



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة العربي التبسي -تبسة

كلية العلوم الدقيقة و علوم الطبيعة و الحياة

قسم : علوم المادة

مذكرة ماستر

ميدان : علوم المادة

شعبة : فيزياء

اختصاص : فيزياء المواد المكثفة

الموضوع :

عدم تماثل المناحي لعينة

Fe(300Å)/Ag(tAg)/MgO(001)

انجزت من طرف :

ناصر عفاف

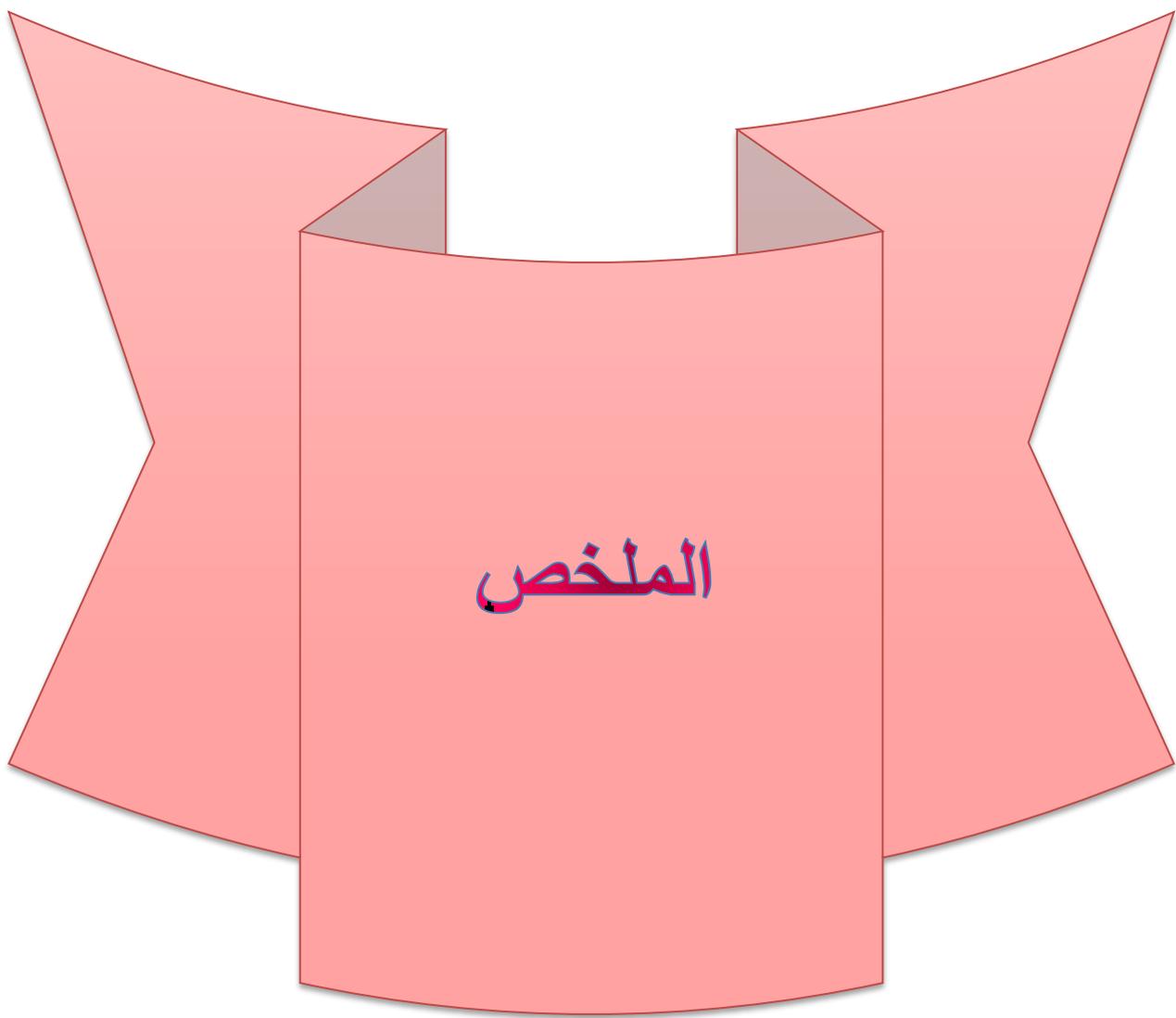
عبيد نوال

امام لجنة المناقشة :

رئيس اللجنة	جامعة العربي التبسي-تبسة-	استاذ تعليم عالي (ا)	شمام فيصل
مؤطرة	جامعة العربي التبسي-تبسة-	استاذة محاضرة (ب)	بوخالفة راضية
ممتحن	جامعة العربي التبسي-تبسة-	استاذ محاضر (ب)	بوالديار عبيد

26/05/2018

تاريخ المناقشة :



الملخص

ملخص

لقد حضرت اربع عينات بواسطة تقنية الترسيب الموجه بالقذف الجزيئي تحت الفراغ الفائق ودرجة حرارة الغرفة ، فوق مسند اوكسيد المغنزيوم (MgO(001) أحادي التبلور. الفرق الوحيد بين العينات هو سمك الطبقة البينية المستخدمة و المحضرة من الفضة، والذي يتغير من 0Å إلى 150Å، سمك الطبقة المغناطيسية المدروسة و المحضرة من الحديد ثابت ويساوي 300Å. ان الهدف من تغيير سمك الطبقة البينية هو تعزيز الدراسة، بمعرفة تأثير هذا الاخير على حقل عدم تماثل المناحي. ولقد درست الخصائص المغناطيسية لهذه العينات باستخدام تقنية المغنطو ضوئية لتأثير Keer بتطبيق حقل مغناطيسي خارجي موازي للزاوية 00° و 45° بالنسبة للاتجاه <100> لطبقة الحديد. تحليل منحنيات التخلف المغناطيسي أكدت وجود عدم تماثل مناحي في مستوى العينات، و تعلق كل من: نوع الاستجابة الفيرومغناطيسي، قيمة الحقل القسري، حقل التشبع، مغنطة التشبع ، و حقل عدم تماثل المناحي بتغير سمك الطبقة البينية للفضة .

الكلمات المفتاحية

MgO, Ag, Fe ،المسند، أحادي التبلور، طبقة بينية، دورة التخلف المغناطيسي، مغنطة التشبع، المغنطة المتبقية، حقل التشبع، الحقل القسري، حقل عدم تماثل المناحي



RÉSUMÉ

RÉSUMÉ

Quatre types d'échantillons ont collaboré par la technique d'épitaxie par jet moléculaire sous ultra-vide et à la température ambiante, sur un substrat monocristallin MgO(001). la seule différence entre eux c'est l'épaisseur de la couche tampon utilisée et préparé a partir de l'argent, qui est varié de 0Å à 150Å, l'épaisseur de la couche magnétique étudié et préparé à partir du Fer fixé et égal à 300Å. Le but de changer cette épaisseur est de progresser l'étude, par la connaissance de l'effet de cet dernier sur le champ d'anisotropie. Les propriétés magnétiques de ces échantillons ont été étudiées par la technique de magneto optique à effet de Kerr en appliquant un champ magnétique externe parallèle à l'angle de 0 ° et 45 ° pour la direction de <100> de la couche de fer. L'analyse des courbes de cycles d'hysteresis magnétique a confirmé la présence de l'anisotropie magnétique dans le plans des échantillons, et la dépendance des: le type de réponse magnétique, la valeur du champ critique et le champ de saturation, l'aimantation de saturation, et le champ d'anisotropie avec l'épaisseur de la couche tampon d'argent

LES MOTS CLÉS

Fe, Ag, MgO, substrat, monocristallin, couche tampon, cycle de retard magnétique, aimantation de saturation, aimantation rémanente, le champ de saturation, le champ coercitif, le champ d'anisotropie.



ABSTRACT

ABSTRACT

Four types of samples have collaborated by the technique of ultra-vacuum molecular beam epitaxy at room temperature on magnesium oxide single crystalline MgO (001), the only difference between them is the buffer layer thickness used and prepared from Silver, how's varied from 0Å to 150Å, the thickness of magnetic layer prepared from Iron fixed and equal to 300Å. The purpose of changing this thickness is to progress the study, by the understanding of the effect of buffer layer used on the anisotropy field. The magnetic properties of these samples were studied by Kerr effect magneto optical technique by applying an external magnetic field parallel to the 0 ° and 45 ° angle for the <100> direction of the Iron layer. The analysis of magnetic hysteresis cycle loops confirmed the presence of a magnetic anisotropy in the plan of sample. And the dependence of: the type of magnetic response, the critical field value and the saturation field, saturation magnetization, and anisotropy field with Silver buffer layer thickness.

KEYWORDS

Fe, Ag, MgO substrate, single-crystalline, buffer layer magnetic retardation cycle, saturation magnetization, remanent magnetization, saturation field, coercive field, anisotropy field.

الأهداء

الحمد لله الذي علم بالقلم علم الانسان ما لم يعلم و الصلاة و السلام على معلم البشر و على اله و صحبه اجمعين .
اولا و قبل كل شيء اتقدم باسمي عبارات الشكر و الامتنان و التقدير الى من يعجز لساني عن ايجاد العبارات المناسبة لشكره
الى من

سدد خطاي و انار طريقي الى واهبي الحياة الى **ربي** رب العزة جل جلاله .
إلى من كلله الله بالهيبة و الوقار. إلى من علمني العطاء بدون إنتظار..
إلى من أحمل اسمه بكل افتخار.. أرجو من الله ان يمد في عمرك لترى ثمارا
قد حان قطافها بعد طول إنتظار و ستبقى
كلماتك نجوما أهتدي بها اليوم و في الغد و إلى الابد ..

ابي العزيز

إلى فراش السلام وغطاء الأمان و صدر الحب والحنان
إلى بسمه الحياة و سر الوجود

امي الحبيبة

وإلى كل أخواتي (**ليلي و مروى**) وبنات خالي (**سهام و كوثر**)

وخاصة الى **عمي العزيز الحفصي**

وإلى كل الأساتذة الكرام الذين غرسوا فينا حب العلم وجعلوا منا طلابا له
إلى كل زملائي وزميلاتي في الدراسة خاصة (**سهام - احلام-نهادهوداد-الهام**) وكل من يعرفني من قريب او بعيد
إلى كل من مد يداً ليذفني إلى مزيد من التقدم

نوال



شكر وتقدير

الحمد لله الذي هدانا وما كنا لنهتدي لو أن هدانا الله

نشكر المولى القدير ذي الجود و الفضل الكبير على توفيقه لنا و اتمام هذا العمل

إن الحياة ألم و أمل يحققه عمل و عمل ينهيه أجل و بعد ذلك يجزي الله كل امرئ بما فعل

نتقدم بالشكر و العرفان و الاحترام الى الاستاذة المشرفة "**بوخالفة راضية**" على قبولها الاشراف

على هذه المذكرة و اقتراحاتها و نصائحها و على طول صبرها و سعة صدرها أثناء التحضير للمذكرة

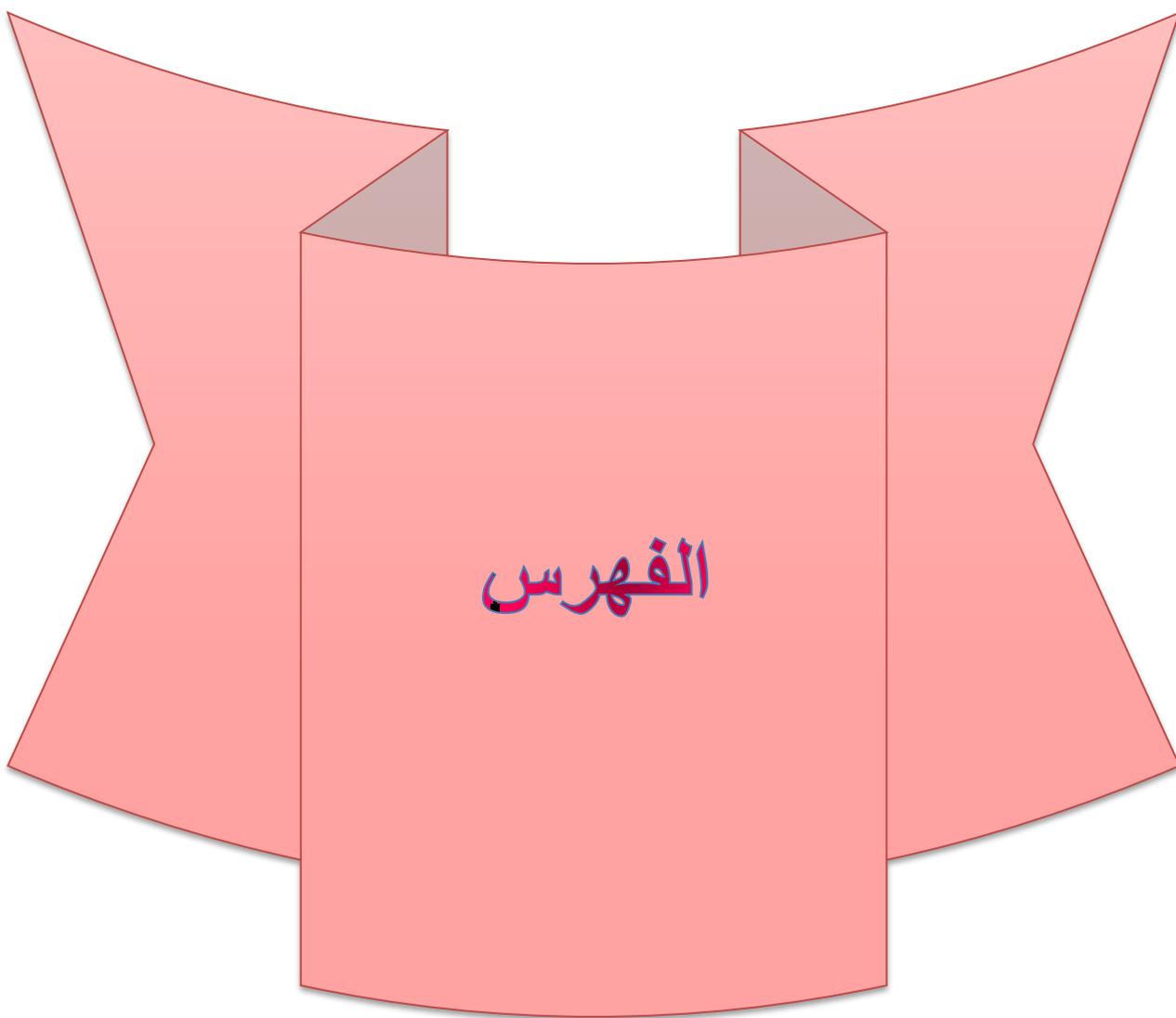
شكرا استاذتنا كنت خير دليل و خير سند و معلم

كما اتقدم بالشكر الى الاستاذ البروفسور **شمام فيصل** على قبوله ترأس لجنة المناقشة

و لا يفوتني في هذا المقام ان اتقدم بالشكر الجزيل الى الاستاذ الدكتور **بوديار عبيد** على قبوله ان يكون ممتحنا في هاته المذكرة

و شكرا على النصائح و الارشادات التي ستوجهنا نحو مستقبل افضل .







