

دراسة نظرية وعملية لميكانيكية انتقال ذرات النحاس المتبخرة الحاصلة نتيجة تصادمات بين الذرات المتبخرة وذرات الغاز تحت ضغوط مختلفة

فارس صالح العطاءالله

قسم الفيزياء ، كلية العلوم ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

(تاريخ الاستلام: ٢ / ٣ / ٢٠١١ ---- تاريخ القبول: ١٦ / ٣ / ٢٠١١)

الملخص

يتناول هذا البحث دراسة ميكانيكية انتقال الذرات المتبخرة لمادة النحاس وذلك بمقارنة النتائج النظرية والعملية لسمك الطبقة المترسبة للمادة المتبخرة (والخذ بالاعتبار تأثير التصادمات بين الذرات داخل حجرة التبخر في الحسابات النظرية قادنا الى تكتيك حساب سمك الطبقة المترسبة لهذه المادة المتبخرة نظريا) وان هذه النتائج تقترب بشكل واضح مع النتائج العملية وتكون النتائج مقبولة عندما يكون ضغط الغاز وسرعة التبخر واطنتان والمسافة بين مصدر التبخر وطبقة الاساس في مركز حجرة التبخر صغيرة وذلك بسبب انخفاض عدد التصادمات الحاصلة بين الذرات داخل حجرة التبخر .

المقدمة

وللتمكن من فهم دراسة ميكانيكية انتقال الذرات المتبخرة للمواد المعدنية تم في هذا البحث دراسة تأثير ضغط الغاز اخذ بنظر الاعتبار التصادمات الحاصلة بين الذرات المعدنية المتبخرة وذرات الغاز ومن خلال مقارنة النتائج النظرية التي يمكن الحصول عليها بواسطة عمل برنامج على الحاسبة مع النتائج العملية .

الخطوات العملية:

ان تحقيق طبقات الاغشية الرقيقة المترسبة للنحاس في [9]، متحققة على طبقة اساس من الزجاج موضوعة في حجرة التبخر المتمثلة بجهاز بالزر (Balzers coatig system) والموضوعة في مواقع مختلفة كما موضح في الشكل [١] . ان جهاز بالزر المستخدم في تحقيق التجارب العملية يعمل بواسطة نظام سيطرة المعالج الدقيق (Microprocessor coatig system)

لكل ظروف التبخر الحراري المتحققة بواسطته وان سمك الطبقة (Thk. Um) محسوبة بطريقة قياس الاغشية الرقيقة في نقطة ما اما سرعة التبخر (Rs gm /mn) فهي تمثل الكتلة المتبخرة على زمن التبخر وتتناسب طرديا مع قدرة مصدر التبخر ولذلك يمكن التحكم بسرعة التبخر من خلال التحكم بالقدرة المجهزة لمصدر التبخر للتمكن من تحقيق دراسة مقارنة لايد من الحصول على نتائج نظرية وعملية لسمك الطبقة (Thk. Um) في نقطة ما وهذه الاخيرة تعتمد على طول المسار واتجاه وطاقة الذرات المتبخرة وان قيمة احتمالية معطاة لذرة واحدة متبخرة بين r و r + dr تكون :

$$\frac{rh f(r) dr}{dn(r) = \frac{rf(r) dr}{r}}$$

n = عدد الذرات المتبخرة .

z = h المسافة العمودية بين المصدر ونقطة الترسيب .

دراسة تقنية الاغشية الرقيقة المترسبة للمعادن تعتمد على عوامل عديدة اثناء تبخير وترسيب ذرات هذه المعادن منها ضغط الغاز وسرعة التبخر والمسافة بين مصدر التبخر ومنطقة الترسيب [1][2] وهذه الاغشية يمكن تحقيقها بالعديد من اصناف التبخر وذلك تبعا لنوع التبخر الفراغي المستخدم والذي يسهل الحصول على هذه الاغشية وبسرعة ترسيب مناسبة وتماسك جيد لهذه الذرات المترسبة (متانة في الاغشية الرقيقة) ومن اهم انواع التبخر الحراري للمعادن التبخر الحراري بتأثير جول (Joule effect) ، وبواسطة الفذف الالكتروني (Elecectric bombordement) [3] [4] وبطريقة الترددات العالية (High frequency method) [5] وبواسطة القوس الكهربائي (ELECTRCAL ARC)[6] وباستخدام اشعة الليزر ذو الطاقة العالية (High power laser beam) [7] و بطريقة الرذاذ الكاثودي (Cathodic spray) [8].

