Равномерност и разпространение на парите зад преграда при покрития, получени чрез MS- и ARC- методи

Мария Николова, Ваня Захариева, Мариана Илиева, Дочев Дочев, Руско Шишков

Abstract: *In this study the results of the uniformity and the vapor spreading behind a screen during TiN/CrN… and CrN/TiN.. coating deposition are studied. During the experiment the evaporators (electrical /ARC/ u magnetron /MS/) are working consecutively. The surveys are carried out in reconstructed one-chamber vacuum equipment (TITAN 1-4), in which a magnetron sputtering system is added. In this way a new vacuum technological equipment /ВИМ-МР/ЕДИ/ for multilayered and nanostructured coatings is obtained. The atmosphere. Ar u N_2 in different proportion are used for the experiment.*

Key words: *multilayered and nanostructured coatings, evaporators, /MS/, /ARC/*

ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременна тенденция е да се нанасят многослойни наноструктурирани покрития [1]. Нанасянето на покрития във вакуумна среда чрез йонно-плазмени технологии, по-известни като PVD методи, накратко се изразява в получаване в плазмено състояние на метални пари (със степен на йонизация 90%).

Процесът осигурява значителна скорост на нарастване на покритието, висока равномерност по дебелина, както и добра адхезия. Покритията, получени чрез PVD методи, имат редица предимства пред другите познати методи:

• създават се слоеве с висока степен на чистота, както и възможност за отлагане на многослойни покрития;

• адхезията между покритието и основния материал е много добра, а покритие с дебелина 5 микрона е устойчиво на температурни амплитуди (от - 40°C до +80°C);

• технологичният процес и продуктите са безвредни както за хората, така и за околната среда;

• гарантира се запазване цвета на покритието от атмосферни влияния за голям период от време.

Поставянето на два източника на метални пари /MS/ и /ARC/ в една камера йонизира допълнително паровия поток при комбинираното им действие. Подаването на отрицателен потенциал към подложките, изтегля плазмата към тях, вследствие на което в близост до обектите се увеличават сблъскванията на металните йони и атомите на реакционния газ. Увеличената бомбардировка повишава температурата на повърхността на подложките без да бъде използван допълнителен източник на топлина. Поради усилената йонна бомбардировка се получава едно съчетаване на отлагане и ре-разпрашване, което доближава протичащите в камерата процеси до йонното платиране.

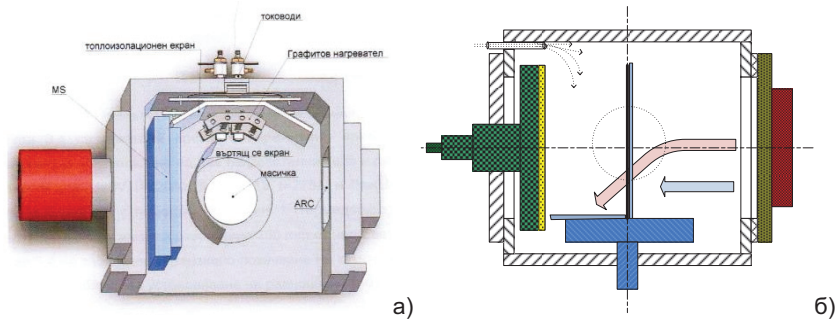
Уредбата, представена в [2, 3], позволява използване на два изпарителя - /MS/ и /ARC/ последователно, с цел получаване на многослойни, наноструктурирани, градиентно ориентирани и хетерогенни по химичен състав покрития чрез разпрашване на мишени от различни метали. При последователното нанасяне на покритията, често се наблюдава получване на многослойни покрития с комплексен характер (например Ti/Cr(C,N). Причината за това може да се търси в трудното контролиране на разпространението на парите зад преградата. Количествена оценка за равномерността на покритията, получени при използване на MS- и ARC-методите с различна геометрия на изпарителите все още не е направена.

Цел на настоящото изследване е да се установи степента на равномерност на покритията, получени върху стъклени подложки, поставени успоредно на двата източника на пари, както и разпространението на парите зад преграда при работа на всеки един изпарител поотделно.

