الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة العربي التبسي-تبسة
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة
قسم: علوم المادة

مذكرة ماستر
ميدان: علوم المادة
اختصاص: فيزياء

شعبة: فيزياء المادة المكثفة

موضوع:

تغير الحقل الحرج في الأغشية الرقيقة باختلاف نوع المسند المستخدم

مقدمة من طرف:

قواسمية وناسة **جباري سعاد**

امام لجنة المناقشة:

بوقرورة حمزة	أستاذ محاضر(ب)	جامعة العربي التبسي-تبسة-	رئيس اللجنة
بوخالفة راضية	أستاذة محاضرة(ب)	جامعة العربي التبسي-تبسة-	مؤطرة
حفظ الله عبد القادر	أستاذ محاضر(ب)	جامعة العربي التبسي-تبسة-	الممتحن

تاريخ المناقشة:
2018/05/27

النقطة:.....الملاحظة :.....

الملخص

الملخص

لقد حضرت نوعين من العينات تحتوي على الأغشية الرقيقة Fe/Ag بواسطة تقنية الترسيب الموجه بالقذف الجزيئي تحت الفراغ الفائق ودرجة حرارة الغرفة، الفرق الوحيد بينهما هو نوع المسند المستخدم: فبالنسبة للنوع الأول والذي رمزنا له بالرمز E^1_{tAg} ، فان المسند كان اوكسيد المغنزيوم MgO(001) أحادي التبلور، اما النوع الثاني فإننا رمزنا له بالرمز E^2_{tAg} ، وكان المسند SiO_2/Si (100) ثلاثي التبلور.

سمك الطبقة المغناطيسية المحضرة من الحديد ثابت ويساوي 300Å ، أما سمك الطبقة البينية المحضرة من الفضة فيتغير من 0Å إلى 150Å، والهدف من تغيير هذا السمك هو تعزيز الدراسة، بمعرفة تأثير نوع المسند المستخدم على الحقل الحرج المطبق على العينات لإزالة تمغنطها المتبقي. ولقد درست الخصائص المغناطيسية لهذه العينات باستخدام تقنية المغنطو ضوئية لتأثير كير بتطبيق حقل مغناطيسي خارجي موازي للزاوية 00° و 45° بالنسبة للاتجاه <100> لطبقة الحديد. تحليل منحنيات التخلف المغناطيسي أكدت تعلق كل من: نوع الاستجابة الفيرومغناطيسي، قيمة الحقل الحرج، والتربيع المغناطيسي بنوعية المسند المستخدم .

الكلمات المفتاحية

Fe, MgO ,Ag ,Si ,SiO_2, المسند, أحادي التبلور,ثلاثي التبلور ,طبقة بينية ,مغنطة التشبع ,المغنطة المتبقية, دورة التخلف المغناطيسي , حقل التشبع ,التربيع المغناطيسي.

Résumé

Résumé

Deux types d'échantillons contenant des couches minces de Fe / Ag ont collaboré par la technique d'épitaxie par jet moléculaire sous ultravide et à la température ambiante, la seule différence entre eux est le type de substrat utilisée: Pour le premier type représenté par le symbole E^{1}_{tAg}, le substrat était oxyde de magnésium MgO (001) monocristallin, ou le seconde type nous noté par le symbole E^{2}_{tAg} , est. le substrat SiO_2/Si (100) polycristalline.

L'épaisseur de la couche magnétique préparée à partir du fer est constante et égale à 300Å. Mais l'épaisseur de la couche tampon prépare à partir de l'argent varie de 0Å à 150Å, Le but de changer cette épaisseur est de progresser l'étude, par la connaissance de l'effet du type de substrat utilisé sur le champ critique appliqué aux échantillons pour annulé leur aimantation rémanente. Les propriétés magnétiques de ces échantillons ont été étudiées par la technique de magneto optique à effet de Kerr en appliquant un champ magnétique extern 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 dépendance des: le type de réponse magnétique, la valeur du champ critique et la quadrature magnétique de la qualité du substrat utilisé.

Les mots clés

MgO, SiO_2, Si, Ag, Fe, substrat, monocristallin, polycristalline ,couche tampon , aimantation de saturation ,aimantation rémanente, cycle de retard magnétique, le champ coercitif, la rectangularité.

Abstract

Abstract

Two types of samples containing Fe / Ag thin films have collaborated by the technique of ultra-vacuum molecular beam epitaxy at room temperature, the only difference between them is the type of substrate used: For the first type represented by the symbol E^{1}_{tAg}, the substrate was magnesium oxide MgO (001) single crystalline, or the second type noted by the symbol E^{2}_{tAg}, is the SiO_2/Si (100) polycrystalline substrate.

The thickness of the magnetic layer prepared from iron is constant and equal to 300Å. But the thickness of the buffer layer prepared from silver varies from 0Å to 150Å, the purpose of changing this thickness is to progress the study, by the understanding of the effect of the type of substrate used on the applied critical field samples to cancel their remanent magnetization. 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 dependence of: the type of magnetic response, the critical field value and the magnetic quadrature of the quality of the substrate used.

Keywords

MgO, SiO_2, Si, Ag, Fe, substrate, single-crystalline, polycrystalline, buffer layer, saturation magnetization, remanent magnetization, magnetic retardation cycle, coercive field, squerness.

إهداء

احمد الله عز وجل على منه و عونه لإتمام هذا البحث

إلى الذي وهبني كل ما يملك حتى أحقق له آماله، إلى من كان يدفعني نحو الأمام لنيل المبتغى، إلى الإنسان الذي أمتلك الإنسانية بكل قوة، إلى الذي سهر على تعليمي بتضحيات جسام مترجمة في تقديسه للعلم، إلى مدرستي الأولى في الحياة أبي الغالي على قلبي أطال الله في عمره

إلى التي وهبت فلذة كبدها كل العطاء و الحنان، إلى التي صبرت على كل شيء،التي رعتني حق الرعّاية و كانت سندي في الشدائد، و كانت دعواها لي بالتوفيق، تتبعتني خطوة خطوة في عملي، إلى من ارتحت كلما تذكرت ابتسامتها في وجهي نبع الحنان أمي أعز ملاك على القلب و العين جزاها الله عني خير الجزاء في الدارين

إليهما أهدي هذا العمل المتواضع لكي أُدخل على قلبهما شيئا من السعادة

إلى القلب الناصع بالبياض أمي الثانية ...يمه

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة و النفوس البريئة إلى رياحين حياتي :

شراحة,فتيحة,سهام,أمال,فطيمة,عواطف,ريان,حفيظة,سارة

إلى من أرى التفاؤل بعينه..و السعادة في ضحكته أخي عبيد

إلى الوجه المفعم بالبراءة و بمحبته أزهرت أيامي و تفتحت براعم الغد أخي يزيد

إلى خطيبي ع

إلى توأم روحي و رفيقة دربي إلى أختي التي لم تنجبها أمي ...دنيا

إلى من اظهروا لي أجمل ما في الحياة إلى من كانوا ملاذي و ملجئي إلى من تذوقت معهم أجمل اللحظات... سعاد, فوزية, أية,خوله, ابتسام, سلوى