الفهرس

01	المقدمة العامة
	الفصل الاول
	مفاهيم عامة حول التباين المغناطيسي
03	1-1- مقدمة
03	2-1- تعريف علم المغناطيسية
04	3-1- مصدر المغناطيسية
04	4-1- تعريف الاغشية الرقيقة
04	5-1- تعريف التباين المغناطيسي
04	6-1- انواع التباين المغناطيسي
04	1-6-1- تباين المناحي المغناطيسي البلوري
04	1-1-6-1- تباين المناحي المغناطيسي احادي الاتجاه
05	2-1-6-1- تباين المناحي المغناطيسي المكعب
05	2-6-1- تباين المغناطيسي الشكلي
06	3-6-1- تباين المغناطيسي السطحي
07	4-6-1- تباين المغناطيسي المروني
07	7- I- بيان التخلف المغناطيسي (الهسترة)
08	8- I- التغيرات الرئيسية المميزة لبيان الهسترة



08	1-8-I الشكل
08	2-8-I الحقل القسري
08	3-8-I مغنطة التشبع
09	9-I تصنيف المواد الفيرومغناطيسية
09	1-9-I المواد الفيرومغناطيسية القاسية
09	2-9-I الماد الفيرومغناطيسية اللينة
10	10-I المناطق المغناطيسية
10	11-I حواجز Blokh
10	12-I تاثير زيمان العادي
10	13-I حقل عدم تماثل المناحي
10	14-I تطبيقات الاغشية الرقيقة
11	1-14-I التخزين المغناطيسي
11	1-1-14-I التسجيل الطولي
12	2-1-14-I التسجيل العرضي
13	2-14-I رؤوس التسجيل المغناطيسي
14	15-I الاستنتاج



الفصل الثاني تقنية تحضير العينات و طريقة تحليل خصائصها المغناطيسية

- 15 II-1-1 مقدمة
- 15 II-2-1 تقنية الترسيب الموجه بالقذف الجزيئي لترسيب العينات
- 15 II-2-1 تعريف الترسيب الموجه بالقذف الجزيئي
- 15 II-2-2-1 مبدا عمل التقنية
- 16 II-2-3-1 وصف هيكل التقنية
- 16 II-2-4-1 ايجابيات تقنية الترسيب الموجه بالقذف الجزيئي
- 17 II-3-1 الية تشكل الاغشية الرقيقة
- 18 II-4-1 تقنية المغنطوضوئية لدراسة الخصائص المغناطيسية للعينات
- 18 II-4-1-1 تعريف تقنية المغنطوضوئية لفعل Keer
- 19 II-4-2-1 انواع المغنطوضوئية لفعل Keer
- 19 II-4-2-1-1 المغنطوضوئية القطبية
- 19 II-4-2-2-1 المغنطوضوئية الطولي
- 19 II-4-2-3-1 المغنطوضوئية العرضي
- 20 II-4-3-1 ايجابيات تقنية المغنطوضوئية لفعل Keer
- 20 II-5-1 كيفية تحضير العينات



20	II-5-1- تحضير المسند
21	II-5-2- كيفية ترسيب الطبقات
21	II-5-1-2- ترسيب طبقة الفضة
21	II-5-2-2- ترسيب طبقة الحديد
22	II-6- الشكل النهائي للعينات
22	II-7- الاستنتاج

تحليل النتائج التجريبية و مناقشتها

الفصل الثالث

23	III-1- مقدمة
23	III-2- شرح منحنيات التخلف المغناطيسي
25	III-2-1- شرح تغيرات الحقل القسري
26	III-2-2- شرح تغيرات حقل التشبع و مغنطة التشبع
27	III-3- ايجاد حقل عدم تماثل المناحي
31	III-4- الاستنتاج



قائمة الجداول

قائمة الجداول

الصفحة	اسم الجدول	الجدول
26	تغير قيم كل من مغنطة التشبع و حقل التشبع بدلالة كل من سمك الطبقة البينية و اتجاه الحقل المطبق	1-III
30	تغير قيم ثابت عدم تماثل المناحي البلوري واحادي الاتجاه و كذلك حقل عدم تماثل المناحي المغناطيسي بدلالة سمك الطبقة البينية	2-III



قائمة الأشكال

قائمة الأشكال

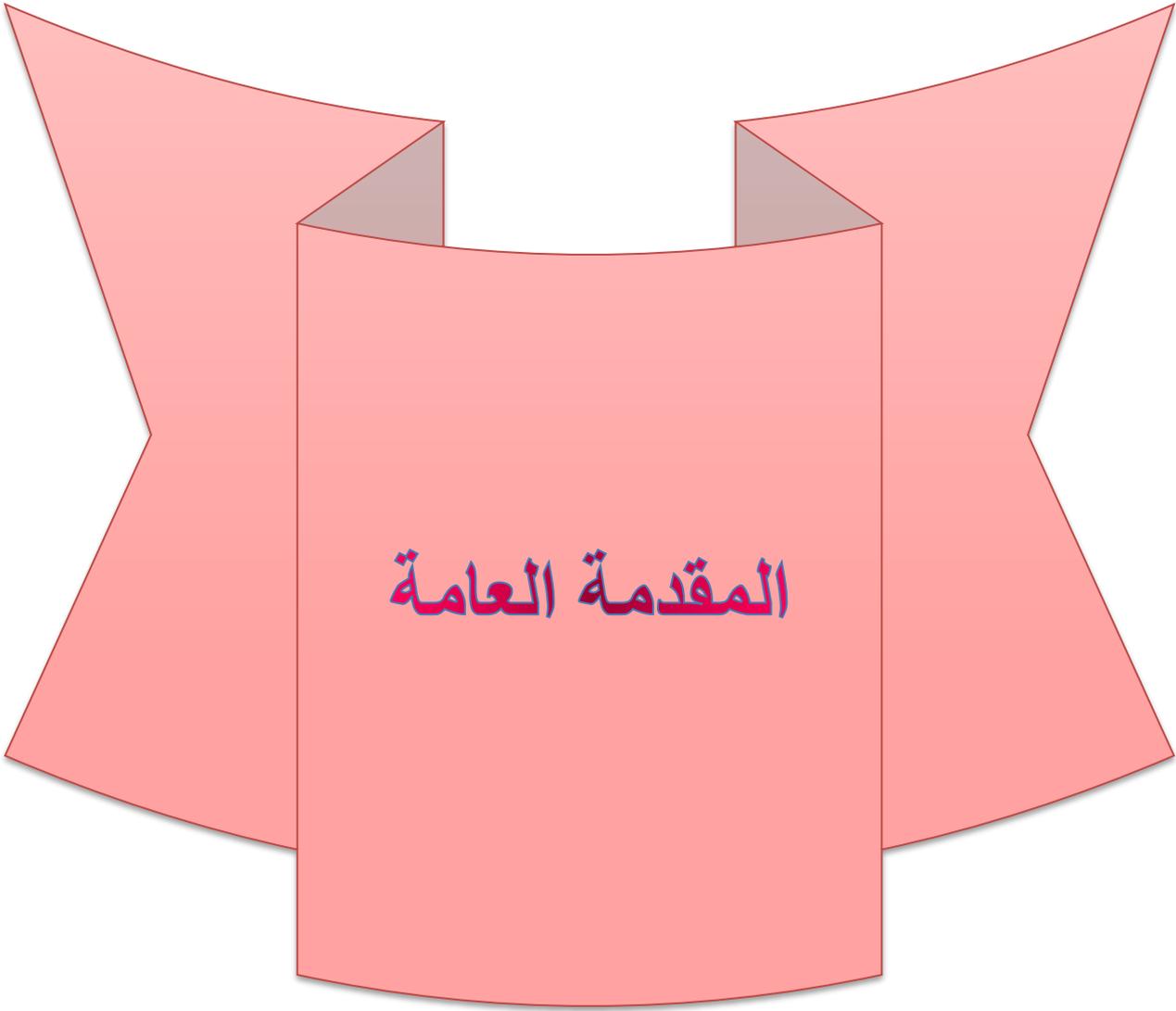
الصفحة	اسم الشكل	الشكل
05	تمثيل الزوايا البلورية	1-I
06	تمثيل الزاوية المحصورة بين شعاع المغنطة و العمودي على سطح العينة	2-I
08	تغير كل من المغنطة بدلالة الحقل المغناطيسي المطبق (بيان الهسترة)	3-I
09	بيان الهسترة لكل من (أ) المواد الصلبة , (ب) المواد اللينة	4-I
12	اتجاه المغنطة في التسجيل الطولي	5-I
12	اتجاه المغنطة في التسجيل الطولي	6-I
13	الراس المغناطيسية	8-I
16	تخطيط بياني لهيكل تقنية الترسيب بالقذف الجزيئي الموجه	1-II
18	رسم تخطيطي لانواع نمو الاغشية الرقيقة	2-II
19	رسم تخطيطي لتقنية المغنطو ضوئية لفعل Kerr	3-II
20	رسم تخطيطي لانواع تأثير Keer	4-II
21	رسم تخطيطي لبلورة اوكسيد المغنيزيوم	5-II
22	رسم تخطيطي لبلورة الحديد	6-II
24	دورات التخلف المغناطيسي لجميع العينات	1-III
25	تغير الحقل القسري بدلالة كل من سمك الطبقة البينية و الحقل المطبق	2-III
28	موضع المغنطة و الحقل بالنسبة للمحاور البلورية	3-III
31	تغير حقل عدم التماثل المناحي بدلالة تغير سمك الطبقة البينية	4-III



قائمة الرموز

قائمة الرموز

الرمز	معناه
θ	الزاوية بين المغنطة و المحور العمودي
k_u	ثابت عدم تماثل المناحي احادي الاتجاه
k_1 k_2	ثوابت عدم تماثل المناحي المغناطيسي البلوري
α_i	جيب و تجيب تمام الزاوية θ
H_d	حقل ازالة المغنطة
μ_0	النفاذية في الفراغ
M	المغنطة
H_{ext}	الحقل الخارجي
E_d	طاقة حقل ازالة المغنطة
L_m	ثابت عدم تماثل المناحي المروني
σ	العيوب البلورية
L	العزم المداري
M_s	مغنطة التشبع
H_s	حقل التشبع
M_r	المغنطة المتبقية
H_C	الحقل القسري
H_u	حقل عدم تماثل المناحي احادي المحور
ϕ_m	الزاوية بين المغنطة و الاتجاه $\langle 110 \rangle$
ϕ	الزاوية بين المغنطة و الاتجاه $\langle 100 \rangle$
CVD	تقنية الترسيب بالتبخير الكيميائي
PVD	تقنية الترسيب بالتبخير الفيزيائي



المقدمة العامة

المقدمة العامة

تعد اليوم دراسة المواد في شكل اغشية رقيقة من الموضوعات المهمة، خاصة انها تعتبر احدى الوسائل المناسبة لمعرفة العديد من خصائصها الفيزيائية، التي يصعب الحصول عليها وهي في صورتها الصلبة. و بفضل هذه الخصائص بلغت مكانا بارزا في البحوث و حققت قفزة سريعة في مختلف المجالات. ومع زيادة التقدم العلمي والتكنولوجي تطورت طرق تحضير الطبقات الرقيقة، فتنوعت بين الطرق الكيميائية، والتي تسمى تقنية الترسيب بالتبخير الكيميائي (CVD) بمختلف انواعها، ومنها ما هو فيزيائي، وتعرف باسم الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD)، ولعل اهم تقنية في هذا النوع من انواع التحضير، تقنية الترسيب الموجه بالقذف الجزئي، والتي تعرف بالفرنسية باسم Epitaxie par jet moléculaire (EJM)، والتي اعتمدت في تحضير العينات المدروسة في هذا العمل، ولقد تفوقت هذه التقنية على نظيراتها من تقنيات تحضير الاغشية الرقيقة، في التصدي للعديد من العوائق المعلقة كالتحكم في السمك و نوعية العينات المنتجة والتي من اهم اسباب رداؤها هو تحضيرها في الضغط الجوي، حيث ان ترسيب طبقات العينات تحت الفراغ الفائق يساعد على انتاج عينات ذات نوعية جيدة من حيث الاسطح و بين الاسطح الذي يتكون من تجمع ذرات طبقتين مترسبتين فوق بعضهما البعض مختلفتين، مثل ذرات المسند و الغشاء المرسب عليه، او ذرات غشائين مختلفتين، سواء اكانا لهما نفس الطبيعة الفيزيائية، او من طبيعتين فيزيائيتين مختلفتين تماما، مثل ترسيب مادة مغناطيسية فوق مادة غير مغناطيسية كما هو الحال بالنسبة للعينات المدروسة في عملنا هذا، حيث استخدمنا غشاء رقيق من مادة فيرومغناطيسية، وهي الحديد ذو السمك الثابت 300\AA ، و غشاء رقيق غير مغناطيسي له سمك متغير بين 0\AA و 150\AA من مادة الفضة، حيث استخدمنا هذه الطبقة الرقيقة، كطبقة بينية، تساعد على النمو الجيد للطبقة المغناطيسية المراد دراسة خصائصها المغناطيسية، وبترسيب هذا النوع من الطبقات في العينات المتكونة لدينا، يدور السؤال هنا، عن مدى تأثير سمك هذه الاخيرة على الخصائص المدروسة للأغشية الرقيقة المحضرة؟ ولعل اهم الخصائص المغناطيسية التي تمتاز بها الاغشية الرقيقة عن الحالة الصلبة هو عدم تماثل المناحي المغناطيسي والذي يعرف ايضا باسم التباين المغناطيسي، الذي قد ينتج من السمك المهمل لهذه الاغشية مقارنة بالحالة الصلبة. ولقد كان الهدف الاساسي من الدراسة في هذه المذكرة، هو الاجابة على التساؤل الذي طرحناه، حيث سنحاول دراسة تغير حقل عدم تماثل المناحي في العينات ذات

الصيغة: $\text{Fe}(300\text{\AA})/t_{\text{Ag}}(\text{\AA})/\text{MgO}(001)$

ولقد قسمنا هذا العمل الى ثلاثة فصول وزعت كالتالي:

➤ الفصل الاول سيكون بعنوان "عموميات حول التباين المغناطيسي" والذي كان الهدف منه اعطاء لمحة عامة حول المقادير الفيزيائية التي تساعدنا في فهم عملنا وشرح النتائج المتحصل عليها، حيث قمنا بتقديم تعريف بسيط للأغشية الرقيقة، ونظرة موجزة حول ماهية التباين المغناطيسي، كما فصلنا في شرح جميع انواعه ، بالإضافة الى ذلك تطرقنا ايضا إلى وصف دورة التخلف المغناطيسي واهم مميزاتها واهم المتغيرات التي تؤثر على تلك الدورة ولم ننسى تعريف ما هو حقل عدم تباين المناحي، وفي اخر هذا الفصل تم ذكر بعض تطبيقات الأغشية الرقيقة المستخدمة في حياتنا اليومية، خاصة في مجال التخزين المغناطيسي.

➤ في الفصل الثاني تحت عنوان "تقنية تحضير العينات و طريقة تحليل خصائصها المغناطيسية" قمنا بدراسة تقنية التحضير للأغشية الرقيقة و المتمثلة في الترسيب الموجه بالقذف الجزيئي والتي يرمز لها بالرمز (EJM) حيث أثبتت هذه الأخيرة ريادتها في مجال تحضير الأغشية الرقيقة و اكتشاف خصائص جديدة فهذه التقنية تسمح بالسيطرة على نمو تلك الأغشية الرقيقة، وحاولنا في هذا الفصل التوسع في تلك الدراسة من خلال تقديم معنى وشرح لهذه التقنية وأيضاً شرح وتوضيح مبدأ عملها ولا ننسى أيضاً ذكر بعض الميزات والخصائص المميزة لها ثم تطرقنا إلى ما يعرف بتقنية المغنطو ضوئية لتأثير Keer والتي نرمز لها بالرمز (MOKE) وهذا من اجل دراسة الخصائص المغناطيسية المطلوبة في عملنا ، فقمنا بشرح هذه التقنية وأيضاً شرح مبدئها شرحاً مفصلاً بالإضافة إلى بعض الفوائد والميزات الايجابية المميزة لها، واخيراً شرحنا كيفية تحضير العينات المدروسة في هذا العمل.

➤ اما الفصل الثالث فبعنوان "تحليل النتائج التجريبية ومناقشتها" تضمن تحليل ومناقشة اهم النتائج التجريبية المتوصل اليها.



الفصل الاول

1-I- مقدمة

تعد اليوم دراسة المواد المرسبة بشكل اغشية رقيقة احدى الوسائل المناسبة لمعرفة العديد من الخصائص الفيزيائية و كذلك الكيميائية حيث تنوعت وتطورت طرق تحضير هذه الاخيرة مما جعلها المقام الاول في العديد من التطبيقات بمختلف مجالاتها والتي من ابرزها التخزين المغناطيسي للمعلومات. فتمت دراستها في الكثير من الاعمال التجريبية و النظرية من اجل فهم اصل الخصائص المغناطيسية الجديدة و الغير متوفرة في الحالة الطبيعية للمادة.

وفي هذا الفصل سنقوم بعرض معلومات عامة حول الاغشية الرقيقة بالإضافة الى تطبيقاتها في مجال التخزين المغناطيسي، مع ذكر خصائصها المغناطيسية ، والتي من بينها عدم تماثل المناحي بمختلف انواعه ولا ننسى ايضا شرح بيانات الهسترة .

2-I- تعريف علم المغناطيسية

عبارة عن مجال فيزيائي ندرس فيه الخصائص المغناطيسية للمواد انطلاقا من دراسة عزومها المغناطيسية و قد أصبحت المغناطيسية اليوم تستخدم في العديد من مجالات الحياة اليومية [2]

3-I- مصدر المغناطيسية

تنتج المغناطيسية لمادة عن تفاعلين أساسيين يتمثل الأول في دوران الالكترونات حول نواة الذرة مما تنشأ شحنة كهربائية متحركة فيتولد عزم مغناطيسي مداري و الثانية عبارة عن تفاعل مجموع العزوم المغناطيسية لللف الذاتي فيما بينها وهذا الدوران يولد العزم المغناطيسي لللف الذاتي و تعطى عبارة كل من: العزم المغناطيسي المداري μ_L و العزم المغناطيسي لللف الذاتي μ_S بالشكل التالي.

$$\mu_L = -m_l \mu_B \dots \dots \dots (1 - I)$$

$$\mu_S = -g_e m_s \mu_B \dots \dots \dots (2 - I)$$

m: العدد الكمي المغناطيسي للإلكترون m_l

مغناطيس بور: $\mu_B = e\hbar/2m_e$

\hbar : ثابت بلانك

m_e : كتلة الإلكترون

e:شحنة الالكترن

$$S = \pm 1/2 \text{ هو اللف الذاتي [1]}$$

4-I-تعريف الإغشية الرقيقة

هي عبارة عن طبقة أو عدة طبقات بأبعاد صغيرة (السلك) من رتبة الميكرون و قد تصل حتى الانغستروم (Å) و الهدف من تخفيض سمك الطبقات هو دراسة الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لهذه المواد التي لا يمكن دراستها في الشكل الطبيعي لها، و تتميز المواد في شكل طبقات رقيقة عن تلك الموجودة في الحالة الصلبة بعدة خصائص من بينها خاصية عدم تماثل المناحي [3].