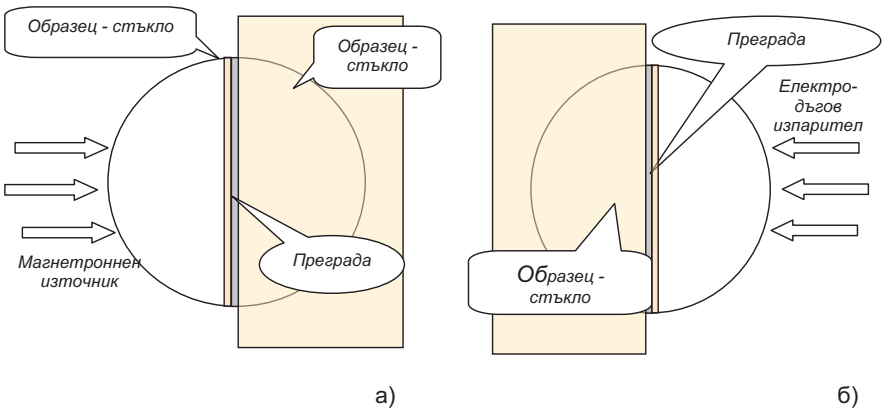
МЕТОДИКА НА ЕКСПЕРИМЕНТА И ИЗСЛЕДВАНЕТО

Изследвана е равномерността на нанесените покрития при последователна работа на магнетронната система и електродъговия изпарител, получени върху плоско стъкло, поставено в центъра на работната маса, успоредно на източниците на пари. Заедно с това, зад преградата на работната маса, са поставени и хоризонтално разположени стъкла. Разстоянието от мишените (ферохром за магнетрона и Ti – за електродъговия изпарител), поради конструктивните особености на съоръжението (*фиг. 1.),* е различно, но поддържаното налягане на остатъчния газ аргон (2.10^{-3} mbar) е еднакво.

Кръглата маса, която е поставена в средата на камерата, е разделена по средата с преграда, позиционирана перпендикулярно на работната маса и успоредно до нея е поставено стъклото от страната на работещия изпарител. На *фиг. 1 а и б* е показано разположението на стъклото, върху което ще се нанася покритието, както и хоризонталното такова, поставено зад преградата, която парите заобикалят и частично го покриват.



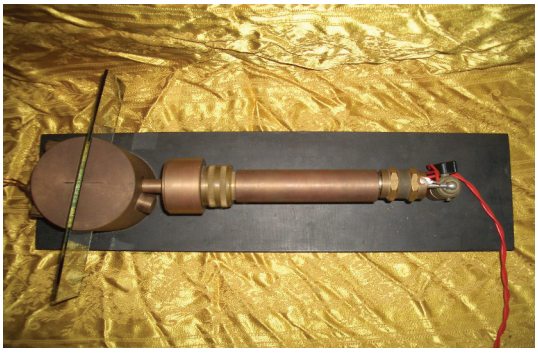
Фиг. 1. Схема на разположение на основните елементи във вакуумната камера (AutoCAD среда) (а) и движение на паровите потоци в обема на камерата (б)



Фиг. 2. Схема на разположението на изследваните образци при работа на магнетронния (а) и електродъговия изпарител (б)

На фиг. 2 а и б са представени експерименталните схеми, чрез които са получени резултатите за равномерността на покритията и разпространението на парите зад преградата при работа на всеки един изпарител поотделно.

За определяне на равномерността на покритията се използва уред (*фиг. 3.*), който с помощта на лампа, излъчва успореден сноп лъчи с постоянна дължина на вълната 400 nm. Светлината преминава през стъклото с нанесеното покритие. С помощта на фоточувствителен елемент (фотосъпротивление) и посредством мултицет се определя прозрачността на покритието в проценти. Равномерността на покритията се измерва в проценти от 0÷100 като 0 % е плътно, непрозрачно покритие, а 100 % е прозрачно покритие. Проведено е измерване в 528 точки отстоящи на разстояние 20 mm една от друга.