وناسة قواسمية

إهداء

اهدي ثمرة عملي هذا إلى

إلى من كلله الله بالهبة والوقار إلى من علمني العطاء دون انتظار إلى من احمل اسمه بكل افتخار إلى من سهر الليالي من اجل تحقيق أحلامي إلى من بث فيا مكارم الأخلاق و حسن الأعمال إلى أبي الغالي أدامه الله "جباري مختار" وأطال عمره

إلى التي حملتني في بطنها إلى التي باركتني بدعائها إلى ملاكي في الحياة إلى بسمة في الحياة وسر الوجود إلى بلسم جراحي إلى أمي الحنونة الغالية الكريمة "جباري خيرة" أدامها الله تاجا على راسي

شكرا لكما والديا ومهما قلت لن اكفي حقكما ومهما فعلت سوف ابقي مدينة لكما طوال حياتي

إلى من كانا واقفين معي وناصحين لي إلى معنى الاخوه إلى الورود البهية إلى اختايا سناء الضحوكة والعتيدة وأمال الفراشة والمدللة حقق لكما الله أحلامكم وأعاشكم حياة ملؤها السعادة والهناء

إلى اعز وارقي معاني الحب والوفاء إلى معنى الشقاوة والجنون والضحك إلى أختي الحبيبة حنان بسمتي الصغيرة في الحياة

إلى إخوتي الكلمات لا تكفي حقكم هشام أخي الغالي سندي في الحياة خالد أخي المغرور المشاكس وفقكم الله في حياتكم وأنارها بالشموع

إلى معنى الشقاوة إلى معنى الصغر إلى اخوي الصغيرين صليحة الدلوعة وأكرم عنقود البيت وفقكما الله في حياتكما

أما الآن إلى أول رفيقاتي سوسو التي كانت لي مثل أخت وصديقتي التي لايمكن أن يكون لها شريك في قلبي معزتك كبيرة واحترامي لكي لايقل عن احترامي لأهلي

إلى رفيقاتي وزميلاتي في الجامعة دنيا الطيوبة وسلوى وابتسام وفوزية وخوله

كما اهدي هذا العمل إلى كل الزملاء دفعة 2018 خاصة طلبة الفيزياء المادة المكثفة لمشاركتهم مساري الدراسي بأكمله

سعاد جباري

كلمة شكر

قبل كل شيء الحمد والشكر لله العزيز العليم الذي بنعمه تتم الصالحات الحمد لله حمدًا طيبا مباركًا فيه على كل ما وفقنا لبلوغ هذه الدرجة والحمد لله وكفى وصلى الله على من اصطفى أما بعد :

بنعمة من الله وتوفيق منه تم انجاز هذا العمل الذي نأمل من خلاله أن نكون قد قدمنا إضافة للمكتبة الجزائرية ولا يفوتنا هنا أن نتقدم بخالص الشكر والامتنان والعرفان بالجميل إلى أستاذتنا الكريمة والفاضلة **بوخالفة راضية** أستاذة محاضرة بجامعة العربي–تبسة– التي أطرتنا بالرغم من انشغالاتها والتزاماتها العديدة و التي أثبتت وجودها في هذا العمل بوقوفها على مختلف فصوله بتصويباتها و توجيهاتها التي جعلتها نصب أعيننا

كما نتقدم بخالص الشكر إلى جميع أساتذتنا الكرام عامة والى أعضاء اللجنة خاصة الأستاذ المحاضر **بوقرورة حمزة** و الأستاذ المحاضر **حفظ الله عبد القادر** لقبولهم تقييم عملنا المتواضع

وفي الأخير نتقدم بجزيل الشكر لكل زملائنا وأصدقائنا الذين كانوا سند لنا طوال حياتنا الدراسية

الفهرس

الفهرس

المقدمة العامة 01

الفصل الأول مفاهيم عامة حول الأغشية الرقيقة

I-1- مقدمة 03

I-2- عموميات حول الأغشية الرقيقة 03

I-2-1- تعريف الأغشية الرقيقة 03

I-2-2-العوامل المؤثرة على الأغشية الرقيقة 04

I-2-2-1-طريقة التحضير 04

I-2-2-2-نوع المسند المستخدم 04

I-2-2-3-درجة الحرارة 05

I-2-2-4-سرعة الترسيب 05

I-2-2-5-نوعية الطبقة العازلة(البينية) 05

I-2-2-6-خشونة السطح 05

I-3-المغناطيسية 06

I-3-1-تصنيف المواد حسب خصائصها المغناطيسية 06

I-3-2-المناطق المغناطيسية 07

I-3-3-العوامل المؤثرة على الخصائص المغناطيسية	09
I-4-منحنى التخلف المغناطيسي(دورة الهسترة)	09
I-4-1-شرح منحنى التخلف المغناطيسي(دورة الهسترة)	10
I-4-2-المتغيرات الأساسية لمنحنى التخلف المغناطيسي	11
I-4-2-1-الشكل	11
I-4-2-2-مغنطة التشبع	12
I-4-2-3-المغنطة المتبقية	13
I-4-2-4-الحقل القاهر(الحرج)	13
I-4-2-5-المساحة	13
I-5- تطبيقات الأغشية الرقيقة	14
I-5-1-رؤوس القراءة المغناطيسية	14
I-5-2-التسجيل المغناطيسي	15
I-6-الاستنتاج	16

الفصل الثاني وصف تقنية تحضير العينات و طريقة دراسة خصائصها

II-1-مقدمة	17
II-2-طريقة الترسيب بالتنضيد الجزيئي الموجه لتحضير العينات	17

II-2-1-تعريف كلمة التنضيد الجزيئي الموجه	17
II-2-2-مبدأ التنضيد الجزيئي الموجه	18
II-2-3-وصف هيكل تقنية التنضيد الجزيئي الموجه	18
II-2-4-مزايا تقنية التنضيد الجزيئي الموجه	20
II-3-تقنية تحليل الخصائص المغناطيسية للعينات	20
II-3-1-مبدأ عمل لتقنية المغنطو ضوئية لتأثير كير	20
II-3-2-أنواع تأثير كير	21
II-3-2-1-تأثير كير العمودي	21
II-3-2-2-تأثير كير الطولي	21
II-3-2-3-تأثير كير العرضي	22
II-3-2-4-مزايا كير العرضي	22
II-4-طريقة تحضير العينات	22
II-4-1-أهمية اختيار نوع الركيزة	22
II-4-1-1-الركيزة MgO(001)	23
II-4-1-2-الركيزة Si/SiO2(100)	24
II-4-2-كيفية ترسيب الطبقات	25

