскопа для наблюдения. Ионная пушка при этом выключается, чтобы не происходило возмущающего действия ее полей на электронный луч микроскопа. Затем весь цикл повторяется [2].

Недостатком данного устройства является невозможность непосредственного наблюдения кинетики процессов ионного воздействия, поскольку бомбардировка и исследование объекта разнесены во времени. Кроме того, объект должен представлять собой уже сформированную структуру, пленка-подложка, т.е. при помощи данного устройства невозможно наблюдать кинетику образования и роста пленки непосредственно во время нанесения. При нанесении многокомпонентных материалов возможны переходы через метастабильные фазы, которые не могут быть обнаружены при помощи данного устройства. В то же время интенсивное развитие ионных методов нанесения пленок в вакууме (ионное распыление, ионное осаждение, нанесение из ионизированных потоков), в которых конденсация материала сопровождается ионной бомбардировкой поверхности подложки, делает весьма актуальной задачу исследования и регистрации процесса на этой поверхности, особенно на начальных стадиях нанесения.

Цель изобретения - расширение функциональных возможностей ПЭМ за счет анализа пленок непосредственно при их нанесении или травлении

Указанная цель достигается тем, что ПЭМ, содержащий внутри вакуумной колонны электронно-оптическую систему и камеру объектов, в которой на подвижном столике установлен объектодержатель в виде патрончика, снабжен двумя осесимметричными ионными источниками с обращенными друг к другу кольцеобразными ускорительными каналами и кольцевым экраном между источниками, при этом ионные источники установлены последовательно по ходу электронного пучка перед патрончиком, соосно с оптической осью микроскопа и выполнены со сквозными цилиндрическими отверстиями вдоль оси, а диаметр отверстия экрана составляет не менее наружного диаметра ускорительного канала первого по ходу пучка источника и не более диаметра сквозного отверстия второго источника, составляющего не менее диаметра входного отверстия патрончика.

Ионные источники целесообразно выполнять по схеме ускорителей с анодным слоем.

На чертеже представлена схема ПЭМ в зоне камеры объектов.

В вакуумной колонне 1 микроскопа на подвижном столике 2 укреплен патрончик 3 с объектом 4. Перемещение столика 2, обеспечивает небольшие сдвиги объекта относительно оптической оси микроскопа ZZ' вдоль которой распространяется зондирующий электронный пучок 5. На дополнительном столике 6, расположенном над основным подвижным столиком 2, последовательно вдоль оси установлены осесимметричные и жестко связанные два ионных источника 7 и 8 и экран 9, что обеспечивает взаимное расположение ионных пучков 10 и 11, экрана 9 и объекта 4 между собой. Смещение одной из этих частей относительно других приводит к неработоспособности устройства.

Корпус каждого ионного источника выполнен из магнитомягкого материала для концентрации магнитных полей соленоидов (или постоянных магнитов) 12 и 13 в кольцевых ускорительных каналах 14 и 15, которые являются вместе с кольцевыми анодами 16 и 17 зонами газовых разрядов и ускорения ионов. По оси корпуса ионных источников выполнены сквозные отверстия для прохождения электронного пучка, стенки которых 18 и 19 также изготовлены из магнитомягкого материала и служат магнитным экраном, уменьшающим воздействие магнитных полей соленоидов 12 и 13 на электронный зондирующий пучок 5. Небольшие магнитные поля рассеяния, существующие внутри отверстий, имеют осе-

симметричную форму и благодаря со-
осному с электронным пучком распо-
ложению ионных источников практиче-
ски не влияют на качество изобра-
жения в микроскопе. Установленный
5 между ионными источниками, соосно
с ним экран 9 может быть выполнен
из материала, наносимого на объект
4. Диаметр отверстия экрана выпол-
нен большим, чем наружный диаметр
10 ускорительного канала 14 первого
по ходу пучка ионного источника
7, что необходимо для беспрепят-
ственного прохождения ионного пуч-
ка 10 к объекту 4 для его бомбар-
дировки, и меньшим, чем диаметр
15 сквозного отверстия второго источ-
ника 8, для беспрепятственного
осаждения материала на объект.
С этой же целью диаметр сквозного
20 отверстия второго ионного источ-
ника 8 не должен быть менее диа-
метра входного отверстия патрон-
чика 3. Ускорительный канал 14
первого ионного источника ориен-
тирован на объект, что необходи-
мо для бомбардировки последнего пуч-
ком ионов, а ускорительный канал 15
25 второго источника направлен на зону
экрана 9, непосредственно прилегаю-
щего к его внутреннему диаметру.
В этом случае поток распыляемого
материала (экрана или специально
нанесенного) попадает на объект. В
30 колонне микроскопа выполнены подвиж-
ный ввод 20 и трубка 21 подачи газа.
Устройство работает следующим
образом.