وبما ان لتقنية التبخر الحراري الفراغي للمعادن بتأثير جول من اهمية في امكانية التعرف على الظواهر والعوامل التي لها تأثير على ميكانيكية انتقال الذرات المعدنية المتبخرة داخل حجرة التبخر وعلى خواص الاغشية الرقيقة للذرات المترسبة للمعادن وباستخدام جهاز بالزر

(Balzers coig systemsa) [9] لتحقيق هذه النتائج العملية ، وان استخدامات الاغشية الرقيقة للمعادن اهمية متزايدة في الاستخدامات الالكترونية مثلا في الدوائر المتكاملة (Integrated) circuit والخلايا الضوئية (Photo cells) [10] وفي استخدامات معالجة الاشارة (Signal processing) [11].

وفي هوائيات الطبقات الرقيقة (Microstrip Antenna) [12]ومن النتائج العلمية السابقة التي حصل عليها الباحث في [9] يستنتج ان امكانية انتقال الذرات المتبخرة تعتمد بشكل اساسي على سرعة التبخر (Re gm/ mn) وضغط الغاز (p Torr) والمسافة العمودية (Z cm) (بين مصدر التبخر والطبقة الاساس).

تقترب من النتائج النظرية عند ضغوط غاز منخفضة ($p = 0.0053$ Torr) ،
 وذلك عند سرعة تبخير ثابتة ($Re = 0.5 \text{ gm/mm}$) .

اما الشكل البياني [5] ونفس العلاقة اعلاه يوضح ان هناك فرق واضح بين النتائج العلمية والنتائج النظرية وذلك بسبب عدد التصادمات (بين الذرات المتبخرة وذرات الغاز) المتزايدة بسبب ازدياد ضغط الغاز ومم يوثق الافتراض المأخوذ في وضع البرنامج الحسابي للحصول على النتائج النظرية (الذي ياخذ بالاعتبار تأثير التصادمات بين الذرات المتبخرة وذرات الغاز داخل حجرة التبخير وهذا مائين في النتائج العملية اذ كلما قل ضغط الغاز قل عدد التصادمات بين ذرات الغاز المتبخرة للنحاس وهذا يتحقق بشكل افضل عندما تكون سرعة التبخير أيضا ضعيفة والذي يبين تقارب افضل للنتائج النظرية مع مثيلاتها العملية.

ومن الشكل البياني [7,6] والذي يوضح العلاقة بين سمك الطبقة المترسبة ($Thk . Um$) والمسافة العمودية ($Z \text{ cm}$) على مصدر التبخير [4] نستنتج ان النتائج العملية تقترب من النتائج النظرية كلما قل ضغط الغاز ولكن لم يكن هذا التقارب متناسبا مع تصميم المسافة لانه في نقاط مختلفة يقترب ويبعد .

لان المعادلة النظرية تثبت بان انتشار الذرات داخل حجرة التبخير يكون على شكل كروي بينما سطح الترسيب هو سطح مستوي لذلك فان النتائج العملية والنظرية تقترب الى حد ما عندما يكون الترسيب على الجدار في نقاط بعيدة من مصدر التبخير .

ويمكن تحقيق مقارنة بين النظري والعملية عند مستوى مصدر التبخير (C) وكما موضح في الشكل [٩،٨] بسبب اهمال التصادمات كليا بين ذرات الغاز والذرات المتبخرة داخل حجرة التبخير على اعتبار ان اذرات المترسبة تسير بخطوط ضعيفة (Re) يتحقق افضل تقارب بين النتائج النظرية والعملية .

وهذا ما يؤكد ان هذين العاملين في التبخير الحراري الفراغي مع المسافة العمودية ($z \text{ cm}$) (وبين طبقة الاساس ومصدر التبخير) لهما تأثير على ميكانيكية انتقال الذرات المتبخرة والتي يؤثر على توزيع الذرات المترسبة في كل نقطة من النقاط المطلوب دراستها .

$x = r$ نصف قطر حجرة التبخير .

وبعد اجراء حسابات رياضية يمكن الحصول على سمك الطبقة نظريا (Thk. th) بالمعادلة التالية

$$Thk.th = k.Thk. exp \dots \dots (1)$$

وان k عبارة عن ثابت يعتمد على كمية المادة المتبخرة في وحدة الزمن وعلى دالة سمك الطبقة الرقيقة المترسبة $f(r)$.