الفصل الثالث تحليل النتائج التجريبية

III-1 - مقدمة 27

III-2 -تحليل النتائج المرتبطة بالخصائص المغناطيسية للنوع الأول من العينات 27

III-2 -1- تفسير منحنى الحقل الحرج 29

III-2- 2-تفسير منحنى التربيع المغناطيسي (Mr/Ms) 30

III-3-تحليل النتائج المرتبطة بالخصائص المغناطيسية للنوع الثاني من العينات 31

III-3-1-تفسير منحنى الحقل الحرج 32

III-3- 2-تفسير منحنى التربيع المغناطيسي (Mr/Ms) 34

III-4- المقارنة بين النتائج المتحصل عليها في العينتين الأولى والثانية 35

III-4-1- المقارنة بين النتائج المتحصل عليها حول الحقل القاهر(الحرج)

للعينتين E^1_{tAg} و E^2_{tAg} 36

III-4-2- المقارنة بين النتائج المتحصل عليها حول التربيع المغناطيسي

لكلا النوعين من العينات 37

III-5- الاستنتاج 38

الخاتمة العامة 39

المراجع 42

قائمة الجداول

قائمة الجداول

الجدول	إسم الجدول	الصفحة
II-01	قيم عدم الانتظام الشبكي بين كل من MgO,Ag,Fe	24

قائمة الأشكال

قائمة الأشكال

الشكل	إسم الشكل	الصفحة
I-01	تمثيل المناطق المغناطيسية	08
I-02	كيفية تغير المغنطة في المنطقة الفاصلة	08
I-03	دورة التخلف المغناطيسي لمادة حديدية المغنطة	11
I-04	أشكال دورة التخلف المغناطيسي	12
I-05	مخطط تطور كثافة تخزين المعلومات للأقراص الصلبة	16
II-01	رسم تخطيطي لهيكل تقنية التنضيد الجزيئي الموجه (MBE)	19
II-02	مختلف المضخات المستخدمة في غرفة النمو	20
II-03	تغير استقطاب الموجه المسلط على مادة مغناطيسية (تأثير كير)	21
II-04	رسم تخطيطي لأنواع تأثير كير	22
II-05	رسم تخطيطي للبلورة MgO	23
II-06	رسم تخطيطي للبنية الماسية	25
II-07	رسم تخطيطي للعينتين	26
III-01	دورات التخلف المغناطيسي للعينات E^{1}_{tAg} بتطبيق حقل مغناطيسي في الاتجاه <100> و <110>	28
III-02	تغير الحقل الحرج للعينات E^{1}_{tAg} بتطبيق حقل مغناطيسي بالاتجاه <100> و <110>	29

03-III	تغير مقدار التربيع المغناطيسي للعينات E^1_{tAg} بتغير اتجاه بتطبيق حقل مغناطيسي	31
04-III	دورات التخلف المغناطيسي للعينات E^2_{tAg} بتطبيق حقل مغناطيسي في الاتجاه <100>و <110>	32
05-III	تغير الحقل الحرج للعينات E^2_{tAg} بتطبيق حقل مغناطيسي في الزاويتين °00و °45	33
06-III	تغير مقدار التربيع المغناطيسي للعينات E^2_{tAg} بتغير اتجاه بتطبيق حقل مغناطيسي	34
07-III	المقارنة بين منحنيات التخلف المغناطيسي الخاصة بالنوع الأول والثاني للعينات	35
08-III	المقارنة بين قيم الحقل القاهر (Hc) الخاصة بالنوع الأول والثاني للعينات	37
09-III	المقارنة بين قيم التربيع الخاصة بالنوع الأول والثاني للعينات	38

قائمة الرموز

قائمة الرموز

الرمز	المعنى
Å	الانغشتروم
H	الحقل المغناطيسي
M	المغنطة
Hs	حقل التشبع
Mr	المغنطة المتبقية
–Hc	الحقل القاهر
–Ms	مغنطة التشبع العكسية
Ms	مغنطة التشبع
Hc	الحقل القاهر(الحقل الحرج)
CVD	الترسيب بالتبخير الكيميائي
PVD	الترسيب بالتبخير الفيزيائي
MOKE	المغنطة الضوئية لتأثير كير
VSM	مخبر فيزياء الجسم الصلب و المغناطيسية

a	ثابت الشبكة
$\Delta a/a$	عدم الانتظام الشبكي
mT	ميلي تسلا
K	كلفن
UA	وحدة دولية
S	التربيع المغناطيسي

المقدمة العامة

المقدمة العامة

منذ القدم ومنذ أن ظهر العلم تعلم الإنسان كيف يواجه المصاعب بعلمه ولكن في كثير من الأحيان أصبح الناس غير قادرين على مواكبة سرعة التطور التقني الذي لم يشمل مجال واحد ولكنه تعدى إلى كامل المجالات فقد كان لواقع التكنولوجيا أهمية كبيرة في شتى الاختراعات والتطبيقات الصناعية التي بفضلها تم إنتاج أجهزة الكترونية تحتوي في تركيبها على طبقات رقيقة جدا من رتبة الانغشتروم محضرة بعدة طرق وعدة تقنيات، والسؤال المطروح هنا، هو ماذا تحتاج هذه الاغشية الرقيقة ليتم تحضيرها؟

الإجابة على هذا السؤال هو ان هذه الأغشية تحتاج دوما لمسند معين ترتكز عليه، ليتم تحضيرها وبالتالي دراسة خصائصها الفيزيائية، و بما ان المساند المستخدمة تكون من مواد مختلفة، فهل يكون لنوع هذه المساند تأثير على الخصائص المدروسة أم لا؟ وعملنا هذا يمثل نوع من أنواع الإجابة على هذا السؤال، حيث استخدمنا في هذا العمل نوعين من المساند المختلفة عن بعضها البعض، الأول أحادي التبلور ويتمثل في أكسيد المغنزيوم MgO المصقول على الوجه (001)، والأخر عبارة على مسند ثلاثي التبلور غير موجه للسيليسيوم. و تتجسد إشكالية بحثنا العلمي في محاولة معرفة بعض الخصائص المغناطيسية للمواد المغناطيسية عامة والمادة الفيرومغناطيسية خاصة (Fe) و دراسة مدى تأثر تلك الخصائص إذا قمنا بتغيير نوع المسند المستخدم وذلك بعد التعرف على كيفية تحضير الأغشية الرقيقة و أيضا التطرق لبعض المفاهيم و شرح بعض العناصر اللازمة التي تساعدنا على تحليل و فهم و حل هذا الإشكال و من خلال هذه المفاهيم و العناصر سوف نتطرق لدراسة أهم خاصية مغناطيسية التي نستطيع من خلالها التمييز بين طبيعة المواد و أيضا معرفة مدى كثافة تخزينها المغناطيسي وقدرة استيعابها للمعلومات المغناطيسية.

لقد قسمنا هذا العمل العلمي إلى ثلاثة فصول بالإضافة إلى مقدمة عامة وخاتمة عامة.