После получения в колонне 1 микро-
скопа необходимого вакуума ионные ис-
точники с помощью ввода 20 сдви-
гаются к периферии камеры. Проводит-
ся настройка микроскопа в соответст-
40 вии с техническим описанием. Через
имеющийся в колонне микроскопа шлюз
на подвижный столик 2 подается пат-
рончик 3 с объектом 4, которым слу-
жит тонкая (прозрачная для электрон-
ного пучка) угольная пленка или тон-
кая пленка другого необходимого ма-
териала, на который должна быть на-
несена исследуемая пленка металла,
50 сплава, соединения и т.д. Ионные
источники с помощью ввода 20 уста-
навливаются на столике 6 и с по-
мощью перемещения последнего юстиру-
ются до получения изображения на
экране микроскопа. В ионный источ-
ник через трубку 21 подается рабо-
чий газ (Ar , N_2 , O_2 и т.д.) до дав-
ления $(4-6) \cdot 10^{-2}$ Па. Если в ионных
источниках для формирования маг-
нитных полей служат соленоиды, то
включается их питание и устанавли-
вается необходимая величина тока.
На анод 16 первого ионного источ-
ника 7 подается положительный по-
65 тенциал величиной 0,5-2,0 кВ. В

его ускорительном канале 14 возни-
кает разряд в скрещенных Е-Н полях
и формируется ионный пучок 10, ко-
торый направлен на объект. Осе-
симметричная форма ионного пучка
5 дает возможность свести к мини-
муму искажения траектории электрон-
ного зондирующего пучка 5. Ионным
пучком 10 производится ионная очист-
ка поверхности объекта 4. Состоя-
ние структуры объекта контролирует-
ся на экране микроскопа путем наблю-
10 дения структуры или дифракционной
картины. Контроль осуществляется не-
посредственно в процессе ионной
15 очистки. По окончании ионной очист-
ки питание анода 16 выключается и
включается питание анода 17 второ-
го источника 8. Ионы сформирован-
ного пучка 11 бомбардируют экран 9,
20 производя его распыление. Распы-
ленный материал экрана попадает
на объект 4 и конденсируется на его
поверхности в виде тонкой пленки.
Контроль роста пленки проводится
25 путем наблюдения структуры и дифрак-
ционной картины на экране микро-
скопа. Состав пленок контролирует-
ся путем регистрации характеристиче-
ского рентгеновского излучения.
Если пленка должна наноситься в
30 условиях ионной бомбардировки, то
одновременно запитываются оба ано-
да 16 и 17. Энергия ионов регули-
руется напряжением питания анодов,
которое осуществляется от отдель-
ных источников. При исследовании
35 процессов ионного травления све-
нанесенных пленок анод 16 включается
после того, как закончилось распы-
ление мишени, т.е. выключен анод 17.

Таким образом, рассмотренный ПЭМ
обеспечивает исследование кинетики
40 процессов при ионно-лучевом нанесе-
нии тонких пленок различных, в том
числе и многокомпонентных материа-
лов, ионной очистке объектов и
ионном травлении пленок, сформиро-
ванных на поверхности объекта, кон-
денсации материала на поверхности
50 объекта в условиях ионной бомбарди-
ровки последнего; анализе состава и
структуры многокомпонентного объек-
та в процессе распыления его иона-
ми. В зависимости от задачи могут
55 использоваться либо только один из
ионных пучков, либо оба одновре-
менно. Непосредственно в течение ука-
занных процессов происходит наблюде-
ние изменения структуры исследуе-
мого объекта на экране электронного
60 микроскопа (по изображению или диф-
ракционной картине) и фиксации ре-
зультатов путем фотографирования,
а также регистрации состава по ха-
рактеристическому рентгеновскому
65 излучению.

5
Таким образом, эффективность устройства заключается в расширении функциональных возможностей микроскопа путем анализа кинетики изменения струк-

туры и состава тонких пленок непосредственно в процессе ионно-лучевого нанесения, ионной очистки, ионной бомбардировки и ионном покрытии.

Составитель В. Гаврюшин
Редактор К. Володук Техред И. Метелева Корректор А. Ференц

Заказ 5844/53 Тираж 703 Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4