5-I-تعريف التباين المغناطيسي

عبارة عن خاصية أساسية للمواد الفيرو مغناطيسية ، تعبر عنها تغير الطاقة الداخلية لمادة مغناطيسية مع تغير اتجاه المغنطة ينتج عدم تماثل المناحي من نوعين من التفاعلات: التفاعل ثنائي القطب بين العزوم المغناطيسية و التفاعل بين اللف الذاتي والمداري للذرة [4] .

6-I-انواع التباين المغناطيسي

6-I-1-تباين المناحي المغناطيسي البلوري

تتعلق فيه الطاقة الحرة بالبنية البلورية و اتجاهات المغنطة للمادة مقارنة بالمحاور البلورية فتكون الطاقة اذني ما يمكن إذا كان المحور سهل المغنطة و تمتلك قيمة عظمى إذا كان المحور صعب المغنطة و ينتج عدم تماثل المناحي البلوري أساسا من التفاعل (اللف الذاتي – المداري)، و نميز نوعين من هذا النوع: عدم تماثل المناحي أحادي التبلور و عدم تماثل المناحي مربع الشكل و تعطى طاقة التباين على الشكل : [5] .

$$E = E_f + E_s + E_u + E_C + E_{me} \dots\dots\dots(3-I)$$

6-I-1-1-تباين المناحي المغناطيسي أحادي الاتجاه

هنا تكون كثافة الطاقة اقل ما يمكن عندما تكون المغنطة داخل مستوى سطح العينة و في اتجاه واحد يدعى اتجاه سهل التغطط ، تكتب عبارة عدم تماثل المناحي في هذه الحالة او نقول كثافة الطاقة الحرة من الشكل:

$$E_u = K_u \cos^2 \theta \dots\dots\dots(4 - I)$$

θ :عبارة عن الزاوية التي تصنعها المغنطة مع المحور العمودي على سطح العينة

K_u : ثابت عدم تماثل المناحي أحادي الاتجاه.

I-6-1-2-تباين المناحي المغناطيسي المكعب

في حالة البنية المكعبة مثل الحديد و الكوبالت فان طاقة عدم تماثل المناحي تتعلق بالتناظر بين الاتجاهات البلورية ، اي تتعلق بجيب وتجب تمام الزاوية المحصورة بين العمودي على سطح العينة و اتجاه المغنطة(انظر الشكل-I-1) ، وتكتب طاقة عدم تماثل المناحي المكعب من الشكل [6]:

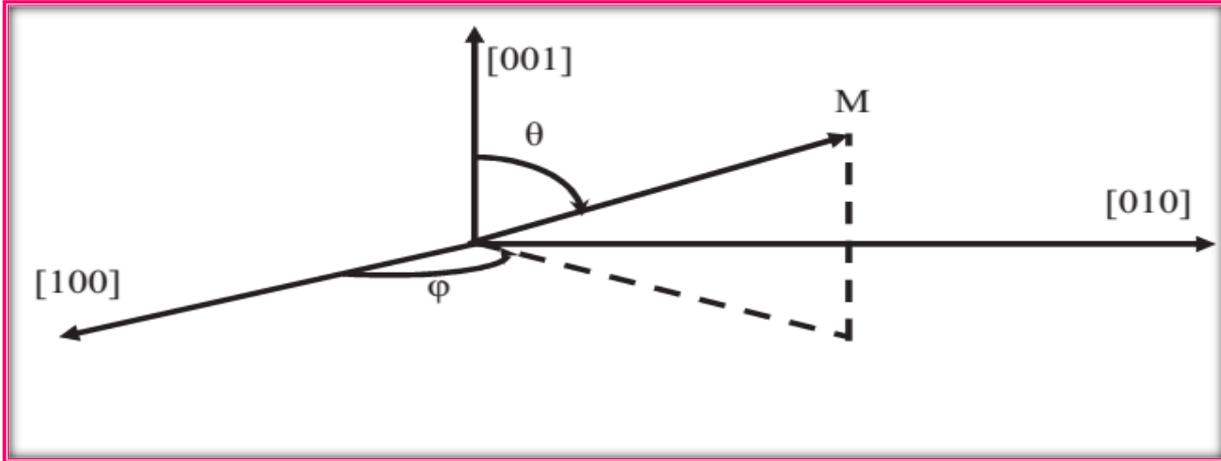
$$E_C = K_1 (\alpha_1^2 \alpha_2^2 + \alpha_2^2 \alpha_3^2 + \alpha_1^2 \alpha_3^2) + K_2 (\alpha_1^2 \alpha_2^2 \alpha_3^2) + \dots \dots \dots (5 - I)$$

K_1 ، K_2 : ثوابت عدم تماثل المناحي تتعلق بدرجة الحرارة.

حيث: $\alpha_1 = \sin\theta \cos\phi$

$\alpha_2 = \sin\theta \sin\phi$

$\alpha_3 = \cos\theta$



الشكل I -1-تمثيل الزوايا البلورية

I-6-2-تباين المغناطيسي الشكلي

ينتج عدم تماثل المناحي الشكلي من التفاعل ثنائي القطب بين العزوم المغناطيسية حيث عند تطبيق حقل مغناطيسي خارجي على عينة نتحصل على مغنطة متماثلة تكون قطب مغناطيسي ويكون عكس اتجاه المغنطة، تكتب كثافة الطاقة من الشكل [7]:

$$E_d = -\frac{\mu_0}{2} M \cdot H_d \dots \dots \dots (6 - I)$$

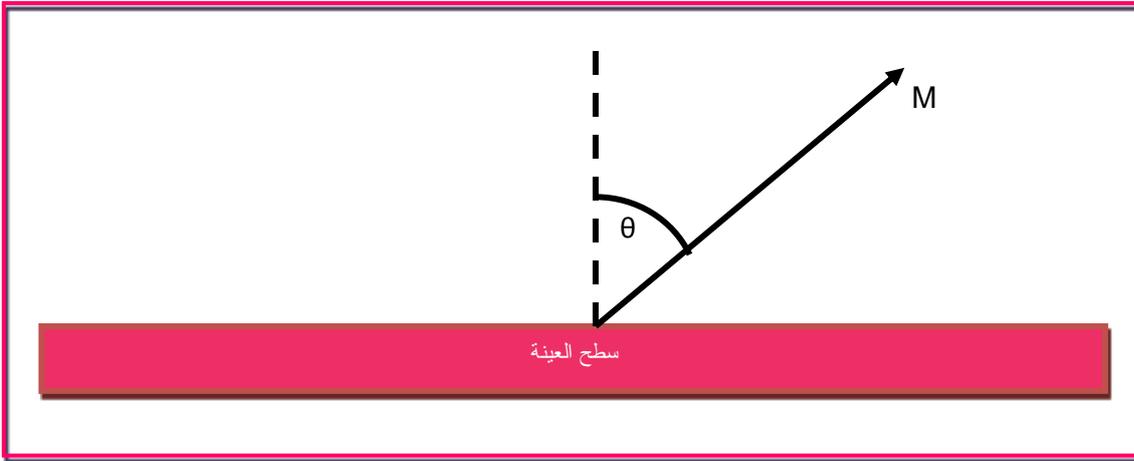
يعبر H_d على حقل إزالة المغنطة ويعطى بالعلاقة

$$H_d = 4\pi M \dots \dots \dots (7 - I)$$

في حالة الأغشية الرقيقة تعطى العلاقة (5-1) بالشكل:

$$E_d = \frac{\mu_0}{2} M^2 \cos^2 \theta. \dots \dots \dots (8 - I)$$

حيث تمثل θ الزاوية المحصورة بين شعاع المغنطة و الاتجاه العمودي على سطح العينة (انظر الشكل 2-I)



الشكل I -2- تمثيل الزاوية المحصورة بين شعاع المغنطة والعمودي على سطح العينة

3-6-I-تباين المغناطيسي السطحي

تسمى عدم تماثل المناحي السطحي او عدم التماثل للسطح البيئي ترتبط بسلوك الذرات داخل السطح وهي غير معتبرة (ضعيفة) حيث في الاغشية فوق الرقيقة عدد الذرات في السطح يمثل جزء مهم من العدد الكلي للذرات وتكتب الطاقة الحرة للسطح بالعلاقة:

$$E_s = k_s \cos^2 \theta [8] \dots \dots \dots (9-I)$$

4-6-I-تباين المغناطيسي المروني

عدم تماثل المناحي المروني يكون ناتج عن العيوب البلورية و العزوم المغناطيسية تتعلق كثيرا بالمدارات الذرية جميع التغيرات في الشبكة البلورية تحت فعل العيوب الخارجية و تسبب تغيرات في الخصائص

المغناطيسية فعندما تكون مادة فيرو مغناطيسية تخضع لجهد او ضغط بيان المغنطة لها يتغير وكذلك تغير في اتجاهات المغنطة التلقائية وتسمى الطاقة هنا عدم تماثل المناحي المروني تكتب عبارتها من الشكل: [9]

$$E_{me} = 3/2 L_m \sigma \cos^2 \theta \dots \dots \dots (10 - I)$$

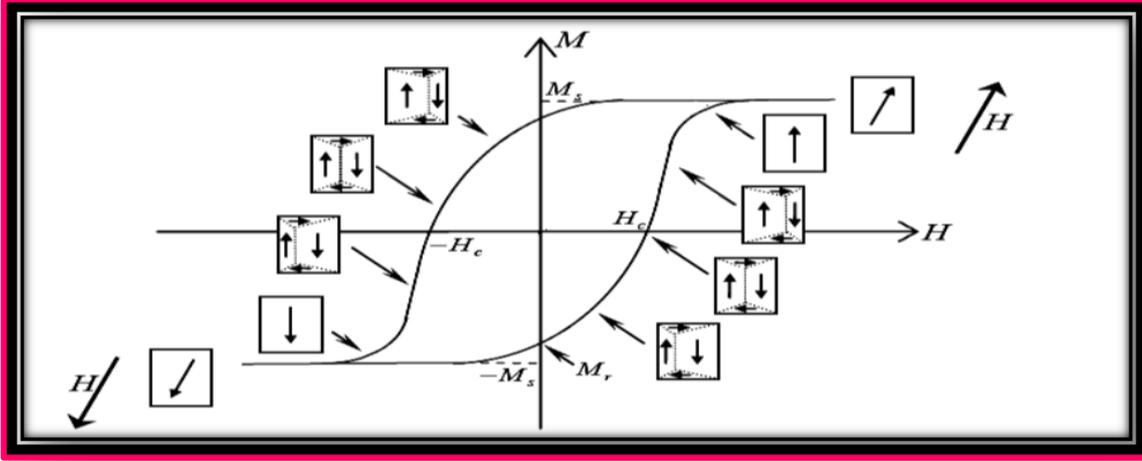
L_m . ثابت عدم تماثل المناحي المروني و يكون موجب او سالب

σ : العيوب البلورية .

7-1- بيان التخلف المغناطيسي (الهسترة)

في المواد الفيرومغناطيسية تكون جميع العزوم المغناطيسية متوازية فنتج مغنطة تلقائية في غياب الحقل المغناطيسي الخارجي المطبق لكنها ضعيفة، وعند تطبيق الحقل الخارجي انطلقا من الصفر تصبح جميع العزوم المغناطيسية في اتجاه الحقل المطبق فيكون لدينا مجال واحد مع انزياح حواجز Blokh الموجودة بين المجالات المغناطيسية لنتج مغنطة تصل حتى مغنطة التشبع $M = M_s$ (الشكل 3-I)، وبالتالي نتحصل على بيان مغنطة الابتدائي. عند تغيير اتجاه الحقل الخارجي المطبق على المادة يكون تناقص المغنطة غير عكوس (اي لا يتبع نفس المنحنى الابتدائي)، وفي حالة انعدام الحقل المطبق، نلاحظ ان مغنطة المادة لا تنعدم، بل تحتفظ بقيمة معينة تسمى بالمغنطة المتبقية M_r ، والتي تعتبر ميزة اساسية في تطبيقات الاغشية الرقيقة المغناطيسية في المجالات العلمية حيث انه كلما كانت قيمة هذه الاخيرة كبيرة، كلما استنتجنا ان الغشاء الرقيق يحتفظ بالمغنطة لمدة اطول وبالتالي فان تطبيقه في مجال المغناط الدائمة يكون هو الاصح، و لكي نتخلص العينة من هذا المقدار من المغنطة يجب تطبيق مجال مغناطيسي في الاتجاه المعاكس، يسمى هذا الاخير بالحقل القسري او الحقل القاهر $(-H_c)$ ، وبلااستمرار في تطبيق الحقل الخارجي في هذا الاتجاه نلاحظ زيادة في قيمة المغنطة لكن في الاتجاه السالب الى ان تصل العينة الى نقطة التشبع والتي تسمى ايضا بمغنطة التشبع $(-M_s)$ ، ويسمى الحقل المغناطيسي في هذه النقطة بالحقل التشبع $(-H_s)$ ، ولكي تكتمل دورة التخلف يجب اعادة تصغير قيمة الحقل الخارجي المطبق لكن في الاتجاه العكسي فنلاحظ عودة نقصان قيمة المغنطة الى ان تصبح $(-M_r)$ عند انعدام هذا الاخير، وللتخلص من المغنطة المتبقية، يجب تطبيق قيمة (H_c) من الحقل وعند الاستمرار في رفع كقدار الحقل تصل المادة مرة اخرى الى نقطة التشبع (M_s) عند القيمة H_s من الحقل المطبق ، وبالتالي نتحصل على بيان الهسترة للمادة الفيرومغناطيسية و الذي يربط بين المغنطة M و الحقل المطبق H و يمثل ايضا بيان استجابة المادة الفيرومغناطيسية للحقل المغناطيسي الخارجي، ويسمى عادة بدورة التخلف المغناطيسي لان المادة الفيرومغناطيسية، تخلفت في الاستجابة الى الحقل الخارجي واحتفظت بمقدار من المغنطة في غياب هذا

الاخير [10]



الشكل I-3 - تغير كل من المغنطة بدلالة الحقل المغناطيسي المطبق (بيان الهسترة) [11]

I-8-1- المتغيرات الرئيسية المميزة لبيان الهسترة

I-8-1-1- الشكل

انطلاقاً من بيان الهسترة نصنف المواد الفيرومغناطيسية إلى نوعين مواد فيرومغناطيسية صلبة و مواد فيرومغناطيسية لينة حيث يستعمل بيان الهسترة في تحديد الخصائص العامة للمواد الفيرومغناطيسية كما تعتمد عليه اغلب التطبيقات التكنولوجية مثل المحركات الكهربائية و المحولات [12]

I-8-1-2- الحقل القسري

هو الحقل اللازم لجعل المغنطة معدومة و من جهة اخرى هو الحقل الذي يخفض مغنطة الرجوع M_r الى الصفر و الخاصية القسرية لها تأثير قوي على الخصائص البنيوية (من رتبة الميكرن) للطبقة مثل الطول و شكل الحبيبات و تركيبها حيث ترتبط هذه الخصائص بشروط التحضير [13]

I-8-1-3- مغنطة التشبع

هي احد المتغيرات الاساسية المميزة لبيان التخلف المغناطيسي والتي توافق الحالة التي تكون فيها جميع العزوم المغناطيسية المكونة للمادة متماثلة فيعطي مجموع هذه الاخيرة المغنطة الكلية وتسمى بمغنطة التشبع والتي نرمز لها بالرمز M_s [14]

I-9-1- تصنيف المواد الفيرومغناطيسية

تصنف المواد المغناطيسية حسب خصائصها المغناطيسية الى:

I-9-1- المواد الفيرومغناطيسية القاسية

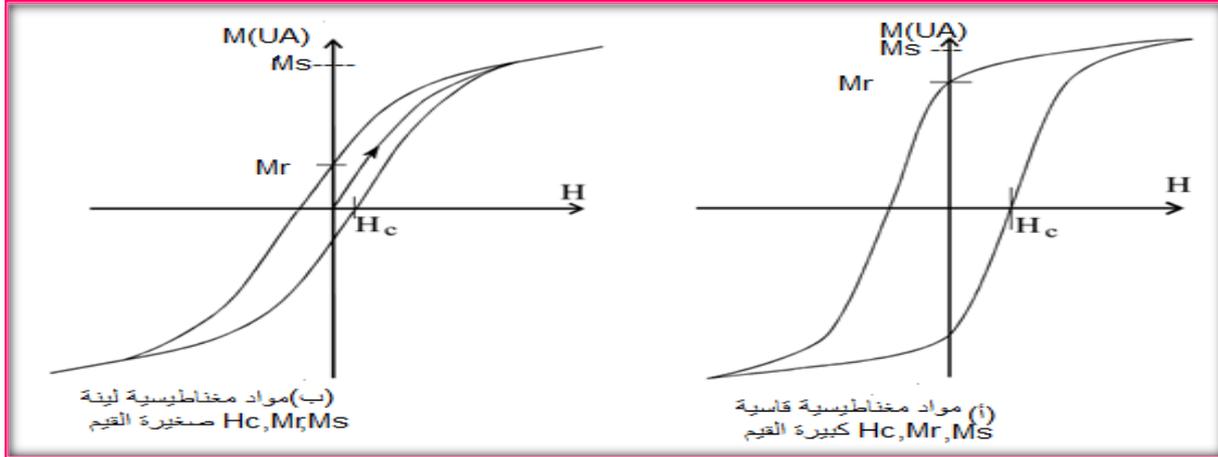
- بيان الهسترة كبير (واسع) أي مساحة البيان كبيرة (شكل I-4- أ).
- الحقل القسري H_c كبير.
- للوصول إلى حالة التشبع M_s التي تكون قيمتها كبيرة فإنها تحتاج إلى حقل التشبع H_s كبير أيضا
- العيوب فيه كثيرة فتعيق حركة حواجز Blokh فتتمغنط بصعوبة .
- تستعمل في المغناط الدائمة

I-9-2- المواد الفيرومغناطيسية اللينة

تتميز بالخصائص التالية :

- بيان الهسترة ضيق أي مساحة البيان صغيرة (شكل I-4- أ).
- الحقل القسري H_c ضعيف (صغير).
- العيوب فيها قليلة فتسمح للحواجز بالتحرك بسهولة و الحصول على المغنطة يكون أسرع، وبالتالي فان قيمة كل من: مغنطة التشبع و حقل التشبع تكون صغيرة.