ففي الفصل الأول من هذه الدراسة العلمية قمنا بتقديم تعريف بسيط للأغشية الرقيقة وحاجتها الضرورية لمسند (ركيزة) توضع عليه وأيضا أهم العوامل التي تؤثر في تكوين تلك الأغشية وأهمها نوعية

وطبيعة المسند وسرعة الترسيب وهل تؤثر هذه العوامل على الخصائص الفيزيائية وخاصة المغناطيسية منها، بالإضافة أيضا فإننا تطرقنا إلى وصف دورة التخلف المغناطيسي واهم مميزاتها واهم المتغيرات التي تؤثر على تلك الدورة ولم ننسى أيضا ذكر بعض تطبيقات الأغشية الرقيقة المستخدمة في حياتنا اليومية، خاصة في مجال التخزين المغناطيسي,

أما الفصل الثاني فقد قمنا بدراسة تقنية التحضير للأغشية الرقيقة و المتمثلة في الترسيب بالتنضيد الجزيئي الموجه 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 ،حيث حاولنا في هذا الفصل التوسع في تلك الدراسة من خلال تقديم معنى وشرح لهذه التقنية وأيضا شرح وتوضيح مبدأ عملها ولا ننسى أيضا ذكر بعض الميزات والخصائص المميزة لها ثم تطرقنا إلى ما يعرف بتقنية المغنطو ضوئية لتأثير كير والتي نرمز لها بالرمز (MOKE) وهذا من اجل دراسة استخراج الخصائص المغناطيسية المطلوبة في عملنا هذا مثل الحقل القاهر(الحرج) و التربيع المغناطيسي الذي يرمز له بالرمز S للعينات المحضرة فقمنا بشرح هذه التقنية وأيضا شرح مبدئها شرحا مفصلا بالإضافة إلى بعض الفوائد والميزات الايجابية المميزة لها، واخيرا شرحنا كيفية تحضير العينات المدروسة في هذا العمل.

وفي الاخير و بالنسبة للفصل الثالث من هذه المذكرة، فقد خصصناه لدراسة ومناقشة النتائج المتحصل عليها سابقا .

الفصل الأول

I-1 -مقدمة

على مدى العشرية الماضية، قد نمت دراسة الأغشية و متعدد الطبقات الرقيقة المغناطيسية إلى حد كبير، و يوضح تطور هذا الخط من البحوث من خلال تقدم تقنيات الترسيب فيزيائية كانت أو كيميائية و كذلك الخصائص الفيزيائية الجديدة لهذه الأخيرة [1]. وتعد دراسة المادة المدروسة بشكل أغشية رقيقة إحدى الوسائل المناسبة للتعرف على العديد من الخصائص الفيزيائية لهذه المواد والتي يصعب الحصول عليها في حالتها الطبيعية، والتي هي مثيرة للاهتمام من وجهة نظر تطبيقاتها (التسجيل المغناطيسي ، أجهزة الاستشعار الميدانية، ...الخ).

في هذا الفصل ونحن نتبين مفهوم الأغشية الرقيقة وحاجتها الملحة إلى الركيزة التي تستند عليها، سنحاول عرض معلومات حول العوامل المؤثرة على تكوين هذه الأخيرة مثل السرعة المستخدمة في الترسيب، نوعية وطبيعة المسند المستخدم و الذي له علاقة مباشرة بالخصائص الفيزيائية للأغشية الرقيقة وبالتحديد المغناطيسية منها والتي هي محور عملنا هذا.بالإضافة إلى هذا كله سنتطرق إلى دورة التخلف المغناطيسي وننهي دراستنا في هذا الفصل إلى عرض بعض الاستخدامات للأغشية الرقيقة .

I-2 -عموميات حول الأغشية الرقيقة

I-2 -1-تعريف الأغشية الرقيقة

الغشاء الرقيق عبارة عن وصف لطبقة واحدة أو عدة طبقات من ذرات المادة حيث توضع هذه الأخيرة على مواد أخرى تدعى الركيزة، و تصنف الطبقة الرقيقة على أنها مادة ثنائية الأبعاد لان لديها احد الأبعاد مهمل جدا بالنسبة للأبعاد الأخرى وفي اغلب الحالات يكون هذا البعد هو السمك الذي يكون صغير جدا أي من رتبة الانغشتروم (Å) و بالتالي فإن تأثير السطح في حالة الأغشية الرقيقة يلعب دورا هاما على الخصائص الفيزيائية لهذه الأخيرة [3,2].

I-2 -2-العوامل المؤثرة على الأغشية الرقيقة

I-2 -2-1- طريقة التحضير

إن طريقة تحضير الأغشية الرقيقة تعد من أهم العوامل المؤثرة على نوعية العينة الناتجة، حيث لا يمكن تحضير أنواع مختلفة من الأغشية الرقيقة بنفس الطريقة وبالتالي يجب اختيار الطريقة المناسبة للحصول على العينة المناسبة للتطبيق المناسب، و ذلك لان صفات نفس العينة تختلف حسب الطريقة المتبعة في ترسيبها . تجدر الإشارة هنا إلى أن جميع أنواع طرق التحضير تشترك في نفس الآلية للترسيب والمتمثلة في ثلاث الخطوات التالية [4]:

- ✓ توليد النوع المناسب من الذرات أو الجزيئات أو الايونات.
- ✓ نقل هذه الأنواع إلى الركيزة خلال الوسط المناسب.
- ✓ تكثيفها على المسند إما مباشرة وإما كيميائيا وإما بعملية كهر وكيميائية لتشكيل المادة الصلبة أو العينة.

I-2 -2-2-نوع المسند المستخدم

إن نوع المسند المستخدم في ترسيب الأغشية الرقيقة له دور هام في تشكيل العينات من حيث بنيتها البلورية وطبيعتها البنيوية، وكذلك جودتها. لذلك يجب إتباع الشروط التالية عند اختيار المسند المستخدم:

- ✓ يجب أن يكون هناك تقارب في الأبعاد البلورية، بمعنى أن يكون ثابت الشبكة البلوري لكل من المسند والغشاء متقاربان مما يؤدي إلى عدم انتظام شبكي صغير جدا.
- ✓ بعد المسند على الهدف يجب ان يكون مناسب للحصول على السمك الذي نبحث عنه حيث أن المساند المتواجدة تحت الهدف مباشرة تمكننا من الحصول على أعلى تموضع ممكن لذرات الغشاء ومنه سمك اكبر و المساند البعيدة على الهدف تؤدي للتقليل من قيمة السمك.

I-2 -2-3-درجة الحرارة

✓درجة حرارة عملية التبخير يجب أن تكون أقل من نقطة الانصهار ونقطة الانتشار لمادة الركيزة.

✓درجة حرارة الركيزة يجب أن تكون مناسبة لعملية توضع ذرات الغشاء و توزيعها بشكل متجانس بحيث لا تكون عالية لدرجة إعادة تبخر الغشاء بعد أن يتشكل، ولا باردة تتسبب في توزيع غير متساوي للسمك.