حيث ان

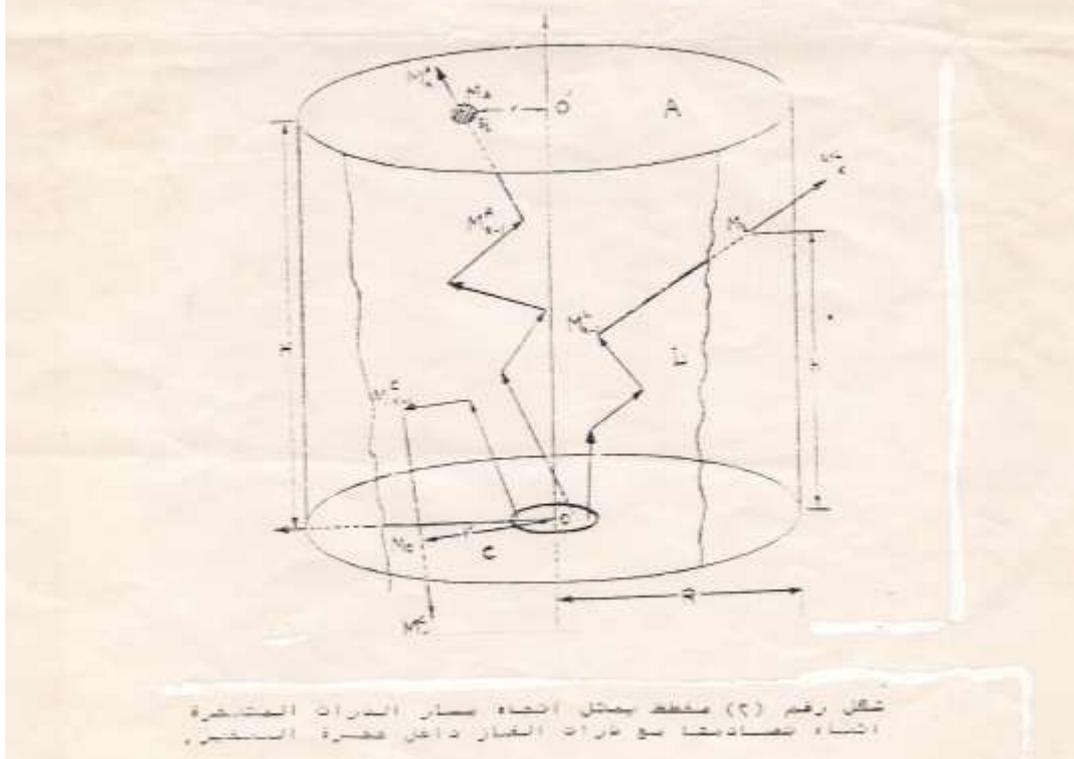
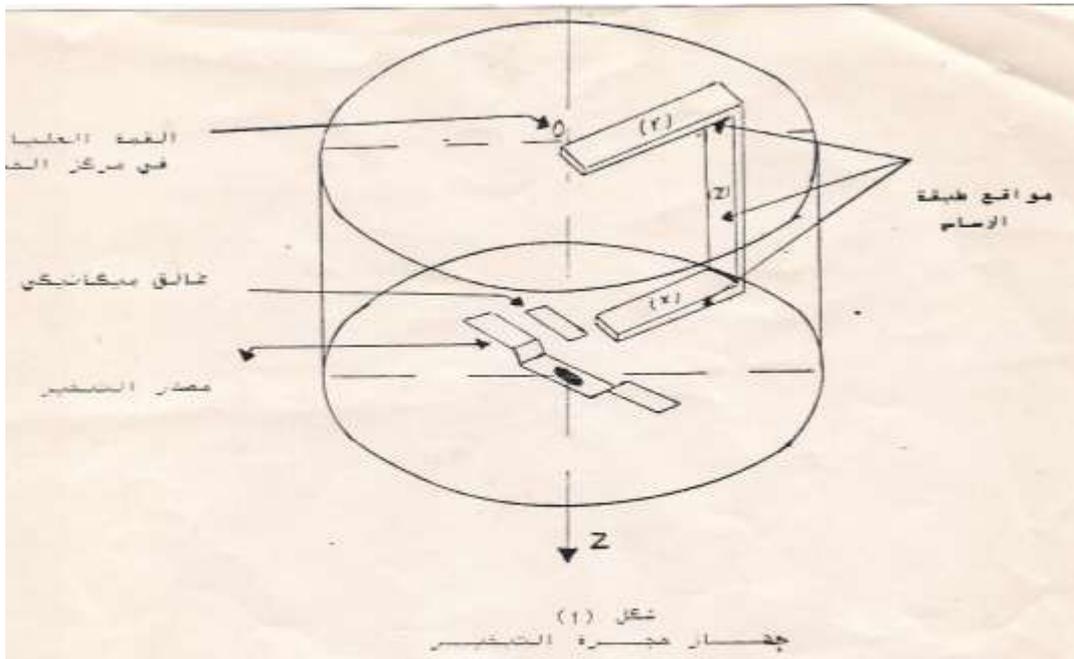
$$k = \frac{n1}{N1} = \frac{Thk. th}{Thk. exp}$$