يستعمل من اجل تركيب الدارات المغناطيسية للأجهزة مثل المحركات و المحولات [15]



الشكل I-4- بيان الهسترة لكل من: (أ)المواد الصلبة، (ب) المواد اللينة[16]

عبارة عن منطقة تكون فيها جميع العزوم المغناطيسية متماثلة (متجانسة) حيث تشرح هذه المجالات الاليات الاساسية للمغنطة في المواد الفيرومغناطيسية وسميت بمجالات Weiss نسبة الى مكتشفها Pierre Weiss الذي قال أن المواد على المستوى الماكروسكوبي تنقسم تلقائيا الى عدة مجالات كل مجال لديه مغنطة تلقائية و كل مجال لديه اتجاهات تكون مختلفة عن الآخر و يفصل بين هذه المجالات حواجز تسمى حواجز Blokh [17,2]

Blokh -11- حواجز I

حواجز Blokh تحتوي على عدد معين من الذرات ينتقل من مجال الى آخر عند تطبيق حقل خارجي فتغير العزوم المغناطيسية اتجاهاتها بين حواجز Blokh للوصول الى مجال جديد [18]

I -12- تأثير زيمان العادي

عندما نأخذ ذرة في حالة مثارة (ذرة باعثة للضوء) و نضعها في حقل مغناطيسي نلاحظ انحلال خطوط الانبعاث في كثير من العناصر أي انحلال المستويات الطاقوية و هذا ما يسمى بظاهرة تأثير زيمان و يسمى بتأثير زيمان العادي عندما يكون انحلال المستويات الطاقوية في الحالة البسيطة و يعتبر الاكثر ندرة فيمتملك مستوى طاقي يعبر عنه ب $S=0$ السبين معناه اذا كان لدينا مستوى طاقي بسيط فان $2S+1=1$ في هذه الحالة المعامل يكون $g=1$ (g الانحلال) و العزوم الحركية هنا هي العزوم المدارية فقط L حيث يعطى العزم المغناطيسي المداري بالعلاقة :

$$[19] U_I = -U_B L$$

اشارة (-) ندل على أن L و U_I متعاكسان. وتكتب طاقة زيمان من الشكل:

$$E_z = -\mu_0 M_{\text{Hext}} \dots \dots \dots (11-I)$$

I -13- حقل عدم تماثل المناحي

يقاس في اتجاه سهل المغنطة ، و هو الحقل الذي يوصل العينة الى حالة التشبع باقل طاقة ممكنة ونرمز له في حالة العينات احادية التبلور بالرمز H_u ، و يعرف بحقل عدم تماثل المناحي أحادي التبلور و يعطى بالعلاقة التالية:

$$[6] H_u = 2 M_s / K_u \dots \dots \dots (12-I)$$

I -14- تطبيقات الاغشية الرقيقة

تستخدم الاغشية الرقيقة اليوم في العديد من المجالات المختلفة منها الضوء كالخلايا الشمسية ؛في مجال الالكترونيك مثل المقحل الصمام الثنائي و ايضا في مجال الميكانيك والكيمياء و اكبر تطبيق للأغشية الرقيقة

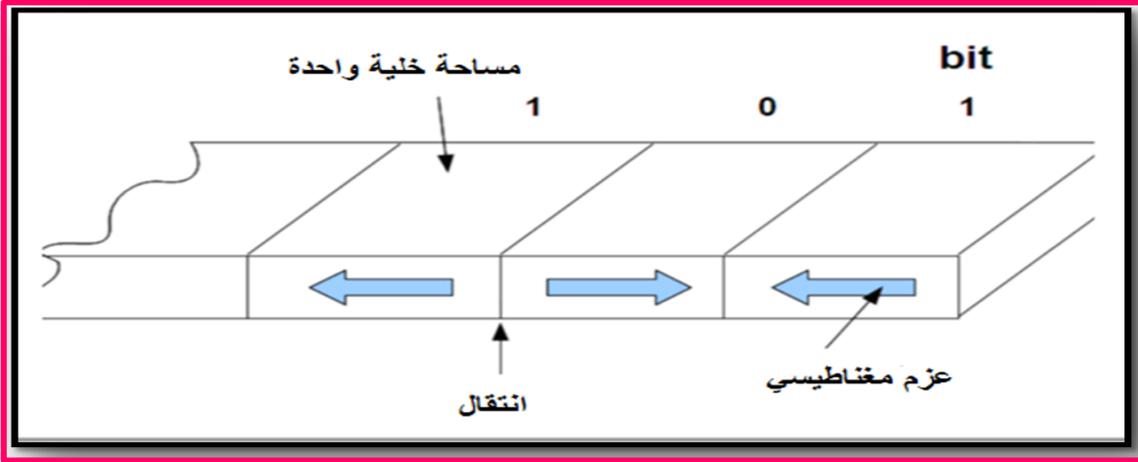
الفيرومغناطيسية التخزين المغناطيسي (التخزين عالي الكثافة) كما توجد عدة طرق اخرى للتخزين تختلف حسب سعة التخزين، تستخدم هذه التقنية من أجل ربح الوقت و التكلفة و الحصول على أجهزة صغيرة الحجم لكنها كبيرة الفعالية [20].

I-14-1-التخزين المغناطيسي

تستخدم المغناطيسية في العديد من المجالات بهدف زيادة كثافة التخزين و تحسينها فنجدها في الذاكرة المغناطيسية و الأقراص الصلبة التي تزال الطريقة الأكثر موثوقية واقتصادية في التخزين حيث صنع اول قرص صلب سنة 1956 من طرف IBM وترتكز هذه الطريقة على استعادة المعلومات المخزنة على طبقة سطحية مغناطيسية مغطاة او محفوظة بشريط او قرص او اسطوانة... الخ ، تكون عادة من اللدائن فتتضمن هذه الطبقة جسيمات ناعمة جدا من اكسيد الحديد او اي مادة مغناطيسية اخرى تتميز بسهولة مغنطتها و ازالتها لكن مبدا التخزين المغناطيسي يبقى نفسه : فمهما يكن شكل المعلومة المراد تخزينها او قراءتها(صورة ، صوت ، برنامج...) فإنه يتم تحويلها الى اشارة كهربائية ثم الى اشارة مغناطيسية و بصفة عامة يتكون وسط التخزين المغناطيسي من ركيزة (المسند) تكون من (الالمنيوم ، الزجاج...) توضع فوقها طبقة مغناطيسية و تكون بين المسند و الطبقة المغناطيسية طبقة انتقالية تسمى بالطبقة الوسيطة (البينية) وأخيرا نجد طبقة الغطاء الواقية. وينقسم سطح الحامل (الشريط، قرص...) إلى خلايا عنصرية صغيرة تسمى بايت BIT تتصرف كل واحدة منها مثل المغناطيس حيث تأخذ المغنطة فيها اتجاهين متعاكسين تكتب على شكل رموز في النظام الثنائي 0 او 1 ويكفي أن نميز نوعين من المغنطة للمادة المغناطيسية: الأولى يعبر عنها ب 1 و الأخرى ب 0 ، و تتميز كل خلية فعالية ذاكرة و سعة تخزينها وكذلك زمن قراءة المعلومة أو كتابتها على الحامل ونميز طريقتين في I-التسجيل على الأقراص الصلبة: التسجيل الطولي والتسجيل العرضي [21, 22].

I-14-1-1- التسجيل الطولي

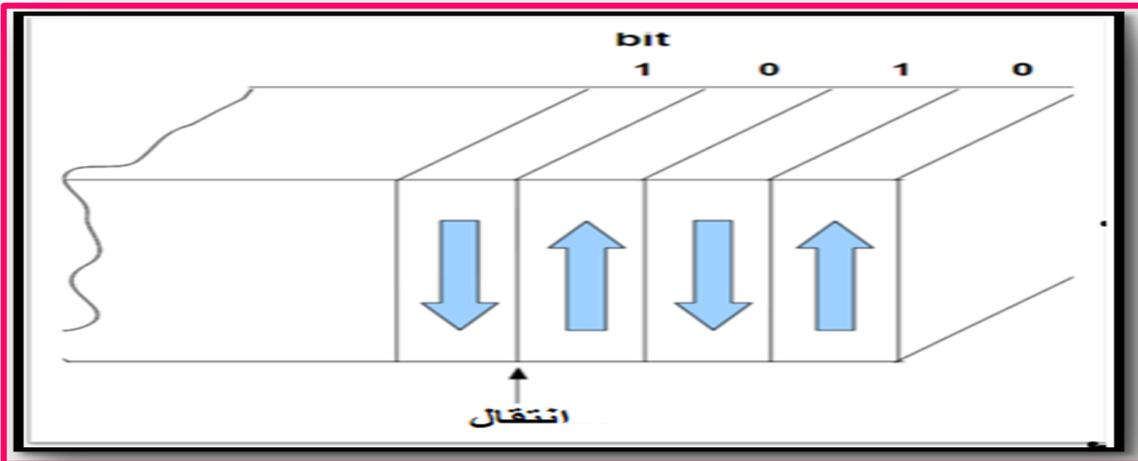
يكون وسط التخزين فيه متوسط و تكون العزوم المغناطيسية في مستوى الشريط و موجهة وفقا للمحور سهل المغنطة(الشكل I-5)، سعة التخزين فيه لا تتجاوز $10\text{Gbit}/\text{In}^2$ [23].



الشكل I-5 - اتجاه المغنطة في التسجيل الطولي [24]

I-14-1-2- التسجيل العرضي

تعتبر هذه الطريقة الأفضل في التخزين حيث تتكون العزوم المغناطيسية موجهة عموديا على سطح الشريط (الشكل I-5)، مما يسمح بزيادة عدد وحدات التخزين (les Bits) الشيء الذي يؤدي إلى ارتفاع كثافة التخزين، و تصل كثافة التخزين في هذا النوع إلى 12Tbit/In^2 [25].



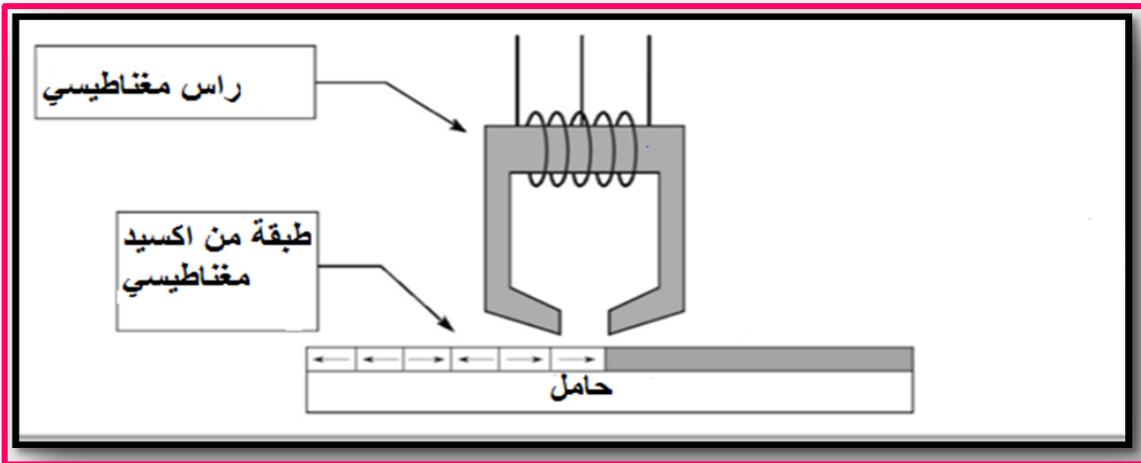
الشكل I-6 - اتجاه العزوم في التسجيل العرضي [25]

I-14-2- رؤوس التسجيل المغناطيسي**➤ في حالة الكتابة**

إن رؤوس القراءة والكتابة في أي جهاز تخزين مغناطيسي هي عبارة عن قطعة معدنية ناقلة على شكل حرف U بحيث النهايات الحرة متوضعة بشكل مباشر فوق السطح المراد تخزين البيانات عليه يلف على القطعة المعدنية وشيعة سلك ناقل يمر عبره التيار الكهربائي (الشكل I-8). عندما يمر التيار الكهربائي في هذه الوشيعة يتولد حقل مغناطيسي في الثغرة الهوائية بين ذراعي وهذا الحقل ذو اتجاه يؤثر في الجسيمات المعدنية الموجودة بشكل عشوائي على سطح الحرف U القرص والتي تسلك سلوك مغناطيس. يؤدي الحقل المغناطيس الى التأثير على قطبيتها بشكل يتناسب مع اتجاه الحقل المغناطيسي (أقطابها الموجبة تتوجه الى القطب السالب لرأس القراءة /كتابة وأقطابها السالبة باتجاه القطب الموجب لرأس القراءة /الكتابة). إن تغيير اتجاه التيار الذي يمر في الوشيعة يؤدي الى تغيير اتجاه الحقل المتولد وبالتالي تغيير استقطاب الشحنات الموجودة على سطح القرص. أي أن تغيير اتجاه التيار يؤدي الى تسجيل 0 أو 1 على القرص.

➤ في حالة القراءة

من أجل قراءة البيانات لا يتم ارسال أي تيار الى رأس القراءة / كتابة أثناء مروره فوق القرص وبدلاً من ذلك يحدث عكس ما حصل في عملية الكتابة. فمجموعة الجزيئات المستقطبة في سطح القرص هي نفسها تنشئ حقلاً مغناطيسياً يمر من خلاله رأس القراءة والكتابة. ان حركة الرأس من خلال الحقل المغناطيسي تولد تياراً كهربائياً يمر في أحد اتجاهين من خلال الأسلاك الموصلة الى الرأس. يعتمد الاتجاه الذي يسلكه التيار على قطبية النطاقات. بتحسس اتجاه التيار يمكن للحاسوب أن يعرف فيما اذا كان رأس القراءة يمر فوق 1 أو 0. [26]

**الشكل I-8 - الرأس المغناطيسية [27]**

I-15- الاستنتاج

بما ان الهدف من هذا العمل هو دراسة حقل التباين المغناطيسي في الاغشية الرقيقة، وتأثره بسمك الطبقة البينية، كان من الواجب علينا تقديم بعض المفاهيم العامة التي تساعدنا في فهم هذا الموضوع وبالتالي، تطرقنا الى تعريف الاغشية الرقيقة ، وذكر كيفية استجابتها لتطبيق حقل مغناطيسي خارجي، والذي تسمى بدورة التخلف المغناطيسي، ولم ننسى شرح بعض الخصائص التي تتميز بها هذه الاخيرة مثل التباين المغناطيسي وانواعه، وفي الاخير ذكرنا اهم تطبيق للأغشية الرقيقة الا وهو التخزين المغناطيسي



الفصل الثاني

1-II-1- مقدمة

ان زيادة الطلب الصناعي لمواد الاغشية الرقيقة، جعل منه سببا لتعدد تقنيات انتاج و تحضير هذه الاخيرة، ومن اهمها تقنية الترسيب الموجه بالقذف الجزيئي تحت الفراغ الفائق والتي تعرف في الفرنسية باسم EJM (Epitaxie par jet moleculaire)، التي تسمح بترسيب اغشية رقيقة من معظم المواد كالمعادن و العوازل وكذلك انصاف النواقل كما تستعمل في العديد من المجالات مثل الميكانيك و الكيمياء الطبية.... الخ . و لقد ركزنا في هذا الجزء على دراسة كيفية تحضير العينات المدروسة Fe/Ag على مسند (001) MgO او اوكسيد المغنيزيم احادي التبلور و المصقول على الوجه (001) بواسطة الترسيب الموجه بالقذف الجزيئي وكذلك كيفية استعمال تقنية المغطو – ضوئية لفعل Keer للحصول على الخصائص المغناطيسية دون ان ننسى انواع انماط النمو للأغشية الرقيقة .