I-2 -2-4-سرعة الترسيب

ان اختلاف طرق ترسيب الأغشية يؤدي أيضا إلى اختلاف سرعة ترسيبها، فعندما تكون السرعة منخفضة تتمكن ذرات الغشاء المرسب من التموضع المرتب فوق المسند أو فوق الغشاء المرسب أسفلها، مما يؤدي إلى تحسين نوعية الأسطح الناتجة في العينة. بالإضافة إلى هذا تمكن سرعة الترسيب البطيئة من إمكانية التحكم في سمك الطبقات المتموضعة وبالتالي سمك العينة الناتجة.

I-2 -2-5-نوعية الطبقة العازلة(البينية)

في كثير من الأحيان يكون هناك تباين كبير بين ثابت الشبكة البلوري للغشاء الرقيق و المسند المعتمد، ولذلك يجب إدخال طبقة رقيقة من مادة أخرى تختلف عن تلك المراد دراسة خصائصها الفيزيائية تعمل كمادة لاصقة بين الغشاء المرسب و المسند ويشترط فيها ان يكون عدم الانتظام الشبكي بينها وبين كل من: الغشاء المرسب و الركيزة اقل ما يمكن للحصول على تبلور جيد لذرات الغشاء وبالتالي تحسين الخصائص الفيزيائية للعينة الناتجة [5].

I-2 -2-6-خشونة السطح

نقصد بها عدم انتظام أو الانحراف عن الشكل الهندسي المثالي لأسطح العينات المحضرة.كما تعرف الخشونة أيضا بأنها الانحرافات الراسية والأفقية وعمق اللا انتظامية والتي تكون مندمجة ضمن الانحناءات

العامة للسطح، والتي تسمى تصدعات تظهر على شكل خدوش أو تشققات في السطوح والسطوح البينية.

ترجع خشونة السطح إلى جملة من أسباب منها:

- ✓ زيادة سرعة قطع المساند.
- ✓ وجود عيوب في بنية المسند.
- ✓ اختلاف حجم الذرات المتواجدة في الأسطح البينية.
- ✓ اختلاف عدم الانتظام الشبكي بين الطبقات المتتالية [6] .

I-3 -المغناطيسية

تتمثل في ظاهرة الجذب لبعض المواد ذات مغناطيسية حديدية [7]. تقوم دراسة الخصائص المغناطيسية على إيجاد العزوم المغناطيسية للجسيمات التي تشكل أساس المادة في هذا المجال. تنتج المغناطيسية في الأصل من حركة الالكترونات حول نواة الذرات بحيث يولد الإلكترون مجال مغناطيسي بطريقتين:

1- حركة الالكترونات حول نواة الذرة ويكون تأثيرها بشكل ضئيل في الخصائص المغناطيسية.

2-حركة الإلكترونات حول نفسها وتسمى هذه الحركة بالحركة المغزلية ويعزى إليها معظم الخصائص المغناطيسية للمادة [8] .

I-3 -1-تصنيف المواد حسب خصائصها المغناطيسية

تعتمد الخواص المغناطيسية للمادة على عدد الكترونات ذراتها وحركتها المغزلية، يوجد ثلاث فروع أساسية تخص هذه المواد:

✓ **المواد ذات المغناطيسية المعاكسة (Diamagnetism):** عزومها المغناطيسية تترتب في اتجاه معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي المطبق، ولا تملك ذرات المواد الديامغناطيسية عزوماً مغناطيسية دائمة، لأن العزوم المغناطيسية لإلكتروناتها يلغي بعضها بعضاً. ومن الممكن تفسير ظاهرة تنافر هذه المواد

مع المجالات المغناطيسية الخارجية المؤثرة فيها على النحو الآتي: إن حركة الإلكترونات في الذرات ما هي إلا تيارات كهربائية مغلقة؛ وبالتالي، فإن أي تغير في التدفق المغناطيسي عليها يؤدي إلى إحداث تيار حثي، بحيث يكون عزمه المغناطيسي معاكساً للتغير في التدفق المغناطيسي الذي أحدثه ، ومن الأمثلة على هذا النوع من المواد :السيليكون والفضة و الزئبق والرصاص تتميز بأن حساسيتها المغناطيسية سالبة و ضعيفة جدا.

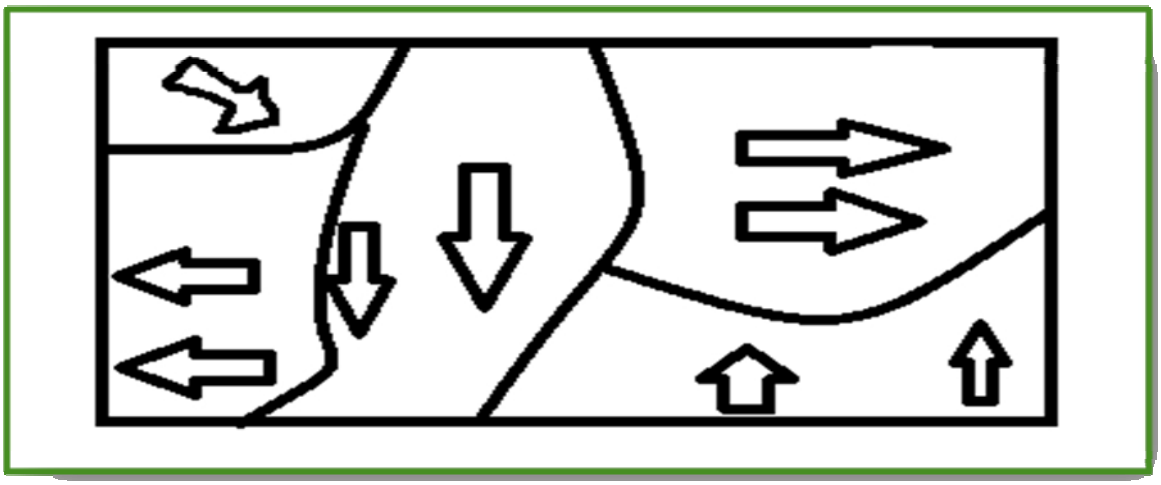
✓ **المواد ذات المغناطيسية المسايرة (Paramagnétisme):** تمتلك ذرات هذه المواد عزوماً مغناطيسية دائمة، غير أن محصلة هذه العزوم في أي اتجاه تساوي صفراً، حتى في درجات الحرارة العادية، ومن الأمثلة على المواد البارامغناطيسية: الألمنيوم والزجاج , والتي تتميز بأن لها حساسية موجبة و ضعيفة (اقل من الواحد).

✓ **المواد ذات المغناطيسية الحديدية (Ferromagnetism):** تمتاز هذه المواد بانّ قابليتها للتمغنط عالية جداً إذا وضعت في مجال مغناطيسي، وأنها تحتفظ بتمغنطها، حتى بعد زوال المجال المغناطيسي الخارجي، لهذه المواد استخدامات عملية واسعة في حياتنا اليومية وتدعى بالمواد الفيرومغناطيسية. وتسمى بالمواد الحديدية نسبة إلى الحديد الذي يعتبر من أشهر هذه المواد المغناطيسية ومن الأمثلة عليها: الحديد والنيكل والكوبالت. و يقصد بها المواد التي تتميز بحساسية موجبة و عالية جدا **[9]** .