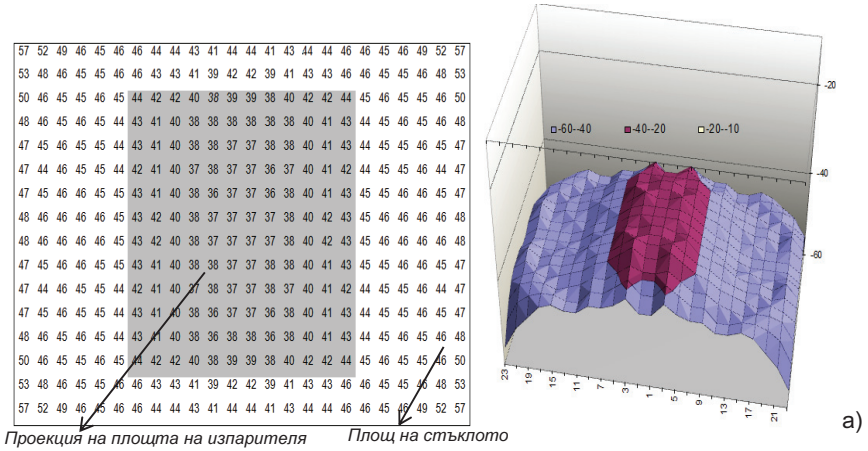


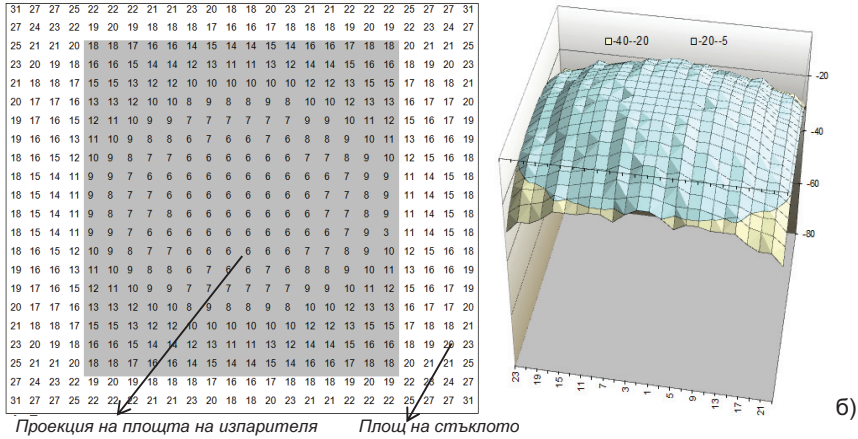
Фиг. 3. Външен вид на уреда, използван за определяне на прозрачността на покритието

РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

Тъй като получените в цифров вид резултати за равномерността на покритието, не дават точна представа за пропускането (в %), изследванията са представени като триизмерно изображение *(фиг. 4)*. От резултатите, представени графично, се вижда каква е равномерността на покритията, нанесени с магнетронен и електродъгов източници на пари. И при двата изпарителя плътността на покритието е най-голяма и, съответно, пропускането е най-малко в центъра на стъклото.

Може да се каже, че равномерността на получените при използване на магнетрона покрития, е много добра спрямо размерите на изпарителя, изобразен мащабно на фигурата. Резултатите показват, че равномерността на покритието е по-малка от тази, получена при използване на електродъговия изпарител, вероятно поради по-малкото разстояние до стъклото и по-малката степен на йонизация на металните пари. Впечатление прави още, че при еднакво налягане и време за нанасяне на покритието, това, получено чрез магнетронно разпрашване има по-висока плътност от електродъгово-полученото, не само в централната област, но и в периферията на стъклото.



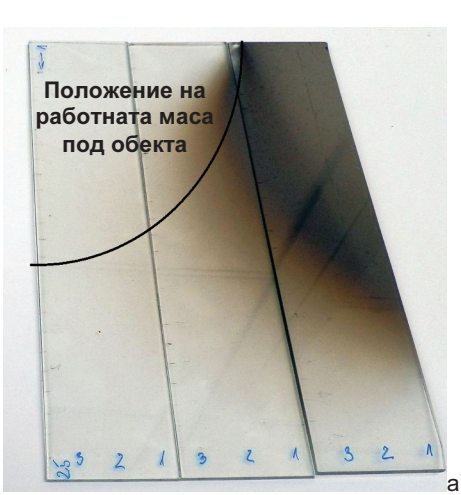


Фиг. 4. Площ на изпарителя спрямо тази на използваното стъкло, поставено перпендикулярно на масичката, изобразена мащабно и съответното триизмерно изображение на определената оптична плътност с: а) електродъгов изпарител; б) магнетронен източник на пари

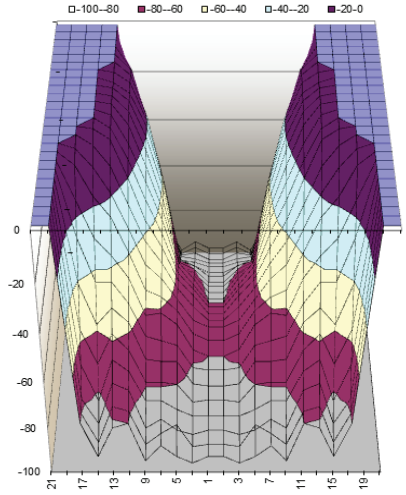
На фиг. 5 и 6 са показани изображенията, получени от стойностите за разпространение на покрития за проби, поставени зад преградата, хоризонтално на работната маса, нанесени с помощта на електродъгов *(фиг. 5)* и магнетронен *(фиг. 6*) източник на пари. За образци са използвани стъкла с размери 420 x 250 x 4 mm.