2-II-2- تقنية الترسيب الموجه بالقذف الجزيئي لترسيب العينات**2-II-1- تعريف الترسيب الموجه بالقذف الجزيئي**

الترسيب الموجه بالقذف الجزيئي (EJM) وهي عبارة عن تقنية لتحضير ونمو الاغشية الرقيقة تحت فراغ 10^{-11} تور، نجد نوعين من الترسيب الموجه نمو متماثل الترسيب (homo – epitaxie) اذا كانت المادة المرسبة و المسند متماثلان مثل (MgO/ MgO) ونمو متغاير الترسيب (hetero – epitaxie) اذا اختلفت المادتين مثل (Fe /MgO) وهذه التقنية جيدة كونها تعطي اسطح اقل خشونة وكذلك لدقتها العالية. [29،28]

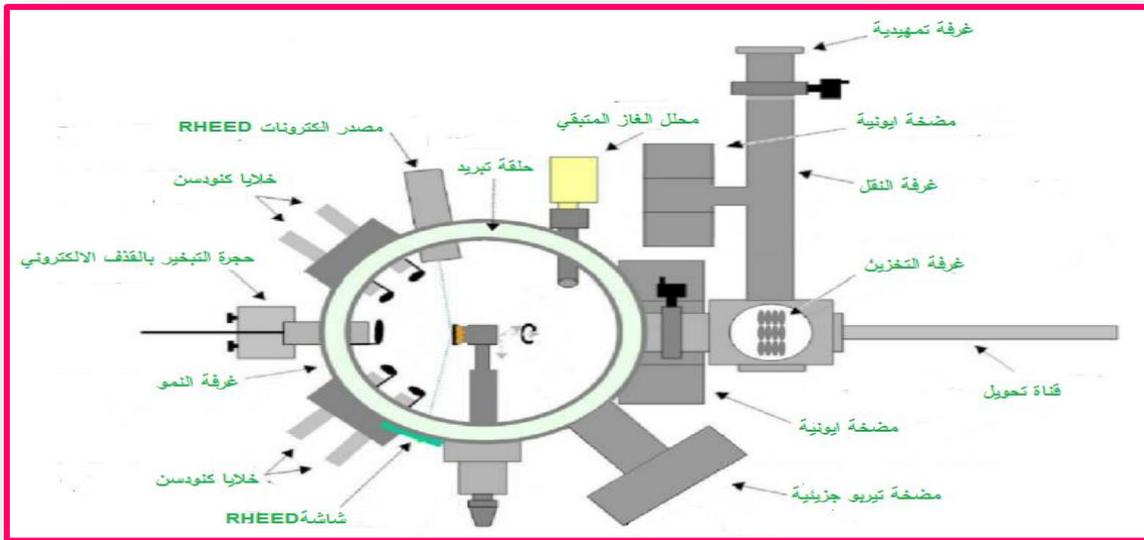
2-II-2- مبدأ عمل التقنية

مبدأ عمل هذه التقنية بسيط جدا: حيث نقوم بتبخير المادة المراد ترسيبها تحت فراغ فائق 10^{-11} تور إما عن طريق التسخين بتأثير جول ويخص المواد التي درجة انتشارها اقل من 1200° م مثل Ag ، أو بواسطة القذف الالكتروني للمعادن التي درجة انتشارها أعلى من 1200° م مثل MgO . فتنتقل ذرات المادة من الضغط المرتفع نحو الضغط المنخفض أين تتواجد مادة الركيزة بحيث ينتج تدفق اتجاهاي لهذه الذرات فتتحرك وفق خط مستقيم دون أن تصطدم بأي حاجز سواء كان ذرات أو جدار الحجرة نتيجة الفراغ الفائق المتواجد داخل هذه الأخيرة و هذا هو الدافع الذي يجعلنا نتحدث عن الحقن (التنضيد) الجزيئي أو الذري. تقنية التنضيد

الجزئي تحت الفراغ تسمح بترسيب أغشية رقيقة من معظم المواد سواء أكانت أنصاف ناقلة، معادن أو حتى عوازل بواسطة التفاعل بين سطح المسند و الحزمة الجزئية أو الذرية و بسرعات منخفضة ومن رتبة طبقة واحدة لكل ثانية ، الشيء الذي يساعد على انتشار جيد لذرات المادة المترسبة يسمح بتكوين أسطح ملساء ذات نوعية جيدة خالية من التضاريس الخشنة [30].

II-2-3- وصف هيكل التقية

يتم تحضير العينات عن طريق الترسيب الموجه بالقذف الجزئي في هيكل يضم اربعة غرف تتجلى الاولى في غرفة التمهيدية تتمثل وظيفتها في ادخال واخراج المساند و يقدر الضغط فيها 10^{-8} تور، اما الثانية تسمى غرفة التخزين والتي يتم فيها حفظ العينات، بالإضافة الى غرفة النمو والتي تحتوي على حامل فائق الفراغ ينخفض الضغط فيها الى 10^{-11} تور باستخدام عدة مضخات مثل المضخة الدوارة و المضخة الايونية ومضخة التبريد حيث تحوي هذه الاخيرة على النيتروجين السائل المبرد الى درجة 77 كلفن حتى يسمح بتبريد غرفة النمو، و اخيرا غرفة النقل و تستخدم للعزل بين غرفة النمو (الترسيب) وباقي الغرف [31].



الشكل II -1- تخطيط بياني لهيكل تقنية الترسيب بالقذف الجزئي الموجه [32]

II-2-4- إيجابيات تقنية الترسيب الموجه بالفدنف الجزئي

لديها العديد من المزايا أهمها:

- إمكانية دراسة طبيعة السطح باستخدام تقنية تنطوي على انتقال الإلكترون في الفراغ (حيود الإلكترون السريع) (RHEED)
- العينات تنتقل تحت فراغ كبير وبالتالي مستوى التلوث قليل
- سرعة الترسيب ضعيفة (بضعة أنغشتروم في الثانية) مما يساعد على المراقبة الجيدة لسمك الطبقات المترسبة [32].

II-3- آلية تشكل الأغشية الرقيقة

لترسيب غشاء رقيق على سطح ركيزة صلبة يجب أن تمر جسيمات المادة المكونة للغشاء عبر وسط ناقل متصل مباشرة مع الركيزة ، فبمجرد وصول الجسيمات لسطح الركيزة جزء منها يتمسك بالسطح من خلال قوى فاندرفالس او تتفاعل معها كيميائيا. حيث تكون هذه الجسيمات إما أيونات أو جزيئات وقد تكون ذرات أما بالنسبة لوسط الناقل فقد يكون سائل (طريقة هلام - سائل) أو غازي أو في الفراغ (طريقة الترسيب الكيميائي للأبخرة أو الترسيب الفيزيائي للأبخرة). و تجدر الإشارة إلى أنه لا توجد طريقة مرجعية لترسيب الطبقات الرقيقة ، حيث يمكن استخدام طرق متنوعة تشترك جميعها في الثلاث مراحل التشكل التالية:

- إنتاج المواد المترسبة المناسبة (الأيونات، الجزيئات، الذرات...الخ).
- نقل هذه المواد إلى الركيزة.
- يتم تكثيف هذه المواد المترسبة على الركيزة بحيث تتشكل الطبقة الرقيقة حسب ثلاث مراحل الآتية وهي: التنويه ، الالتحام و النمو، ويتم نمو الأغشية الرقيقة من خلال ثلاثة انواع (الشكل II-1):

1. النوع ثنائي البعد (2D): ينتج عنه سطح ناعم تمامًا بتموضع الذرات طبقة بطبقة ويسمى بالنمو

فرانك فاندرفالس (Frank-Van der Merwe) (الشكل II-1(أ))..

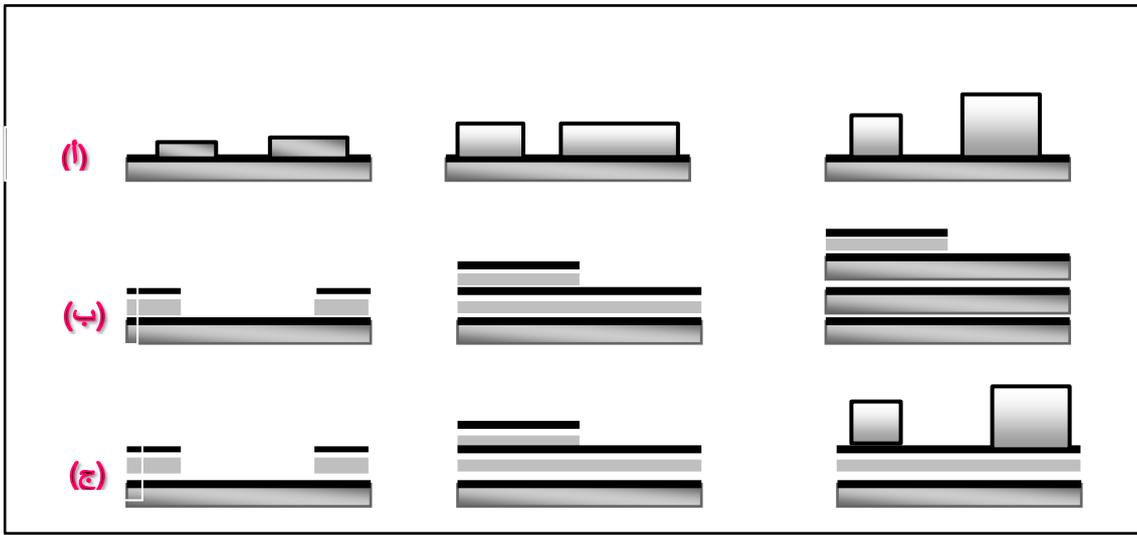
2. النوع ثلاثي البعد (3D): (الشكل II-1(ب)). يحدث منه عدد من العيوب خلال نتيجة النمو

العمودي للذرات على سطح الركيزة و يسمى بالنمط فولمير-ويبر (Volmer-Weber).

3. النوع المختلط (2D-3D) : وهو مزيج من النوعين السابقين حيث تبدأ الذرات بالتموضع طبقة

فوق طبقة في بداية الترسيب ثم تبدأ بالتجمع في جزر عمودية على السطح (الشكل II-1(ج)). ويسمى

سترنسكي-كريستانوف (Krastanov-Stranski).



الشكل II -2- رسم تخطيطي لأنواع نمو الأغشية الرقيقة [32]

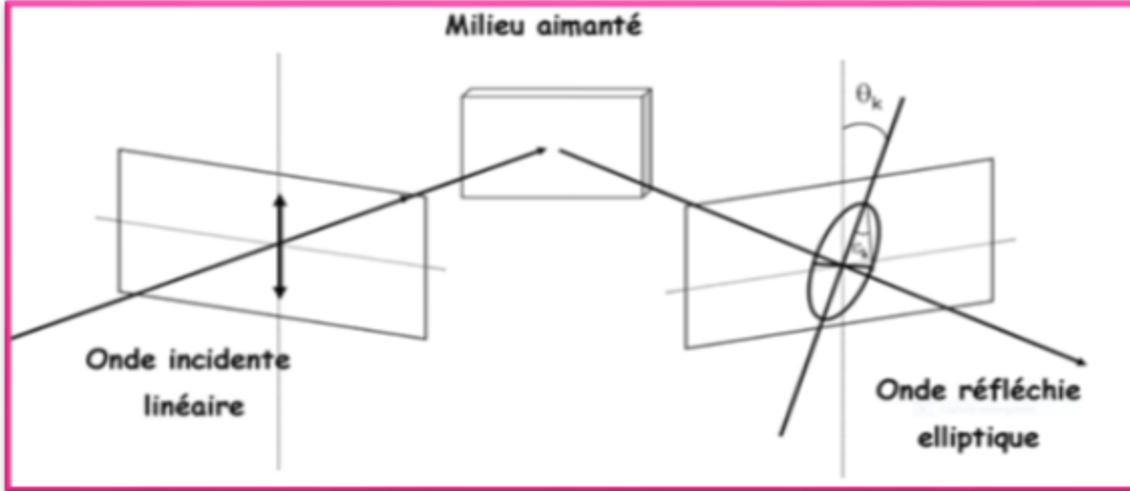
II -4- تقنية المغنطو ضوئية لدراسة الخصائص المغناطيسية للعينات

تدرس خصائص الاغشية الرقيقة بعدة وسائل مختلفة ،حسب الخاصية المدروسة، فمنها انعراج الاشعة السينية التي نستخرج بها الخصائص البنيوية وهناك ايضا تقنية المغنطو - ضوئية لفعل Keer للحصول على الخصائص المغناطيسية [32].

II - 4-1 تعريف تقنية المغنطو ضوئية لفعل KEER

تأثير المغنطو - ضوئية لفعل Keer هي عبارة عن تقنية تستعمل لدراسة الخصائص المغناطيسية للأغشية الرقيقة اكتشفت من طرف العالم Keer في سنة 1876و هي تصف التغير في نوعية الاستقطاب

لموجة كهرومغناطيسية مستقطبة خطيا بعدما تسلط على مادة ممغنطة ، و نجد ثلاثة انواع بارزة من تأثير المغنطو- ضوئية لفعل Keer وهي التأثير القطبي و الطولي و العرضي حيث تتعلق هذه الاخيرة باتجاه الحقل الكهربائي و المغنطة المادة.



الشكل II -3- رسم تخطيطي لتقنية المغنطو ضوئية لفعل **KERR** [06]

II - 4 - 2- انواع فعل المغنطو ضوئية ل **KERR**

يمثل الشكل 3-II مختلف انواع تأثير Keer المغنطو-ضوئي، وهي ملخصة كما يلي:

II - 4 - 2- 1- المغنطو ضوئية القطبية

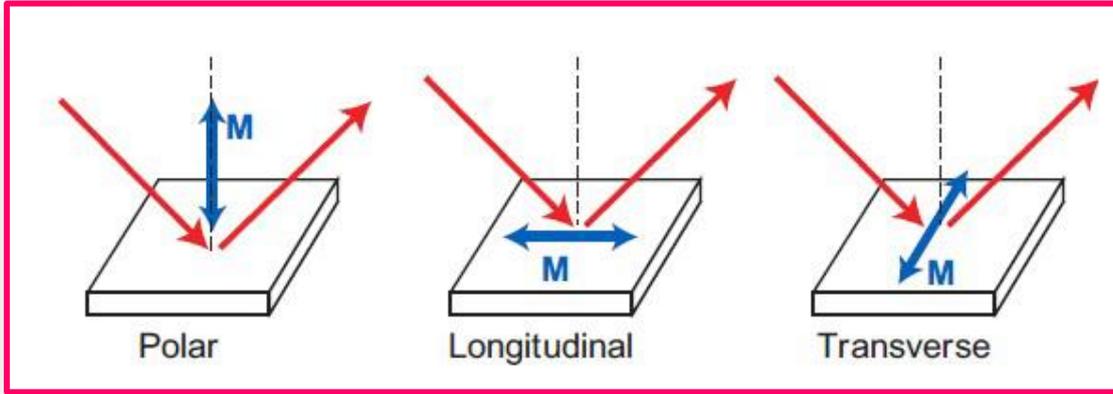
يكون فيه شعاع المغنطة الناتج عمودي على المستوى العينة لكن موازية لمستوى ورود الحزمة الضوئية

II - 4 - 2- 2- المغنطو ضوئية الطولي

تكون المغنطة فيه في نفس مستوى ورود وانعكاس الضوء و موازية إلى سطح العينة

II - 4 - 2- 3- المغنطو ضوئية العرضي

المغنطة الناتجة تكون عمودية على مستوى ورود الحزمة الضوئية و موازية لسطح العينة [32].