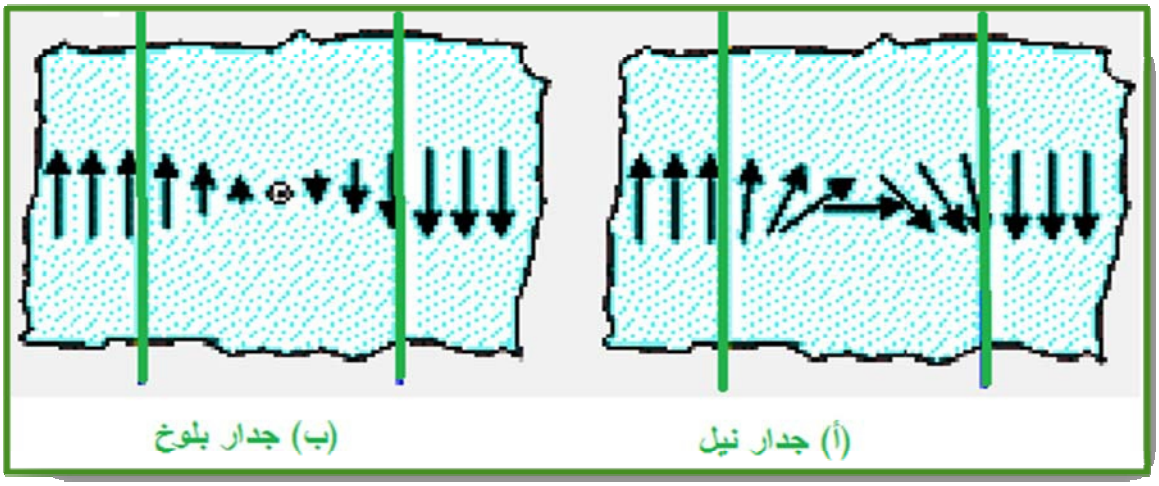
I-3 -2-المناطق المغناطيسية

إن مصطلح المنطقة المغناطيسية قد استخدم من قبل العالمين (نيل و بلوخ Néel et Bloch)، حيث تعرف بأنها مناطق تتكون في داخل بلورات المواد المغناطيسية ذات مغنطة ذاتية و تحتوي كل منطقة على مجموعة من العزوم تتخذ اتجاها واحدا ليس بالضروري نفس اتجاه المناطق الأخرى **[11, 10]** (الشكل I-1) وبالتالي تكون هناك مناطق فاصلة بين هذه الأخيرة تسمى جدار بلوخ أو نيل والفرق الأساسي بين هذين النوعين من الجدران يتمثل في طريقة تغير المغنطة في المنطقة الفاصلة: فبالنسبة لجدران بلوخ

(الشكلI-2-(ب)) يكون تغير المغنطة عموديا على سطح الغشاء الرقيق، أما في حالة جدران نيل يكون التغير في مستوى الطبقة (الشكلI-2(أ)) [12].



الشكل I-1/ تمثيل المناطق المغناطيسية



الشكل I-2/ كيفية تغير المغنطة في المنطقة الفاصلة[12].

I-3 -3-العوامل المؤثرة على الخصائص المغناطيسية

إن الخصائص المغناطيسية للمواد تتأثر بعدة عوامل من اهمها:

- ✓ **درجة الحرارة:** حيث أن لكل مادة درجة حرارة تدعى درجة حرارة كوري تفقد عندها المادة خصائصها المغناطيسية لتصبح بارا مغناطيسية عادية [13] .
- ✓ **الحقل المغناطيسي المطبق:** حيث أن شدة التمغنط تتوقف على نوع المادة المغناطيسية وكذلك على شدة المجال المغناطيسي المطبق عليها،ولقد وجد في المواد الفيرومغناطيسية أن العلاقة بين قيمة التمغنط و الحقل المطبق غير طردية مما أدى بتسمية منحنى تغير قيمة المغنطة بدلالة الحقل المغناطيسي المطبق بدورة الهسترة (التخلف المغناطيسي) [14] .

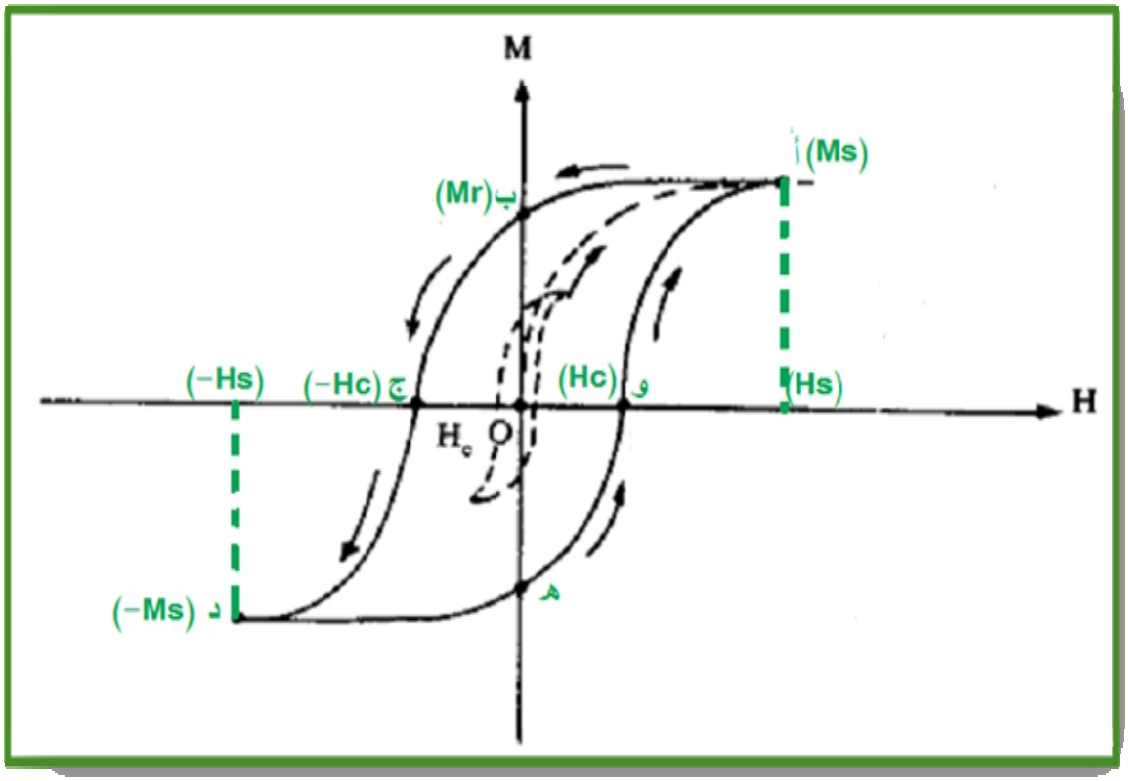
I-4- منحنى التخلف المغناطيسي(دورة الهسترة)

تحتوي المواد حديدية المغنطة على عدد كبير من المناطق المغناطيسية المرتبة عشوائيا، مما يؤدي إلى ان تلغي الواحدة التأثير المغناطيسي للأخرى، ينشأ عنه ملاحظة ان هذه المواد (الحديد مثلا) ليس لها خاصية الجذب المغناطيسي بالحالة العادية، ولكن عند تسليط مجال مغناطيسي خارجي على هذه الأخيرة تبدأ هذه المناطق بالاصطفاف تدريجيا مما ينشا عنه اتجاه تمغنط واحد وظهور خاصية التمغنط فيها [15].