От фигурите е ясно, че разпространението на парите зад преградата е минимално при използване и на двата изпарителя. По-активно е движението на йонизираните пари при електродъговия изпарител, при който количеството на йонизираните частици е по-голямо, въпреки по-голямото разстояние до обектите спрямо магнетрона. Най-вероятно това е причина за по-силното покриване на стъклото зад преградата. При небалансирания магнетронен източник магнитното поле не повлиява директно движението на йоните, а по-скоро то зависи от съществуващото електростатично привличане между заредените частици и обекта.

Независимо от това се вижда, че парите почти не се разпространяват в областта, съответстваща на положението на работната маса при използването и на двата изпарителя.

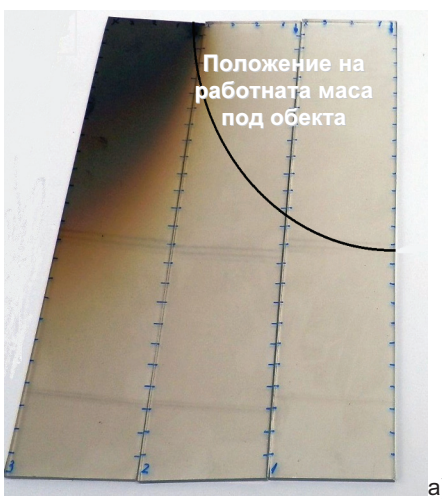


а)

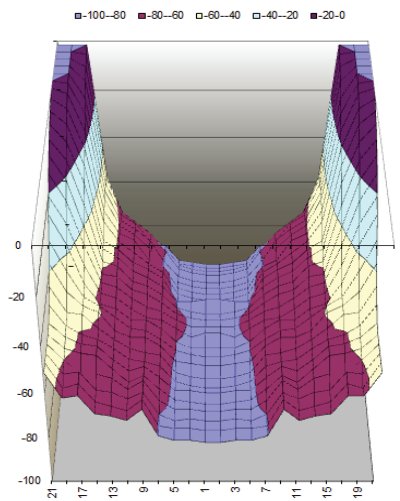


б)

Фиг. 5. Снимка на ½ от обекта (а) и моделно триизмерно изображение (б) на плътността на покритието, получено върху разположените хоризонтални стъкла зад преградата, поставена перпендикулярно на работната маса при работа на електродъговия изпарител



а)



б)

Фиг. 6. Снимка на ½ от обекта (а) и моделно триизмерно изображение (б) на плътността на покритието, получено върху разположените хоризонталните стъкла зад преградата, поставена перпендикулярно на работната маса при работа на магнетронния изпарител

Подобни изследвания, за равномерност на покритията са провеждани в катедра МТМ след изпаряване на алуминий по конвенционална схема на йонно платиране [4]. Параметрите на режимите са близки до тези от направения експеримент в [4] /P-2x10^{-2}, $L_{м-п}$-60 мм за време - 20 мин./. Получените резултати показват, че въпросът за равномерност на покритията, отложени по посочения метод, не стои. Остава само да бъде правилно избран режим на наслояване и проектирането на съответната апаратура.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изследваните участъци за равномерност на покритията върху плоско стъкло, поставено пред преграда, перпендикулярно на работната маса, имат малка разлика – за получените чрез магнетронно разпрашване покрития тя варира от 6 до 31% (разлика 25 %), а чрез електродъгово изпаряване - от 36 до 57% (разлика 21%).

2. Резултатите за покритията, нанесени при последователна работа на магнетронен източник и електродъгов изпарител с използване на предпазни прегради, показват, че металните пари се разпространяват минимално зад преградата и не покриват детайлите зад нея.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Hermann A. Jehn, Multicomponent and multiphase hard coatings for tribological applications, Surf. and Coat. Techn., V. 131, Issues 1–3, 1 September 2000, pp. 433-440;

[2] Shishkov R., D. Dochev, Iv. Dermendzhiev, V. Zaharieva, M. Ilieva. Vacuum metallisation equipment combining magnetron sputtering and arc evaporation methods (VME-MS/ARC) in: Втора НКМУ "Металознание, нови материали, хидро- и аеродинамика'2012", София, Институт по металознание, съоръжения и технологии "Акад. А. Балевски" - БАН, 2012;

[3] PROJECT 2006 – MEE – 02 - “Development of multilayered nanostructured protective-decorative coatings TiN/CrN..... combining Magnetron and ARC sources of vapors”, director: Prof. R. Shishkov, DTSc, University of Ruse, 8 Studentska Str., 7017 Ruse, Bulgaria, 2006;

[4] Тодорова Св., Дочев Д., Кънев М.,Равномерност по дебелина на покрития нанасяни във вакуум, Научно практическа конференция - НТС, Ямбол, 1985.

Докладът е рецензиран