الشكل II -4- رسم تخطيطي لأنواع تأثير KEER

II-3-4- إيجابيات تقنية المغنطو ضوئية لفعل KEER

تستعمل هذه التقنية كثيرا في دراسة الخصائص المغناطيسية للمواد وتمتلك العديد من المزايا والايجابيات نذكر منها ما يلي :

- حساسية كبيرة لتغيرات السمك مما يجعلها مناسبة جدا لدراسة الاغشية الرقيقة
- قياس سريع جدا لأنه لا يتعلق بزمن التفاعل بين الضوء مع المادة.
- اختراق الضوء في المادة من رتبة 10 نانومتر و يسمح بدراسة عينات متعددة الطبقات [06]

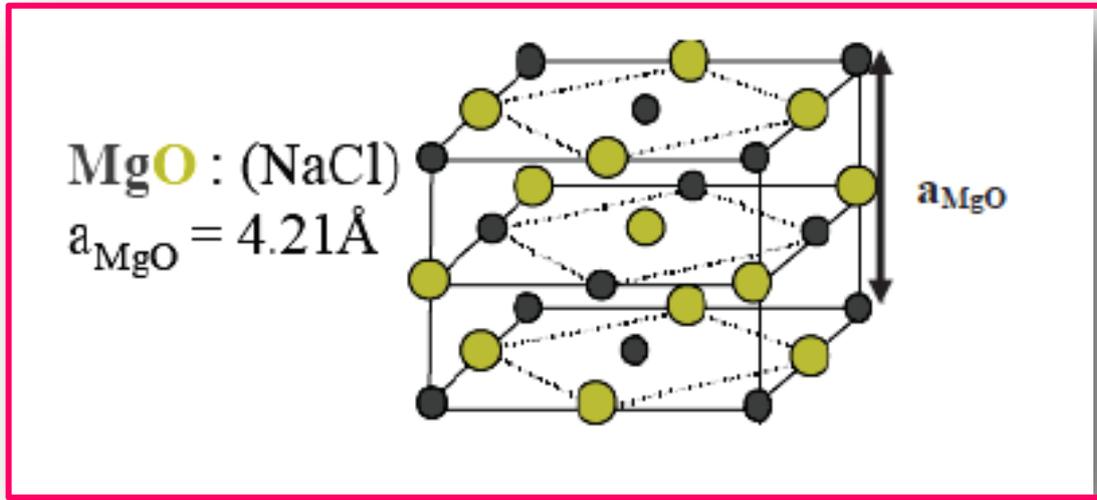
II-5- كيفية تحضير العينات

حضرت العينات المدروسة في هذا العمل من طرف البروفيسور شمام فيصل في مخبر فيزياء الجسم الصلب و المغناطيسية (VSM) في جامعة لوفن (Leuven) البلجيكية

II-5-1- تحضير المسند

استخدمنا الركيظة MgO الأحادية التبلور التجارية، ذات أبعاد $15 \times 15 \text{mm}^2$ والمصقولة على الوجه (001)، وهي بلورة أيونية لها بنية مكعبة من نوع كلور الصوديوم (NaCl)، ومؤلفة من شبكتين ممركتزي

الأوجه المتداخلة فيما بينها واحدة من المغنيزيوم (Mg)، والأخرى من الأوكسجين (O)، شكل الشبكة MgO موضح في الرسم التخطيطي (الشكل II-4)، يقدر قيمة ثابت الشبكة $a_{MgO}=4,21 \text{ \AA}$ ولقد اخترنا هذه الركيزة لأن عدم الانتظام الشبكي بين هذه الأخيرة وكل من الغشاء الرقيق للحديد أو الطبقة البينية للفضة صغير جدا مما يساعد على نمو أحادي الاتجاه. تم تنظيف هذه الركائز باستخدام بروبانون 2-، ثم تجفيفها بغاز النيتروجين، ثم تخضع لعلاج حراري لمدة 20 دقيقة في درجة حرارة 600°C تحت فراغ 10^{-7} تور لغرض إزالة الشوائب على السطح.



الشكل II-4 - رسم تخطيطي لبلورة اكسيد المغنيزيوم

II-5-2- كيفية ترسيب الطبقات

لقد تم تحضير جميع الطبقات العينات تحت فراغ 10^{-1} تور، و في درجة حرارة الغرفة كما يلي:

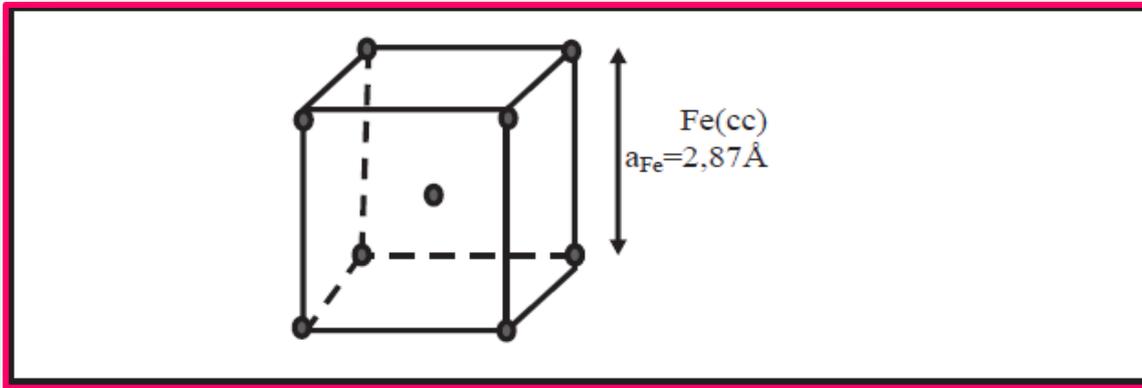
II-5-2-1- ترسيب طبقة الفضة

تم استخدام طبقة الفضة لسببين: اولهما ان تكون طبقة بينية محصورة بين الطبقة الفيرومغناطيسية للحديد و المسند وذلك لان ثابت شبكتها من رتبة ثابت شبكة المسند و بالتالي يساعد على النمو احادي الاتجاه لطبقة الحديد، وبالتالي المساعدة على تحسين نمو العينات ، ثانيهما، للمحافظة على طبقة الحديد من التأكسد. ولذلك تم تبخير طبقة الفضة باستعمال تأثير جول في خلايا كنودسن لكون درجة انتشارها صغيرة ، بسرعة ترسيب

1Å/s ، تم استخدام سمك متغير من هذه الطبقة يتراوح بين 0Å و 150Å ولاستنتاج مدى تأثير هذه الطبقة على الاسطح والاسطح البينية الناتجة.

II-5-2-2- ترسيب طبقة الحديد

تعتبر مادة الحديد مادة فيرومغناطيسية له بنية مكعبة ممركرة الجسم ثابت شبكته $a=2.866$ [06] كما هو مبين في الشكل II-5، ولذلك ندرس في هذا العمل خصائصها المغناطيسية، ولترسيبها استخدم التبخير بالقذف الالكتروني تحت توتر 10.6 ك فولط و تيار 1.3 امبير، سرعة الترسيب كانت 0.3Å/s و سمكها ثبت عند 300Å



الشكل II-5 - رسم تخطيطي لبلورة الحديد

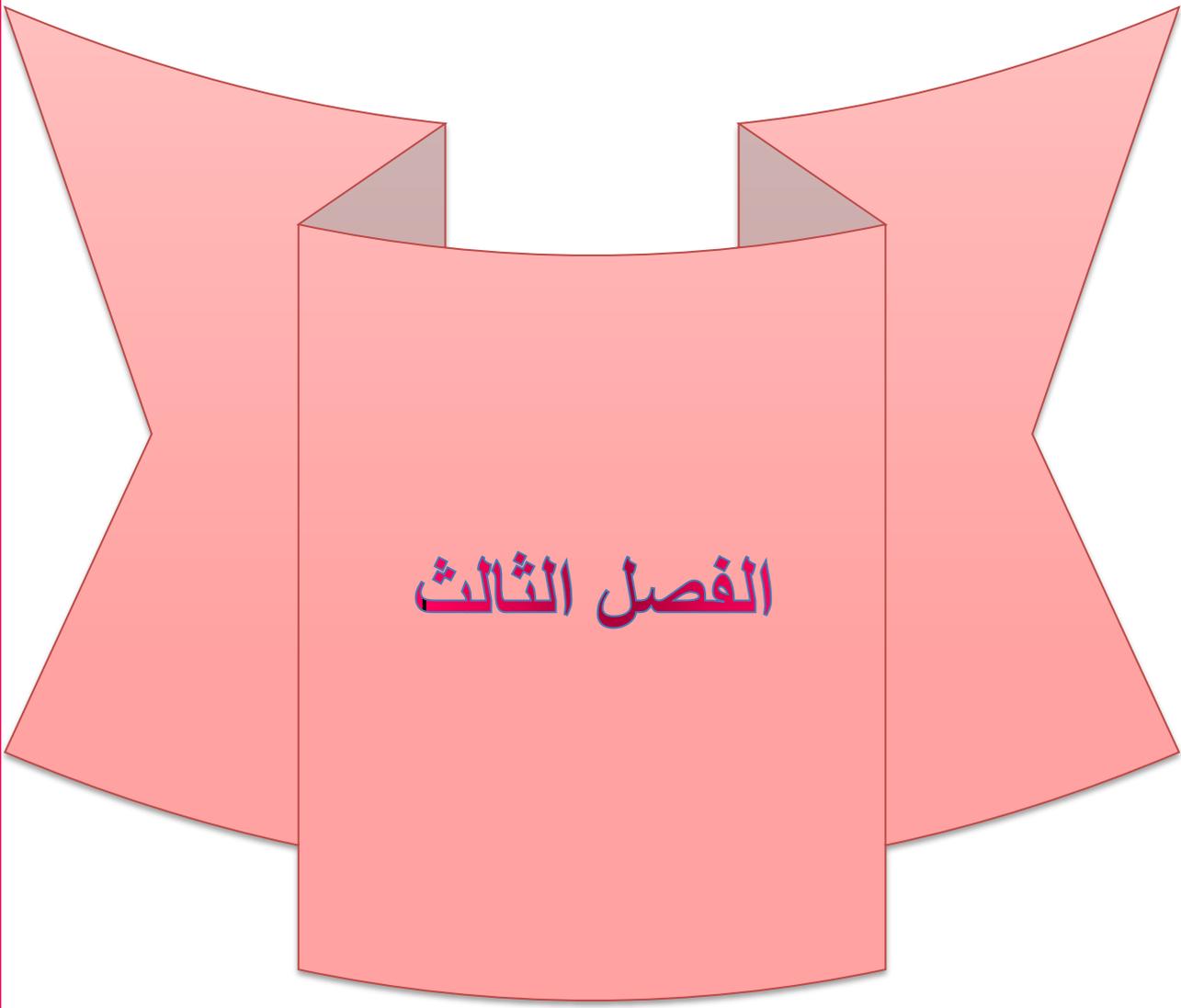
II-6- الشكل النهائي للعينات

بعد ترسيب طبقة الفضة فوق المسند $\text{MgO}(001)$ ، رسبت فوقها طبقة الحديد ذات السمك الثابت والمساوي 300Å ، ثم يليه السمك 20Å من مادة الفضة لمنع الاكسدة، و بما ان سمك الطبقة البينية يتغير الى اربعة قيم و بالتالي نتج لدينا اربع عينات عرفناها بالشكل المكثف التالي:



II-7- الاستنتاج

قدمنا في هذا الفصل كيفية تحضير العينات باستخدام تقنية الترسيب الموجه بالقذف الجزيئي تحت الفراغ الفائق وفي درجة حرارة الغرفة فتكون الاسطح الناتجة ملساء و ذات جودة عالية حيث ترتبط بها انماط النمو وتطرقنا ايضا الى شرح مبسط للتقنية المستخدمة في تحليل الخصائص المغناطيسية للعينات.



الفصل الثالث

III-1- مقدمة

سنقوم في هذا الفصل بمناقشة النتائج المتحصل عليها بواسطة تقنية المغنطو - ضوئية لفاعل Keer بتطبيق حقل مغناطيسي موازي للاتجاهين <100> و <110> عند درجة حرارة الغرفة للعينات الأربعة المعرفة كما يلي :

العينة 1، نرمل لها بالرمز $(E_{0\text{\AA}})$ ذات الصيغة $\text{MgO}(001)//\text{Fe}(300\text{\AA})/\text{Ag}(20\text{\AA})$

العينة 2، نرمل لها بالرمز $(E_{50\text{\AA}})$ ذات الصيغة $\text{MgO}(001)//\text{Ag}(50\text{\AA})/\text{Fe}(300\text{\AA})/\text{Ag}(20\text{\AA})$

العينة 3، نرمل لها بالرمز $(E_{100\text{\AA}})$ ذات الصيغة $\text{MgO}(001)//\text{Ag}(100\text{\AA})/\text{Fe}(300\text{\AA})/\text{Ag}(20\text{\AA})$

العينة 4، نرمل لها بالرمز $(E_{150\text{\AA}})$ ذات الصيغة $\text{MgO}(001)//\text{Ag}(150\text{\AA})/\text{Fe}(300\text{\AA})/\text{Ag}(20\text{\AA})$

III-2- شرح منحنيات التخلف المغناطيسي

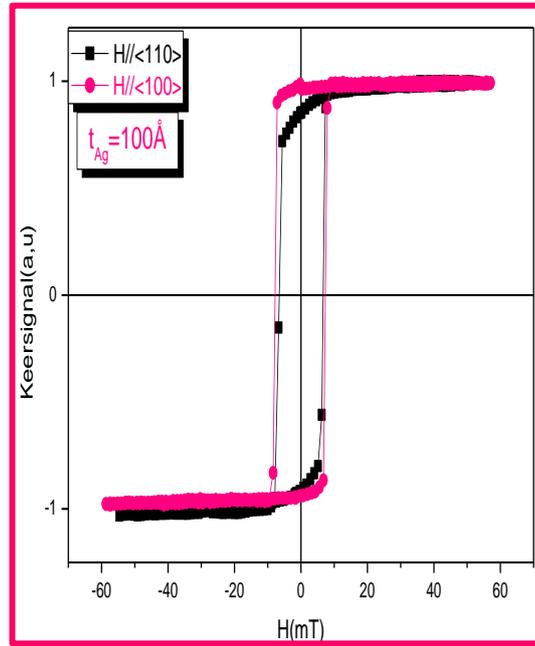
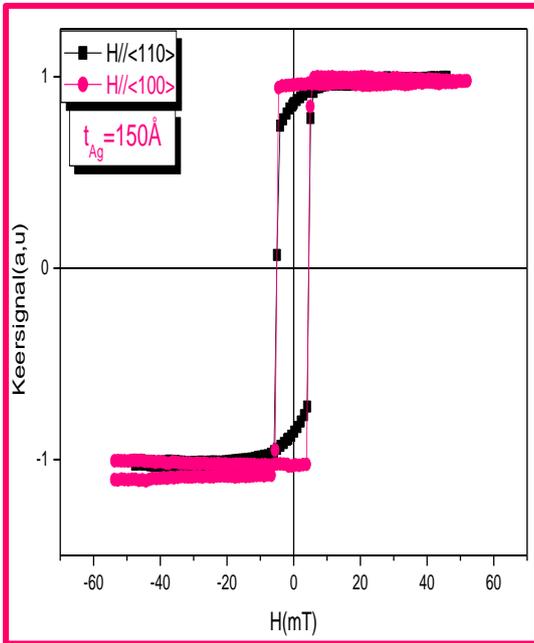
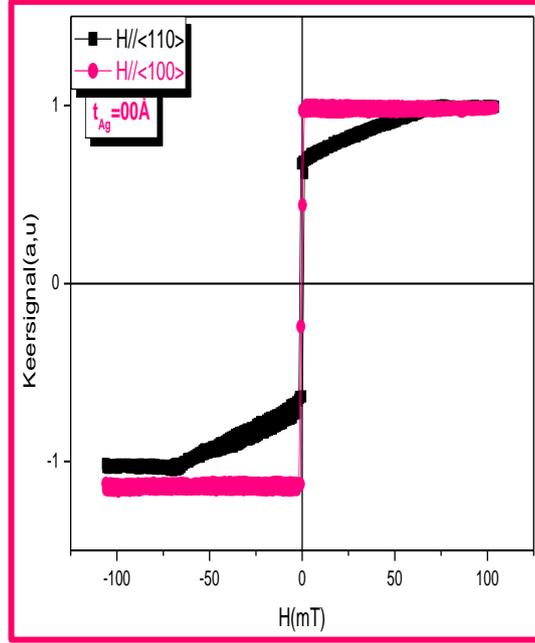
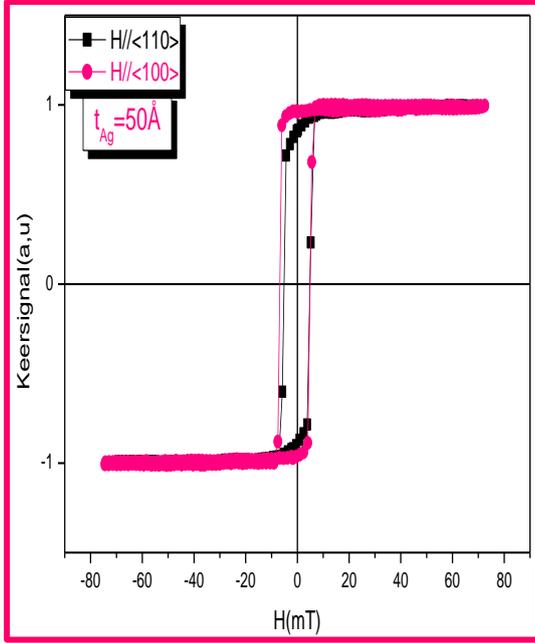
من اجل دراسة السلوك المغناطيسي لغشاء الحديد في جميع العينات، تم تطبيق حقل مغناطيسي خارجي موازي للاتجاهين البلوريين <110> و <100> لهذا الاخير وتم رصد الاستجابة للحقل المطبق والممثلة في منحنيات التخلف الموضحة في الشكل III-1

➤ من خلال المنحنيات البيانية، نلاحظ بان جميع العينات تسلك سلوك فيرومغناطيسي بغض النظر عن سمك الطبقة البينية من الفضة .