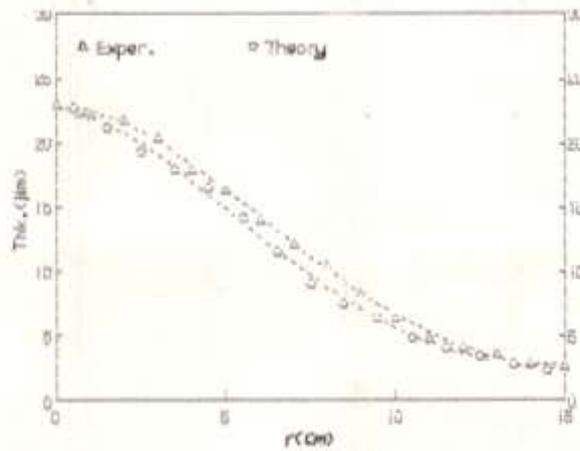
في حالة ان $N1=73$ ، جزيئة و $n1 = 6.15 * 10$

وعندما $Thk.th = 23.3 \text{ mm}$ وبترسيب لمدة ساعة وإجراء الحساب رياضيا تم اخذ بنظر الاعتبار التصادمات الحاصلة بين الذرات المتبخرة وذرات الغاز اثناء مسارها من مصدر التبخير الى نقطة الترسيب على طبقة الاساس وبهذا يكون مسارها متغير تبعا للتصادمات وتترسب اينما تسقط المسافة العمودية بين مصدر التبخير وطبقة الاساس في اعلى حجرة التبخير تؤثر على سرعة الترسيب وذلك كلما زادت هذه المسافة كلما زادت عدد التصادمات بين الذرات المتبخرة وتترسب بمواقع تعتمد على اتجاه انطلاقها بعد التصادمات الحاصلة من مصدر التبخير كما موضح في الشكل (2) ولتحقيق هذا الحساب تم عمل برنامج على الحاسبة (بلغة فورتران) والذي يعتمد دالة سمك الطبقة الرقيقة ($f(r)$) كعامل اساسي في تحقيق التوافق بين النتائج النظرية والعملية اضافة الى المعطيات الاخرى في الحسابات الرياضية ، [١٤،١٣] .

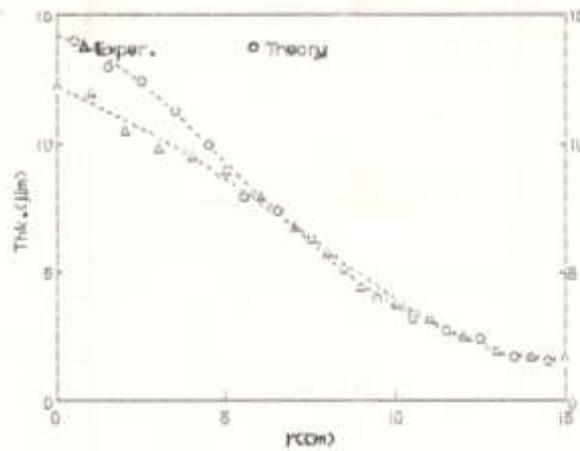
مقارنة النتائج واستنتاجاتها :

ان الاشكال البيانية [3] و [4] توضح العلاقة بين سمك ($Thk . Um$) في اعلى حجرة التبخير (A) بالمنطقة المقابلة للمصدر مع المسافة الافقية ($r \text{ cm}$) وتوضح هذه الاشكال ان النتائج العملية