العلاقة بين المجال المغناطيسي الخارجي المسلط وتمغنط هذه المواد (منحنى M-H) ينشا عنها ما يسمى بدورة الهسترة أو التخلفية (ومعنى كلمة hysteresis مشتق من hystery أي التاريخ أو زمن التخلف) ومراد التسمية ان الاستجابة للمجال المسلط ليست مطلقة فعند تقليل المجال المسلط إلى الصفر لا يكون المجال المتبقي بالحديد صفرا بل تكون له قيمة معينة ولا يعود للصفر إلا بعكس المجال المسلط بالاتجاه السالب أي يوجد تخلف بالاستجابة للمجال المسلط [16] .

I-4-1- شرح منحنى التخلف المغناطيسي(دورة الهسترة)

نلاحظ من الشكل I-3 انه عند انعدام الحقل المطبق(H=0) تكون (M=0)، وعندما تزيد قيمة الحقل فان العزوم الذرية ستوجه نفسها مع المجال المغناطيسي و يزداد عدد العزوم المصطفة وبالتالي تزيد قيمة المغنطة الكلية بصفة طردية مع قيمة الحقل الخارجي إلى أن تصل المادة إلى مرحلة التشبع عند النقطة (أ) حيث تصبح جميع العزوم متجهة في اتجاه الحقل المغناطيسي عندما تكون قيمته (Hs) ، ومن الملاحظ هنا ان مقدار مغنطة التشبع تبقى نفسها مهما تزايد مقدار الحقل المطبق عن قيمة التشبع، لكن عندما ننقص قيمة الحقل فان قيمة المغنطة تتناقص لكن ليس بنفس القيم التي تزايدت بها في المرحلة الأولى(خط العودة(أب) ليس نفسه (أ0) (لاحظ الشكل I-3)، فإذا انعدمت ثانية قيمة الحقل المطبق نجد أن المغنطة لم تنعدم بل سوف تكون هناك قيمة متبقية (النقطة ب)، أي انه رغم زوال المؤثر الخارجي فان المادة تحتفظ بمغناطيسيتها المكتسبة، وهذا يعني أن بعض العزوم المغناطيسية لا تزال محتفظة باتجاه اصطفافها منتجة ما يسمى بالمغنطة المتبقية(Mr)، و لإزالة هذه الحالة يجب تطبيق حقل خارجي في اتجاه معاكس بحيث نسمي هذا الأخير والذي يلغي قيمة المغنطة أي يجعل قيمة المغنطة المتبقية صفرا (النقطة ج) بالحقل المغناطيسي القاهر (-Hc)(الإشارة السالبة تدل فقط على اتجاه الحقل)، وعند زيادة قيمة الحقل المطبق في الاتجاه العكسي تصل المادة ثانية إلى مرحلة التشبع العكسية(-Ms) (أي أن اتجاه اصطفاف العزوم المغناطيسية يكون نفسه في جميع المناطق المغناطيسية ، لكن في الاتجاه العكسي(النقطة د)). عندما نعكس ثانية اتجاه الحقل المطبق ابتداءا من حالة التشبع فإننا سنتحصل على نفس الظواهر في النقطة (هـ، و) المناظرتين للنقطتين (ب،ج) على التوالي ثم نعود إلى النقطة (أ) لنكمل دورة كاملة تسمى بدورة التخلف المغناطيسي، و سميت كذلك لان هناك تخلفا في استجابة المادة للمجال المغناطيسي المطبق، حيث لا تنعدم المغنطة عند انعدام قيمة الحقل بل عند تسليط قيمة معينة منه في الاتجاه المعاكس، يعتمد شكل هذه الدورة على نوع المادة وقيمة المجال المغناطيسي القهري المطبق [17] .



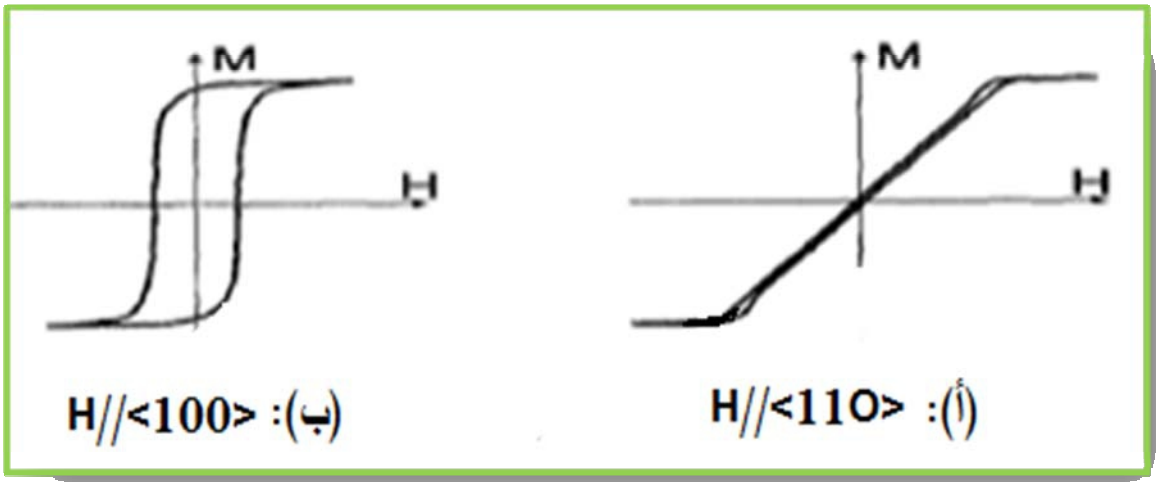
الشكل I-3/ دورة التخلف المغناطيسي لمادة حديدية المغنطة[18]

I-4-2-المتغيرات الأساسية لمنحني التخلف المغناطيسي

I-4-2-1-الشكل

يمكن أن تأخذ دورات التخلف أشكالًا مختلفة حسب كيفية استجابة المادة لتأثير الحقل المغناطيسي الخارجي, فمن خلال شكلها نعرف اتجاه التمغنط إن كان سهل أم صعب، حيث يمتاز الاتجاه صعب التمغنط بصعوبة وصول المادة إلى حالة التشبع ،وبالتالي فان شكل المنحنى سيكون شديد الانحدار ، لكن في حالة ما إذا كان الاتجاه المطبق فيه الحقل المغناطيسي سهل التمغنط سوف نتحصل على دورة مربعة الشكل. فعلى سبيل المثال إن طبقنا الحقل في اتجاهين مختلفين بالنسبة لبلورة الحديد فمن شكل دورة الهسترة المبينة في الشكل I-4 نستنتج أن الاتجاه <100> هو اتجاه سهل التمغنط لان دورة التخلف

المغناطيسي مربعة الشكل (انظر الشكل I-4-أ) في حين أن الاتجاه <110> هو الاتجاه صعب التمغنط ما يبرزه الانحدار الشديد في دورة التخلف.