➤ نلاحظ كذلك ان شكل ومساحة المنحنيات يتغير من جهة، كلما تغير سمك طبقة الفضة البينية، ومن جهة اخرى، كلما تغير اتجاه تطبيق الحقل المغناطيسي، فجميع العينات تتمغنط بسهولة وتصل حد الاشباع، اذا كان الحقل المطبق في اتجاه المحور <100>، وهذا ما يؤكد الشكل المربع والرقيق لمنحنيات التخلف المغناطيسي، وبالتالي نستنتج ان الاتجاه سهل المغنطة هو هذا الاتجاه. على عكس الاتجاه <110>، اين تجد العينات صعوبة في الوصول الى مغنطة التشبع، مما يؤدي الى تسمية هذا الاتجاه بالاتجاه صعب المغنطة.

➤ من خلال هذه المنحنيات، نلاحظ كذلك ان طبيعة اسطح العينات تختلف كلما اختلف سمك الطبقة البينية (t_{Ag})، وهذا ما يبينه لنا تغير عرض المنحنيات من عينة الى اخرى، حيث ان قيمة هذا العرض تبدأ مهمة في حالة العينة $E_{00\text{\AA}}$ مما يؤكد لنا ان ترسب 300\AA من مادة الحديد على المسند، يجعله غشاء مستمر وتسبب في اسطح ملساء و مهمة العيوب البلورية وبالتالي نتج لدينا عينة لينة. ولكن بإدخال الطبقة البينية المصنوعة من الفضة بالتدريج، ادى الى تغيير نوع الاسطح الناتجة وتسبب لها في نوع من الخشونة،

الناتجة من اختلاف عدم الانتظام الشبكي بين الطبقات [31]، مما أدى إلى عينات ذات طبيعة قاسية [16]، خاصة العينة $E_{100\text{\AA}}$. لكن بزيادة سمك الفضة، تتراجع نسبة الخشونة والتي سببها ممكن هو 100\AA من هذه الأخيرة يجعلها تترسب على كامل سطح المسند لتصبح طبقة مستمرة، تساعد على تحسين طبيعة الأسطح الناتجة.



الشكل III - 1 - دورات التخلف المغناطيسي لجميع العينات

III-2-1- شرح تغيرات الحقل القسري

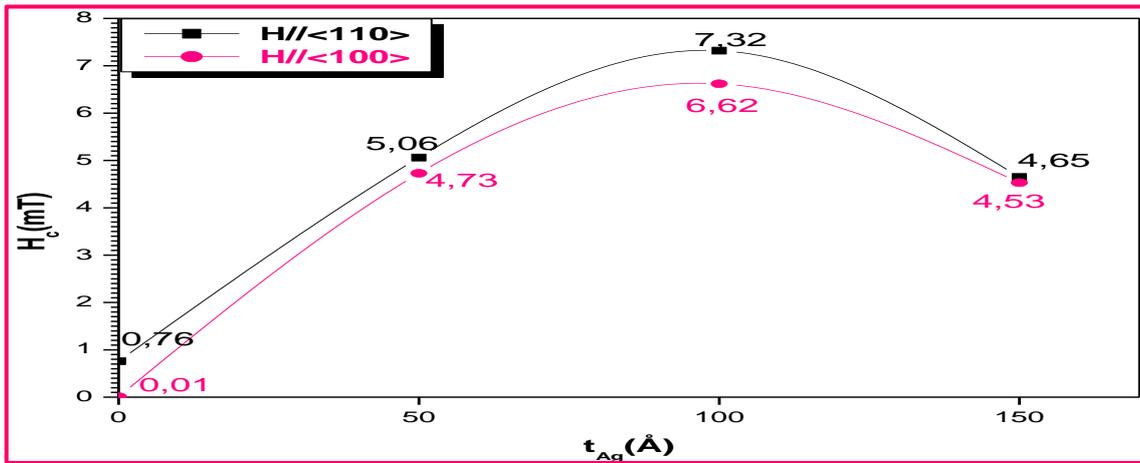
➤ نلاحظ من خلال المنحنى الممثل في الشكل III-2، ان قيم الحقل القسري لجميع العينات ترتبط بكل من سمك الطبقة البينية وكذلك اتجاه تطبيق الحقل المغناطيسي.

➤ عندما نطبق حقل مغناطيسي في الاتجاهين $\langle 100 \rangle$ و $\langle 100 \rangle$ ، فإن قيم الحقل القسري تختلف من اتجاه الى اخر وهذا ما يؤكد تواجد تباين مناحي مغناطيسي. وبما ان في جميع العينات، قيمة الحقل القسري في الاتجاه سهل المغنطة اقل من قيمته في الاتجاه $\langle 110 \rangle$ فان عدم تماثل مناحي يكون أحادي المحور و في مستوي العينات.

➤ نلاحظ ايضا، ان الحقل القسري في كلتا الاتجاهين صعب وسهل التمغنط، يصل الى القيم العظمى (6.62mT, 7.32mT) على الترتيب في حالة العينة E_{100} ، الشيء الذي يترجم قساوة هذه العينة من الناحية المغناطيسية، والتي تسببت فيها قيمة المغنطة المتبقية الكبيرة، مما ادى الى تطبيق هذه القيم للتخلص منها.

➤ إن اقل قيم يمكن ان يأخذها الحقل القسري لإزالة مغنطة التشبع في كلتا اتجاهي التمغنط سواء السهل او الصعب هو في حالة عدم تواجد الطبقة البينية، مما يدل على ان هذه العينة E_{00A} لينة وجيدة النوعية من ناحية الاسطح.

➤ ان سمك 150 Å من الفضة (الطبقة البينية) يؤدي الى تخفيض قيمة الحقل القسري في كلتا اتجاهي المغنطة بالتقريب الى 5 ملي تسلا، بعد ان كان له القيم العظمى في العينة E_{100A} ، مما يؤكد ان سمك الطبقة البينية يؤثر نوع العينات الناتجة وعلى خشونة الاسطح الناتجة وبالتالي على الخصائص المغناطيسية لطبقة الحديد.



الشكل III-2 - تغير الحقل القسري بدلالة كل من سمك الطبقة البينية واتجاه الحقل المطبق

III-2-2- شرح تغيرات حقل التشبع و مغنطة التشبع

استطعنا ايجاد مقدار كل من مغنطة التشبع (M_s) و حقل التشبع (H_s) و لقد وضعنا هذه القيم في الجدول III-1 التالي:

$M_s(\text{emu/cm}^3)$		$H_s(\text{KOe})$		سمك الطبقة البيئية (\AA)
<110>	<100>	<110>	<100>	
1600	1700	0,977	0,044	00
1684	1685	0,274	0,101	50
1670	1670	0,472	0,139	100
1690	1694	0,157	0,104	150

الجدول III-1-تغير قيم كل من مغنطة التشبع و حقل التشبع بدلالة كل من سمك الطبقة البيئية

واتجاه الحقل المطبق

يبين الجدول التالي ان قيم حقل التشبع تتعلق باتجاه الحقل المطبق و كذلك بسمك الطبقة البيئية، مما يؤكد خاصية التباين المغناطيسي.

في حالة تطبيق الحقل في الاتجاه صعب المغنطة، نلاحظ ان حقل التشبع يزداد من اقل قيمة له (0.0977 KOe) ، في العينة $E_{00\text{\AA}}$ الى القيمة العظمى (0.0472 KOe) للعينة $E_{100\text{\AA}}$ ، و يفسر هذا الارتفاع في ظهور تشوهات في العينة الثانية اثناء ترسيب طبقاتها، هذا التشوه ممكن ان ينتج من عدم الانتظام الشبكي بين هذه الطبقات، او من تداخل بين الذرات المختلفة في الاسطح البيئية، مما يتسبب نوعا ما في خشونة الاسطح، وهي ما تعيق حركة العزوم المغناطيسية لتصطف باتجاه الحقل الخارجي عند تطبيقه ، و بالتالي يلزمها قيم كبرى لحقل التشبع لوصول هذه العينة الى حالة التشبع ، هذه الملاحظة انما تدل على تأثير الطبقة البيئية على الخصائص المغناطيسية للحديد.

ان الاختلاف الواضح في قيم حقل التشبع بدلالة اتجاه تطبيق المغنطة، يؤكد كذلك على ان الاتجاه <100> هو اتجاه سهل التمغنط وعلى ان عدم تماثل المناحي في مستوى العينة لان هذا المحور موجود في مستوى العينة وليس عموديا عليها.

➤ بالنسبة لمغنطة التشبع فأنها أيضا تتغير بتغير سمك الطبقة البينية من الفضة وعدم التغير الكبير في قيمها في حالة تطبيق الحقل في كلا الاتجاهين يؤكد انها خاصية ذاتية للحديد.

III-3- ايجاد حقل عدم تماثل المناحي

يمثل حقل عدم تماثل المناحي المغناطيسي، ادنى قيمة للحقل الواجب تطبيقه لكي تغير المغنطة اتجاهها بشكل لا رجعة فيه مهما كان اتجاه الحقل المطبق [5] ، ولإيجاد قيمة هذا الحقل ، نستعمل العبارة التحليلية لكثافة الطاقة المغناطيسية والتي هي عبارة على مجموع طاقة كل من عدم تماثل المناحي البلوري، الشكلي و طاقة زيمان ، المصاغة كما يلي:

$$E = E_m + E_f + E_z \dots \dots \dots (III - 1)$$

حيث

طاقة عدم تماثل المناحي البلوري: $E_m = K_1 (\alpha_1^2 \alpha_2^2 + \alpha_3^2 \alpha_2^2 + \alpha_1^2 \alpha_3^2) + K_2 (\alpha_1^2 \alpha_2^2 \alpha_3^2)$

طاقة عدم تماثل المناحي الشكلي $E_f = 2\pi M^2 \cos^2 \theta$

طاقة عدم تماثل المناحي احادي الاتجاه: $E_u = K_u \sin^2$

طاقة زيمان. $\vec{E}_z = - \vec{M} \cdot \vec{H}$

و لان عدم تماثل المناحي في حالة العينات المدروسة احادي الاتجاه فإننا نضيف طاقة هذا الاخير الى كثافة الطاقة الكلية لتصبح العلاقة كالتالي:

$$E = E_m + E_u + E_f + E_z \dots \dots \dots (III - 2)$$

حيث:

طاقة عدم تماثل المناحي احادي الاتجاه: $E_u = K_u \sin^2$

بتعويض عبارة كل طاقة في العلاقة (III - 1) نتحصل على:

$$E = K_1 (\alpha_1^2 \alpha_2^2 + \alpha_3^2 \alpha_2^2 + \alpha_1^2 \alpha_3^2) + K_2 (\alpha_1^2 \alpha_2^2 \alpha_3^2) + K_u \sin^2 \phi_m + 2\pi M^2 \cos^2 \theta - M \cdot H \dots \dots (III - 3)$$

حيث:

$K_1 ; K_2$: ثوابت عدم تماثل المناحي البلوري.

ϕ_m : الزاوية بين المغنطة و الاتجاه $\langle 110 \rangle$

ϕ : الزاوية بين المغنطة و الاتجاه $\langle 100 \rangle$

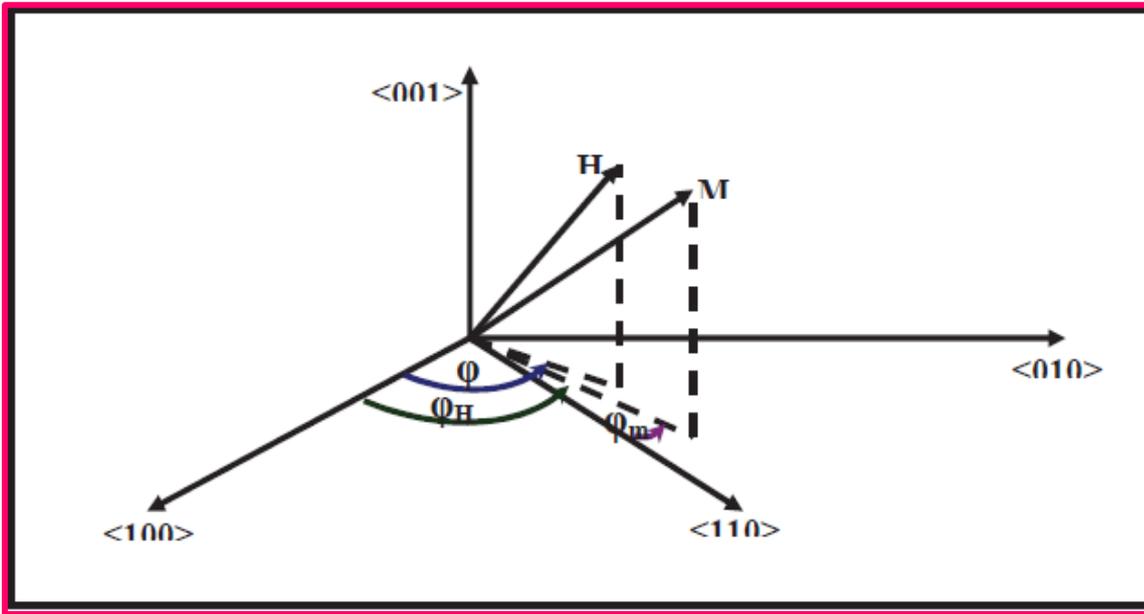
α_i : هم العلاقة بين جيب تمام وتجب تمام الزاوية ϕ و الزاوية θ .

K_u : ثابت عدم تماثل المناحي البلوري احادي المحور الموازي للاتجاه $\langle 100 \rangle$ للحديد.

ϕ_H : الزاوية بين الحقل و الاتجاه $\langle 100 \rangle$.

θ : الزاوية بين المغنطة و الاتجاه $\langle 001 \rangle$.

نوضح مواضع الحقل و المغنطة بالنسبة للمحاور البلوري $\langle 100 \rangle$ و $\langle 110 \rangle$ في الشكل (III-3)



الشكل III-3 - موضع المغنطة والحقل بالنسبة للمحاور البلورية

بما ان المغنطة في مستوى العينات ، اذن $\theta = \frac{\pi}{2}$ و بما ان $(\cos \frac{\pi}{2} = 0)$ ، وبالتالي يهمل الطرف الثاني الموجود في عبارة عدم تماثل المناحي البلوري E_c و ايضا تنعدم طاقة عدم تماثل المناحي الشكلي معدومة ($E_f = 0$) او من اجل الحديد $K_2 \ll K_1$ [2] ، وبما ان الحقل مطبق في الاتجاهين $\langle 100 \rangle$ و $\langle 110 \rangle$ فان عبارة الطاقة الموجودة في العلاقة (III-3)، تتحلل الى جملة معادلتين حسب اتجاه الحقل المطبق وتصبح كالتالي:

$$E^{\langle 100 \rangle} = -M_s \cdot H \cos \phi + \frac{1}{4} K_1 \sin^2 2\phi + K_u \sin^2 \phi \quad H // \langle 100 \rangle \dots \dots \dots \text{..(III-4)}$$

$$E^{<110>} = -M_S \cdot H_S \cos(\theta - \frac{\pi}{4}) + \frac{1}{4} K_I \sin^2 \theta + K_U \sin^2 \theta \quad H // <110> \dots \dots \dots (III-5)$$

من اجل ايجاد الثوابت K_I و K_U نفرض ان حقل التشبع و الزاوية θ قريبة من الصفر ، وعليه تصبح العلاقاتين (3-III) و (4-III) كالتالي:

$$M_S \cdot H_S^{<100>} + 2K_I - 2K_U = 0 \dots \dots \dots (III - 6)$$

$$M_S \cdot H_S^{<100>} - 2K_I - 2K_U = 0 \dots \dots \dots (III - 7)$$

و بحل جملة المعادلات السابقة نجد الثوابت K_I و K_U .

$$K_I = \frac{1}{4} M_S \Delta H_S \dots \dots \dots (III - 8)$$

$$K_U = \frac{1}{4} M_S \Sigma H_S \dots \dots \dots (III - 9)$$

حيث:

$$\Delta H_S = H_S^{<110>} - H_S^{<100>} \dots \dots \dots (III - 10)$$

$$\Sigma H_S = H_S^{<110>} + H_S^{<100>} \dots \dots \dots (III - 11)$$

ونجد ايضا [6]:

$$H_U = \frac{2K_U}{M_S} \dots \dots \dots (III - 12)$$

مختلف قيم ثوابت التباين المغناطيسي للعينات المدروسة وكذلك حقل عدم تماثل المناحي، موضحة في الجدول (2-III) ، اين نلاحظ ان جميعها تتغير كلما تغير سمك الطبقة البينية.

➤ بالنسبة لثابت عدم تماثل المناحي البلوري ، فإننا نلاحظ ان قيمته تتغير من اعلى قيمه في حالة ترسيب الحديد مباشرة على المسند ($4.03 \cdot 10^5 \text{ ergs/cm}^3$) ، وهذا ما بينته النتائج السابقة فمثلا، وجدنا تباين كبير في القيم الخاصة بالحقل القسري بتغيير اتجاه الحقل المطبق من الاتجاه السهل الى الاتجاه صعب المغنطة، مما يدل على وجود عدم تماثل مناخي كبير في هذه العينة، لكن هذه القيمة تبدأ بالتناقص بالتدرج كلما زدنا في سمك الطبقة البينية، الى ان تصل الى اقل قيمة عندما يكون هذا السمك 100 \AA ، اين تكون نسبة الخشونة عظمى، وهذا ما يدل على ان عدم تماثل المناخي البلوري يتأثر بتغير سمك الطبقة العازلة.

