FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVII.

Kolozsvár, 2012. március 22–23.

LANGMUIR SZONDÁS MÉRÉSEK MAGNETRONOS PORLASZTÓ RENDSZERBEN

PAPP Sándor, JAKAB-FARKAS László, BIRÓ Domokos

Abstract

The automatic control of the reactive plasma sputtering process requires knowledge of the plasma discharge state and the determination of major process parameters. The energy of the sputtered target (titanium) atoms, respectively the ionization level of the working gas (argon) plays critical roles in the sputtering process, therefore is important information about of the status of processes at the level of the substrate. In this paper, we present our studies regarding Langmuir method measurements of current-voltage characteristic of the plasma to follow "in situ" the quality parameters of the sputtering process. Also we present the structure and description of an automatic measuring and data processing system.

Key words:

Plasma parameters, Langmuir probe, sputtering, electron temperature

Összefoglalás

A reaktív plazma porlasztás folyamatának automata szabályozása feltételezi a plazma kisülés állapotának ismeretét és a jelentősebb folyamatparaméterek meghatározását. A porlasztott céltárgy (titán) atomjainak energiája, illetve a porlasztás folyamatában kritikus szerepet játszó munkagáz (argon) ionizációs foka a folyamat állapotának fontos jellemzője. Jelen dolgozatban, a létrehozandó réteg minőségének „in situ” követésének céljából, a Langmuir szondával kimért áram-feszültség jelleggörbék feldolgozásából kinyerhető jellemzőket tanulmányoztuk. Ugyanakkor a dolgozatban bemutatjuk az általunk fejlesztett számítógép vezérelt mérő és adatfeldolgozó rendszert.

Kulcsszavak:

Plazma paraméter, Langmuir szonda, porlasztás, elektron hőmérséklet.

1. Bevezetés

Nanoszerkezetű vékonyréteg keménybevonatok előállítása és tulajdonságaik vizsgálata napjaink egyik kiemelt kutatási feladatának számít. A nanokompozit szerkezetű bevonatok iránt tapasztalható növekvő érdeklődést elsősorban az általuk mutatott különleges fizikai-kémiai tulajdonságok magyarázzák. Nagy keménységük, magas hőmérsékletű stabilitásuk, korrózió és oxidációval szembeni ellenállóságuk révén a nanoszerkezetű vékonyrétegek jelentős lehetőséget kínálnak a tribo-mechanikai kopásvédelem számára. A bevonatok tervezése számos tényező ismeretét és figyelembevételét teszi szükségessé, amelytől alapvetően függ a felhasználható anyagok, a rétegnövesztési módszer, illetve a folyamatparaméterek megválasztása.[1]

Speciális összetétele miatt a plazma tulajdonságai eltérnek a közönséges gázokétól. A plazma vizsgálata elsősorban kísérleti úton történik, tulajdonságainak elméleti értelmezése nehezebb, mint egy

közönséges gázé. Ennek oka elsősorban az, hogy az: elektromos kölcsönhatás hosszú hatótávolságú, ezért a plazmában erősen kölcsönható részecskék vannak. Az ideális gázra vonatkozó megfontolások emiatt csak ritkán alkalmazhatók.[2]

Kutatásaink középpontjában egy DC-PVD reaktív magnetronos porlasztó berendezésben a Langmuir szondás módszerrel kinyerhető különböző plazmaparaméterek méréséhez használható módszer és mérőrendszer tanulmányozása és kivitelezése állt [3].

2. Kísérleti körülmények

A kísérletek elvégzéséhez a következő berendezéseket és eszközöket használtunk:

- egyenfeszültségű PVD reaktív magnetronos porlasztó berendezés;
- Langmuir szonda
- saját fejlesztésű, feszültségvezérelt tápforrás -100...+30 V kimeneti feszültséggel;
- APPA 305 típusú, optikailag leválasztott, feszültség és árammérő
- NI USB-6008 típusú adatbegyűjtő kártya;
- Számítógép, C++ alapú vezérlő software.

A plazma kisülésben behelyezett Langmuir szondát, egy vákuumátmeneten keresztül a három céltárgy közül az egyik előtt vízszintes síkban elforgatva, különböző pontokban kimértük a plazma feszültség-áram jelleggörbe seregét [4]. A mérési adatokból meghatároztuk a négy legfontosabb plazmajellemzőt, a plazmapotenciált, a lebegőpotenciált, az elektron-hőmérsékletet és az elektronsűrűséget. A méréseket Ti céltárggyal, 6 sccm hozam Ar munkagáz jelenlétében, $3 \cdot 10^{-3}$ Torr dinamikus nyomásértéken végeztük. A kisülési teljesítmény a céltárgy előtti különböző pontokban végzett méréssorozat esetén állandó 200 W volt, a vizsgált kisülési tér a katód előtti 75 mm-es zóna. A kimért szögtartomány értéke a céltárgy középpontjától származtatott $\pm 30^\circ$. Az elforgatás felbontása az előzetes mérés esetén 15° volt, majd az eredmények alapján nagyobb, 2° -os felbontású méréseket végeztünk a 0, - 22° -os tartományban. A mérőpontok helyzetét az 1. ábra mutatja.