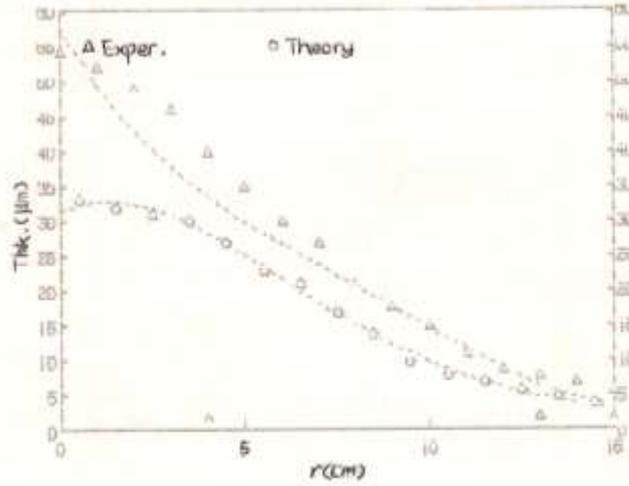




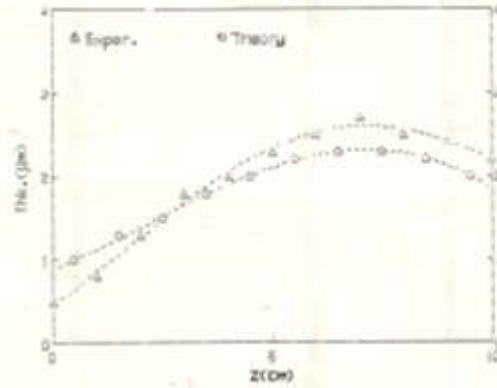
شكل (٣) : مقارنة بين سمك الطبقة المترسبة نظريا وعمليا عند ضغط غاز $P=0.0053$ Torr في اعلى حجرة التبخير (مقابل مصدر التبخير) A.



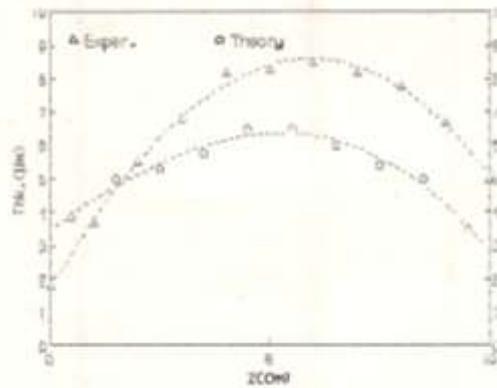
شكل (٤) : مقارنة بين سمك الطبقة المترسبة نظريا وعمليا عند ضغط غاز $P=0.0026$ Torr في اعلى حجرة التبخير (مقابل مصدر التبخير) A.



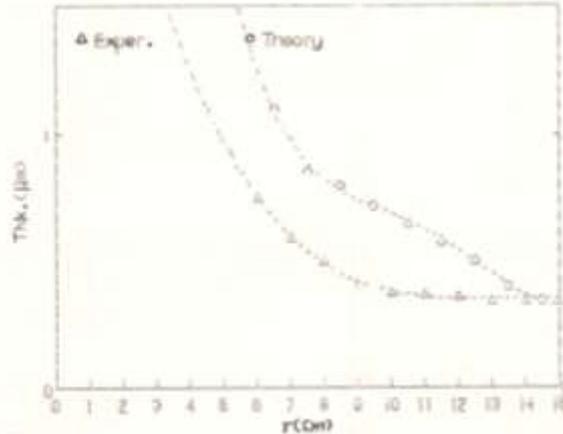
شكل (٤) : مقارنة بين سمك الطبقة المترسبة نظريا وعمليا عند ضغط غاز $P=0.013$ Torr في أعلى حجرة التبخير (مقابل مصدر التبخير) A.