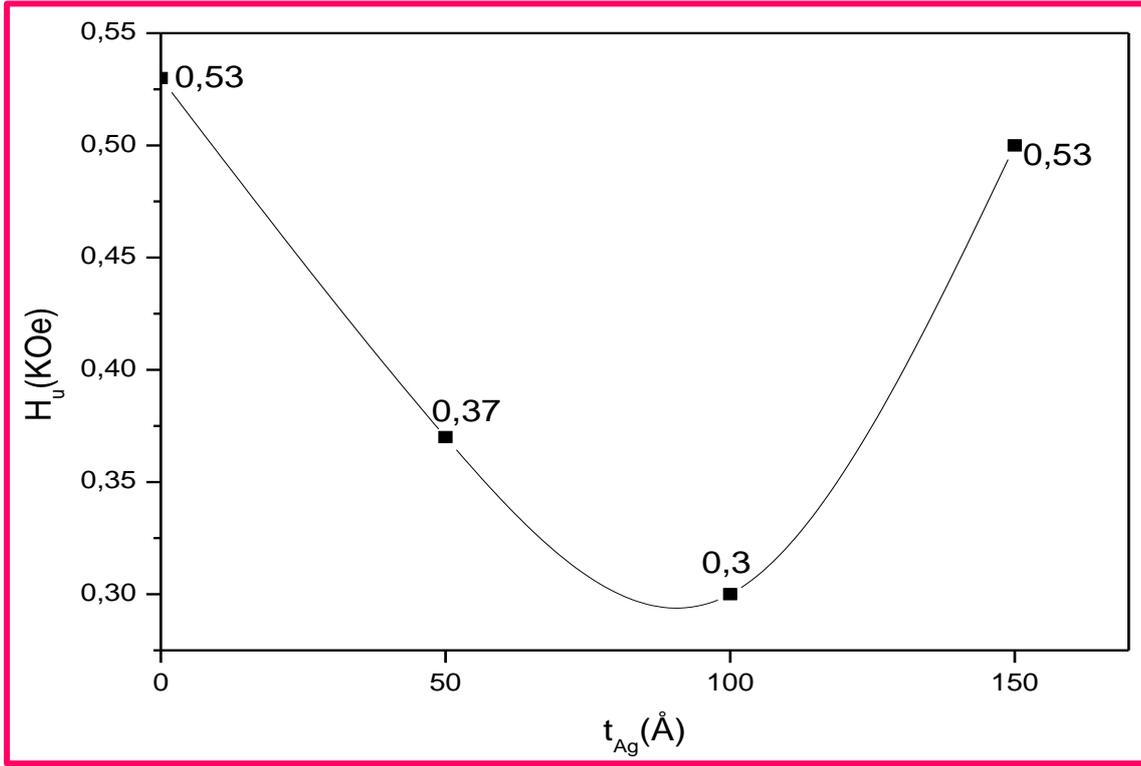
➤ بالنسبة لثابت عدم تماثل احادي الاتجاه فإننا نلاحظ نفس الشيء كما في حالة عدم التماثل البلوري حيث انه يتعلق كذلك بسمك طبقة الفضة البينية.

➤ اما فيما يخص حقل عدم تماثل المناحي H_U ، فان له اكبر قيمة في حالة العينة $E_{00\text{\AA}}$ ، التي تمتلك نوعية اسطح جيدة ، مما يساعد على تغيير العزوم المغناطيسية اتجاهها بطريقة الدوران الكلي [5]، مما يجعل عدم المحافظة على اتجاه المغنطة لوقت كبير وهنا يكون عدم تماثل المناحي معتبر القيمة، ثم يبدأ بالتناقص تدريجيا نتيجة لتغير نوعية الاسطح وظهور خشونة فيها، الى ان يصبح له اقل قيمة في العينة $E_{100\text{\AA}}$ (الشكل III-4)، وهذا التناقص من المحتمل ان يكون نتيجة تداخل ذرات طبقة الفضة مع ذرات الحديد في السطح البيني مما يخلق نوع من التشوه المؤدي الى خشونة في سطح هذه الاخيرة، ولكن بزيادة عدد المستويات الذرية للطبقة البينية، يصبح مستوى هذا الاخير مستمر ويتناقص التداخل وبالتالي تتحسن ثانياة نوعية الاسطح العينة $E_{150\text{\AA}}$. مما يدل على ان خشونة السطح له تأثير كبير على الخصائص المغناطيسية للحديد، وفي عملنا هذا وجدنا انه كلما زادت نسبة خشونة السطح، والتي سببها زيادة الطبقة البينية للفضة، تقل قيمة حقل عدم تماثل المناحي، وبالتالي نستنتج ان خشونة السطح تساعد على محافظة المغنطة على اتجاهها بصورة اكبر.

$t_{Ag(\text{\AA})}$	$K_I(\text{ergs/cm}^3).10^5$	$K_U(\text{ergs/cm}^3).10^5$	$H_U(\text{KOe})$
0	4.03	4.51	0.53
50	1.88	3.14	0.37
100	1.38	2.48	0.30
150	3.98	4.3	0.50

الجدول III-2-تغير قيم ثابت عدم تماثل المناحي البلوري واحادي الاتجاه و كذلك حقل عدم تماثل

المناحي المغناطيسي بدلالة سمك الطبقة البينية



الشكل III-4 - تغير حقل عدم التماثل المناحي بدلالة تغير سمك الطبقة البينية

III-4-الاستنتاج

انطلاقاً من النتائج المغناطيسية المتحصل عليها من تقنية المغطو - ضوئية لفعل Keer نستنتج ان تغير سمك الطبقة العازلة من الفضة له تأثير على خصائص الطبقة المغناطيسية Fe.



نتيجة عامة

نتيجة عامة

تتميز الاغشية الرقيقة الفيرومغناطيسية بامتلاكها مناطق داخلية تحوي عزم مغناطيسية مجموعها بالنسبة لوحدة حجم العينة معدوم، اذا كانت بطبيعة الحال هذه الاغشية في الحالة المستقرة، اما في الحالة غير المستقرة، وهي في حالة تسليط حقل مغناطيسي خارجي، فان هذا المجموع يتأثر بمقدار الحقل المطبق وباتجاه تطبيقه، وبما ان الاغشية فيرومغناطيسية، فان استجابتها لهذا الحقل لا تكون خطية، بل ان خاصية التخلف المغناطيسي فيها يجعل هذه الاستجابة هستيرية، وترجم بمنحنى يسمى: منحني التخلف المغناطيسي او بصيغة اخرى، دورة الهستيرة، والسبب الرئيسي في هذه التسمية، ان الاغشية الرقيقة الفيرومغناطيسية -مثل الحديد ذو السمك 300\AA ، المدروس في عملنا هذا- لا تنعدم مغنطته بانعدام الحقل المطبق، بل بتطبيق حقل يسمى الحقل القسري HC. وبما ان الاغشية الرقيقة المدروسة في هذا العمل تحتوي على طبقة بينية غير مغناطيسية مصنوعة من مادة الفضة، فان دراستنا هذه، ركزت على مدى تأثير سمك هذه الاخيرة على قيمة حقل عدم التماثل المناحي HU، وعلى باقي الخصائص المغناطيسية مثل قيمة الحقل القسري HC، مغنطة التشبع Ms وحقل التشبع HS ولتحقيق هدفنا هذا استخدمنا اربعة من العينات التي حضرت بواسطة تقنية التنضيد الجزيئي الموجه في درجة حرارة الغرفة، الفرق الوحيد بين هاته العينات هو سمك الطبقة البينية (t_{Ag})، حيث تتكون كل عينة من طبقتين: الاولى غير مغناطيسية محضرة من مادة الفضة والتي يتغير سمكها من 00\AA و 150\AA ، سميت هذه الاخيرة بالطبقة البينية وبخرت باستخدام تأثير جول فقط في خلايا كنودسن، نظرا لصغر درجة تشتتها.الهدف من استخدامها هو تعزيز الدراسة لفهم تأثير سمك هذه الاخيرة على الخصائص المغناطيسية لأغشية الحديد التي تعتبر الطبقة الثانية المترسبة باستخدام القذف الالكتروني لأنها تمتلك درجة

حرارة تشتت عالية القيمة، سمك هذه الطبقة المغناطيسية ثابت و يقدر ب 300\AA ، بعد ترسيب هاته الطبقات فوق بعضها البعض، استخدمنا سمك 20\AA من مادة الفضة كغطاء للغشاء الرقيق المصنوع من الحديد، لمنعه من التأكسد، ولتسهيل مناقشة النتائج استخدمنا الترميز E_{Ag} الذي يتعلق بسمك الطبقة البينية للعينات المعرفة كما يلي:

العينة 1: $\text{MgO}(001)//\text{Fe}(300\text{\AA})/\text{Ag}(20\text{\AA})$

العينة 2: $\text{MgO}(001)//\text{Ag}(50\text{\AA})/\text{Fe}(300\text{\AA})/\text{Ag}(20\text{\AA})$

العينة 3: $\text{MgO}(001)//\text{Ag}(100\text{\AA})/\text{Fe}(300\text{\AA})/\text{Ag}(20\text{\AA})$

العينة 4: $\text{MgO}(001)//\text{Ag}(150\text{\AA})/\text{Fe}(300\text{\AA})/\text{Ag}(20\text{\AA})$

الخصائص المغناطيسية للعينات استخرجت بواسطة تقنية المغنطو ضوئية لتأثير Keer بتطبيق حقل مغناطيسي خارجي يصنع الزاوية 00° و 45° مع المحور $\langle 110 \rangle$ لغشاء الحديد، ومن أهم النتائج المغناطيسية التي توصلنا إليها من خلال تحليلنا لمنحنيات التخلف المغناطيسي هي أن الخصائص المغناطيسية للحديد تتعلق بسمك الطبقة البينية وكذلك اتجاه تطبيق الحقل الخارجي. حيث توصلنا كذلك الى النتائج التالية:

➤ جميع العينات، تتبع تصرف فيرومغناطيسي يتعلق بسمك الطبقة البينية، و كذلك باتجاه الحقل المغناطيسي الخارجي المطبق، حيث استطعنا التمييز بين الاتجاه سهل المغنطة والاتجاه صعب المغنطة من خلال شكل منحنى التخلف المغناطيسي.

➤ الفارق في قيم الحقل القسري بين حالة الاتجاه سهل المغنطة والاتجاه صعب المغنطة ان دل على شيء فإنما يدل على وجود عدم تماثل المناحي المغناطيسي داخل مستوى العينات. و تعلق قيم هذا الفارق بتغير سمك الطبقة البينية، يدل على ان هذا السمك غير من طبيعة الاسطح والاسطح البينية الناتجة وكذلك من خشونة هذه الاسطح وبالتالي غير من طبيعة العينات الناتجة.

➤ ان الاختلاف الواضح في قيم كل من حقل التشبع و حقل عدم التماثل المناحي بدلالة اتجاه تطبيق المغنطة ومن عينة الى اخرى، يتجلى في تأثير سمك الطبقة البينية على الخصائص المغناطيسية للعينات.



قائمة المراجع

REFERENCES

- [1] S. Ben moussa, étude de l'aimantation et de l'hystérésis des matériaux ferromagnétiques doux (Fe, FeSi), Thèse de Master Académique l'Université de Kasdi -merbeh Ouargla, 2017.
- [2] CH. Bendjaroudib, Effet de type de substrat sur les propriétés physiques de couche mince Fe /Ag, Thèse de Master l'Université de Larbi Tébessi - Tébessa, 2016.
- [3] A. Hafdallah, étude du dopage des couches minces de ZnO Elaborée par spray ultrasonique, Thèse de Master l'Université de Mentouri- Constantine, 2007.
- [4] M. Garad Houmed; L'anisotropie magnétique perpendiculaire induite par oxydation et recuit thermique: De la structure au magnétisme, Thèse de doctorat, Université Grenoble (2012).
- [5] I. Djouada, Etude de propriétés structurales et magnétiques des couches minces ferromagnétiques à base de métaux de transition, Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas de Sétif, 2012.
- [6] R .Boukhalfa, thèse du doctorat,(Influence du substrat sur les propriétés structurales et magnétiques des bicouches Fe/Ag),université de Constantine,2014.
- [7] M .Laval, Observation et modélisation du comportement de micro et nanostructures magnétiques excitées par microondes en vue d'une application capteur, Thèse de Doctorat, de l'université Paul Sabatier Toulouse 3,2008.

- [8] T. elbahraoui, Etude des propriétés structurales magnétiques et de transport des couches minces et multicouches $\text{Co}_x\text{Zn}_{1-x}$; ($\text{Co}_x\text{Zn}_{1-x} / \text{Cu} ; \text{Co}$)_n, Thèse de Doctorat, Université Mohammed v – agdal, 2007.
- [9] J. A. C. Bland, B. Heinrich ; Ultrathin Magnetic Structures I. An Introduction to the Electronic, Magnetic and Structural Properties. Springer (2005).
- [10] A. Mansri, Processus d'aimantation dans les matériaux doux à base de fer – représentation des pertes en régime dynamique, Thèse de Doctorat l'Université de Badji Mokhtar ,2014.
- [11] S. LAMRANI, Etude des propriétés structurales et magnétiques des couches minces de Permalloy élaborées par évaporation sous vide et déposition, Thèse de Doctorat, Université mouloud Mammeri de tizi ousou, 2014.
- [12] Massinissa TINOUCHE, Élaboration et caractérisations de couches minces à base de cobalt, Université Ferhat Abbas de Sétif, 2010.
- [13] P. Weiss "La variation du ferromagnétisme avec la température," Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, vol. 143, pp. 1136-1139, 1906.
- [14] J. Bernaud, Chapitre A.2.8 Milieux Ferro ou Ferri - magnétiques. Vecteur excitation magnétique H Courbes d'aimantation Hystérésis Champ magnétique rémanent et excitation coercitive.
- [15] Chapter 7. Magnetic Recording Fundamentals. Computer Peripherals School of Computer Engineering Nanyang Technological University Singapore.
- [16] CH. Cyr; modélisation et caractérisation des matériaux magnétiques composites doux utilisés dans les machines électriques, thèse de doctorat, 2007.
- [17] Emmanuel Perl, Les milieux magnétiques « Mort de la morale bourgeoise », mars 99, P 4.

- [18] LD Fiches d'expériences de physique, Observation de l'effet normal de Zeeman en configuration transversale et longitudinale P6.2.7.3.
- [19] SARAH MENAKH, Contribution à l'étude des propriétés de films ZnO, mémoire de magister en physique, université mentouri de Constantine, 2010.
- [20] Benmir AEK, Chapitre 5: Mémoires secondaires, P 1.
- [21] S. Khizroev, and D. Litvinov, Perpendicular Magnetic Recording, U.S.A, 2005.
- [22] A. Moser et al ; Magnetic Recording: advancing into the future, J. Phys. D: Appl. Phys. 35(2002) R157–R167.
- [23] المحاضرة الثامنة اوساط التخزين جامعة الاندلس الخاصة بالعلوم الطبية
- [24] Olivier. Cador Nanomagnétisme, 2015 P30.
- [25] جعلالي هدى ، سليم فلة ، تأثير طبقة ذات سمك 75 \AA من الكروم على الخصائص البنيوية للعينة Fe $(100 \text{ \AA})/\text{MgO}(001)$ / $(300 \text{ \AA})/\text{Ag}$ ، جامعة العربي التبسي – تبسة، (2017).
- [26] M. SUSSIAU, Thèse de doctorat, P.11.
- [27] P. Turban ; Epitaxie de films minces métalliques : (i) Relaxation élastique pendant la croissance pseudomorphe (ii) Epitaxie d'hétéro structures NiMnSb/MgO/NiMnSb pour l'électronique de spin, Thèse de doctorat, Université nancy1 (2001) P8.
- [28] G .Tourbot, Croissance par épitaxie par jets moléculaires et détermination des propriétés structurales et optiques de nanofils InGaN/GaN, Thèse de doctorat , Université de Grenoble, 2012.
- [29] J. F-Vincent ; Transport tunnel polarisé en spin dans le système épitaxie Fe/MgO/Fe : Interactions magnétiques et Symétries électroniques, Thèse de doctorat, Ecole de Nancy(2004) P23.

- [30] A. Goschew Magneto–Optical investigations of Eus/Co and Eus/Ni multilayers for spintronic applications, Universität Berlin, 2017.
- [31] N. ouarab, effet kerr dans les couches minces ferromagnétiques à base de fer, Thèse de Magister, Université Ferhat Abbas, 2010
- [32] F. Chemam, R. Halimi, A. Bouabellou, M.-F. Mosbah ; Elaboration et caractérisation de super-réseaux Fe/Ag, Sciences & Technologie 12, Décembre (1999) 1-6.