1. ábra. A mérőpontok helyzete a céltárgy előtt

Ezen mérésekből meghatároztuk azt a pontot ahol a legmagasabb az ion áram, ez a helyzet a céltárgy középpontjától mért $-7,66^\circ$. Ebben a pontban megismételtük a méréseket, három különböző porlasztási teljesítmény esetén, 200, 350 és 500 W értékeken.

A mérésekhez használt szonda szerkezetét az 2.ábra szemlélteti. Egy kerámia csőben van rögzítve a wolfram szál és a betápláló vezeték elektromos csatlakoztatása. Az így kialakított szerkezet biztosítja a szonda hosszú távú működését, csökkentve a porlasztott fém lerakódás által okozott rövidzár kialakulását.

2. ábra. Langmuir szonda szerkezete és jellemzői

A 3.ábrán látható automata mérőrendszerben az ütemezést egy számítógépen futó program végzi, amely változtatja a szonda feszültséget 1 V-os lépésekkel a -100 és +30 V-os tartományban és egy-egy optikailag leválasztott digitális mérőműszerrel méri, megjeleníti a grafikus felületen és állományba menti a szondafeszültséget és áramot [4].

3. ábra. Automata mérőrendszer felépítése

3. Eredmények

A 4.a ábrán a különböző mérési pontokban kimért jelleggörbe sereg van ábrázolva állandó porlasztási teljesítmény esetén, 4.b. ábrán a különböző teljesítmények esetén $-7,66^\circ$ szondaállásban.

4. ábra. Áram/feszültség jelleggörbék

4. Következtetések / Összefoglaló

Langmuir szonda áram-feszültség jelleggörbéknek jellege megegyezett az elméleti görbék jellegével. A jellegazonosság alapján valószínűsíthető, hogy a magnetron kisülési terének vizsgált tartományában

a töltött részecskék eloszlása követi a Maxwell-Boltzmann statisztikát. Ez alapján a görbékre illesztett függvények paramétereiből kiszámítható a kisülési állapotokhoz tartozó elektron-hőmérséklet, lebegőpotenciál, plazmapotenciál és elektronsűrűség. A magnetron porlasztó forrás kisülési terének térbeli alakulása szemmel is látható az 5. ábrán.

5. ábra. Elektron- és ionáram függése a szondahelyzettől

Langmuir szondával ez a tér jól vizsgálható. A négy legfontosabb plazmajellemző, a plazmapotenciál, a lebegőpotenciál, az elektron-hőmérséklet és az elektronsűrűség helyfüggését sikerült egyértelműen kimutatni. A továbbiakban megvizsgáljuk a porlasztó, ill. a reaktív gáz nyomások hatását a plazmaparaméterekre.

Irodalom

- [1]. D. Biro, P.B. Barna, L. Szekely, O. Geszti, T. Hattori, A. Devenyi, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, A **590**, 99-106 (2008).
- [2]. Francis F. Chen, *Lecture Notes on Langmuir Probe Diagnostics*, Mini-Course on Plasma Diagnostics, IEEE-ICOPS meeting, Jeju, Korea, June 5, (2003).
- [3]. Tsv K Popov, H Kovachev, M Dimitrova, M Mitov, *A computerized experimental set-up for second derivative Langmuir probe measurements*, J. Physics: Conference Series **44** (2006) 191–195
- [4] Biro, D., David, L., Haller, P.: *Dynamic control of reactive magnetron d.c. sputtering process for tribological coatings development*, in COST 516 Tribology Symposium, Finland, 14-15 May 1998

Papp Sándor, doktorandus

EMTE Sapientia, Műszaki és Humántudományok Kar, Marosvásárhely, Villamosmérnöki Tanszék
Románia, Marosvásárhely/Koronka, Segesvári út 1C., 540485, OP 9, CP 4
Tel./Fax : 0040745698939/0040265206211 E-mail: spapp@ms.sapientia.ro

Jakab-Farkas László, doktorandus

EMTE Sapientia, Műszaki és Humántudományok Kar, Marosvásárhely, Villamosmérnöki Tanszék
Románia, Marosvásárhely/Koronka, Segesvári út 1C. 540485, OP 9, CP 4
Tel./Fax : 0040745873844/0040265206211 E-mail: jflaci@ms.sapientia.ro

Biró Domokos, doktor

EMTE Sapientia, Műszaki és Humántudományok Kar, Marosvásárhely, Gépészmérnöki Tanszék
Románia, Marosvásárhely/Koronka, Segesvári út 1C., 540485, OP 9, CP 4
Tel./Fax : 0040746407736/0040265206211 E-mail: dbiro@ms.sapientia.ro