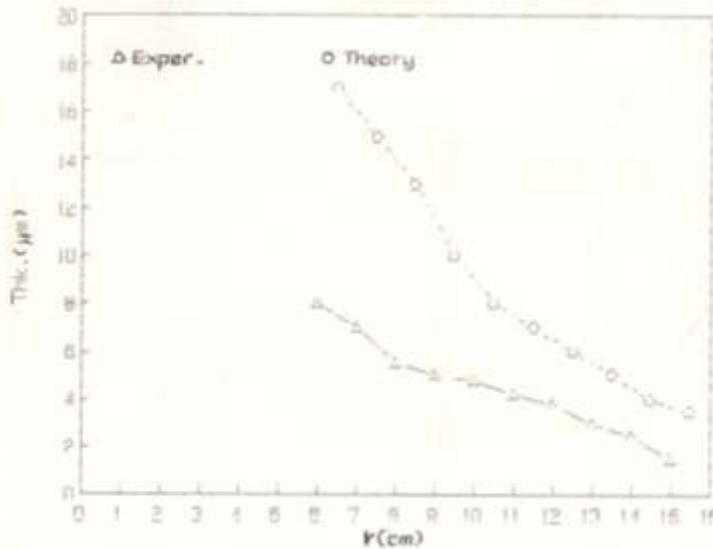
شكل (٦) : مقارنة بين سمك الطبقة المترسبة نظريا وعمليا عند ضغط غاز $P=0.026$ Torr على جدار حجرة التبخير L.



شكل (٧) : مقارنة بين سمك الطبقة المترسبة نظريا وعمليا عند ضغط غاز $P=0.013$ Torr على جدار حجرة التبخير L.



شكل (٨): مقارنة بين سمك الطبقة المحترقة نظرياً وعملياً عند ضغط غاز $P=0.0026$ Torr بجذب معدن التبخير C.



شكل (٩): مقارنة بين سمك الطبقة المحترقة نظرياً وعملياً عند ضغط غاز $P=0.013$ Torr بجذب معدن التبخير C.

المصادر

- 1- R.B. Present, Kintic Theory Of Gases, Mcgraw-Hill, Newyork, 1958. W.D. Westwood. J. Vac. Sci. Technol., 15,1(1978) .
- 2- DR.WAGAH F., Dr. Faris., Study of Aluminium thin films properties under different thermal vacuum deposition parameters. AL- Rafidain engineering .vol.3, No.2, year 1995 , pp. 38-51.
- 3- P. Sommeramp, Le vide, LES COUCHES MINCES , 83, NO. 219 (1983) , PP517-526
- 4- e.b. graber j. vac, 3ci, technol.,8,n 1,(1980) ,pp333-337
- 5- t.spalvins, research/development , oct, 1976,pp45-48.
- 6- p.hato, p. colligono, sits 85,avril 1985,pp161-168. sepic 17 , rue d uzes, 75000 paris .
- 7- a.dakhsakhal yan, a. bityurin, s.v. gaponov, a.a. gudkov, v. i luchin, sovphys. tech. phys. , 27 ,no 8 (1982), pp969-973.
- 8- j.l. vossen ,j.j.cuomo , thin films processes (acadmeic press , n. y. london 1978) . p12.
- 9- dr. wagah f., dr.farris s, the effects of evaporation parameters on the deposition rate of metals deposition low prerures. al- rafidain scintifique vol.7,no .1 ,year 1996.
- 10- h.j bhatt,appl . phys lett . , 19(2) (1971) 30.
- 11- r.j murry and p.d white, electronics, 54 (18). (1981) , 120.
- 12- z.popovic, m. kim and d.b. rutledge , inter .j. of infrared and MM wavas g (7) , (1988) , 647 .
- 13- lederman, handbook of applicable mathematics. volum iii. numerical method. editor:f. churchhouse , jhon wiley& ,ltd 1981.
- 14- m.abramowitz and i .a. stegun, handbook of mathematical function with, fonmulas, series 55 ,issued june 1946. third pinting march 1965 ,p 916.

Theoretical and experimental Study on the movement mechanism of the evaporated copper atoms due to the collisions of the evaporated and gas atoms inside the vacuum of the evaporator

Faris Salih Atallah

Department Of Physics , Collage Of Science , Tikrit University , Tikrit , Iraq

(Received: 2 / 3 / 2011 ---- Accepted: 16 / 3 / 2011)

Abstract

The mechanical distribution of evaporated copper atoms and the thicknesses are calculated experimentally and compared with the theoretical results. The effect of the pressure has not been neglected. It has been noticed that the experimental and theoretical results were nearly the same specially when the pressure and the evaporation rate were very low and the distance between the source and substrate of the center of the evaporation chamber was small.