الشكل I-4/ أشكال دورة التخلف المغناطيسي

I-4-2-2-مغنطة التشبع

تتميز المواد الفيرومغناطيسية باحتوائها على عدة مناطق مغناطيسية، تحتوي كل واحدة على عزوم مغناطيسية مصطفة في اتجاه واحد، وتكون المادة في الحالة غير المستقرة عندما تكون اتجاهات العزوم كل منطقة مختلفة عن منطقة أخرى. ونقصد بحالة التشبع هو اصطفاف جميع العزوم في جميع المناطق في اتجاه واحد بحيث يكون مجموع هذه العزوم عبارة على المغنطة الكلية وهي مغنطة التشبع ونرمز لها بالرمز Ms. و يتم الانتقال من الحالة غير المستقرة إلى حالة الاستقرار(التشبع) ببطء شديد ولذلك يتم تطبيق حقل مغناطيسي خارجي لمساعدة العينة على الوصول إلى حالة التشبع التي تكون قيمها مختلفة لاختلاف نوع المادة وطبيعتها البنيوية. ويتم استخدام المواد الفيرومغناطيسية في العديد من التطبيقات حسب قيمة مغنطة التشبع .

I-4-2-3-المغنطة المتبقية

تنتج من احتفاظ العينة بعد تعرضها إلى حقل مغناطيسي خارجي على بعض العزوم المغناطيسية المتراصفة باتجاه هذا الأخير، مما يسمى مجموع هذه العزوم بالنسبة للحجم بالمغناطيسية المتبقية، وهي أيضا عامل مهم في اختيار التطبيق المناسب للعينة المناسبة. فمثلا بالنسبة للمغناط الدائمة يجب أن نختار المواد ذات المغنطة المتبقة كبيرة القيمة.

I-4-2-4-الحقل القاهر (الحرج)

يعرف على أنه حقل مغناطيسي يطبق لإلغاء المغنطة المتبقية في المواد الفيرومغناطيسية، وهو خاصية خارجية، ويتأثر بشدة بالخصائص المجهرية للطبقة البنيوية مثل حجم الحبيبات البلورية وشكلها وتكوينها و ملمسها. ترتبط هذه الخصائص مباشرة بظروف و شروط التحضير. بصيغة أخرى: فان العينة التي تكون ممغنطة لحد الإشباع، فإن تطبيق حقل مغناطيسي في الاتجاه المعاكس مقداره يسمى بالحقل القاهر ويرمز له بالرمز Hc، لإزالة هذا التمغنط.

كما أنه يمكننا أن نميز من خلال قيمته طبيعة التطبيقات الملائمة للمواد. فمثلا إذا كانت قيمته صغيرة، فهذا يعني أن المادة المطبق عليها لا تستطيع الاحتفاظ على مغناطيسيتها لوقت اكبر وهذا ما يجعلها مناسبة لاستخدامها في المحولات [19] .

I-4-2-5-المساحة

إن كثيرا من المعدات الكهربائية كالمحولات و المحركات التي تحتوي في تركيبها على قطع من الحديد تكون معرضة إلى تغير المجال الممغنط وانعكاس اتجاهه بصورة دورية ولمرات عديدة في الثانية الواحدة، فينشأ عن هذه التغيرات تكرار دورة التخلف بشكل مستمر أثناء عمل الجهاز. ولقد دلت الدراسات على أن الطاقة المبددة في كل دورة تتناسب مع مساحة دورة التخلف المغناطيسي: فعندما تكون هذه الأخيرة ضيقة ومساحتها صغيرة، فان الضياع في الطاقة والذي يكون على شكل حرارة، يكون صغيرا ، لذلك يصبح إلزاما

استعمال تلك المواد التي تكون فيها المغنطة المتبقية (Mr) صغيرة، وبالتالي حقلها الحرج(Hc) صغير(كالحديد المطاوع وبعض سبائك الحديد) في صنع الآلات الكهربائية (لزيادة الفيض المغناطيسي في هذه الدارات) ، وذلك لكي تكون دورة التخلف ضيقة وبالتالي تكون مساحتها قليلة. عندئذ تصبح الطاقة الضائعة أقل ما يمكن. أما صفات المادة التي تستعمل لعمل مغناطيسي دائمي فهي أن تكون المغناطيسية المتبقية Mr عالية لكي يكون المغناطيس قويا.وبالتالي Hc عالية لكي لا تفقد المادة مغناطيسيتها بسهولة .ولقد تم صنع السبائك التي تمتاز بهاتين الصفتين (كالسبيكة Fe+Cr+Co أي حديد +كروم+كوبالت). وسبيكة (Ni+Co+Fe نيكل+ كوبالت+حديد.)، حيث تعتبر مغناطيس دائم (تستعمل كمصدر للمجالات المغناطيسية) [20] .

I-5-تطبيقات الأغشية الرقيقة

الطبقات الرقيقة المغناطيسية هي الآن موضوع الكثير من البحوث منذ بداية التخزين المغناطيسي . حيث الذاكرة المغناطيسية الصلبة (*MRAMS*) والأقراص الصلبة تمثلان أكبر مجالان رئيسيان لتطبيق هذه التكنولوجيا [21] .حيث تتجلى استعمالات الأغشية الرقيقة عادة في أنصاف النواقل و السيراميك و الطلاء البصري و أيضا في تصنيع الخلايا الضوئية و الشمسية .كما توجد في صناعة الكواشف وتستعمل أيضا في الوقاية من التآكل و التأكسد[22] فمن وجهة نظر وسائل الإعلام و التسجيل، فان المبدأين الأساسين هما الزيادة في كثافة التخزين وانخفاض في زمن القراءة / الكتابة في حامل تسجيل .

I-5-1-رؤوس القراءة المغناطيسية

✓ في حالة الكتابة

رؤوس القراءة والكتابة في أي جهاز تخزين مغناطيسي هي عبارة عن قطعة معدنية ناقلة على شكل حرفU بحيث نهايات الحرف متوضعة بشكل مباشر فوق السطح المراد تخزين البيانات عليه .يلف على القطعة المعدنية وشيعة و سلك ناقل يمر عبره التيار الكهربائي.

عندما يمر التيار الكهربائي في هذه الوشيعة يتولد حقل مغناطيسي في الثغرة الهوائية بين ذراعي الحرفU وهذا الحقل ذو اتجاه يؤثر في الجسيمات المعدنية الموجودة بشكل عشوائي على سطح القرص والتي تسلك سلوك مغناطيس .يؤدي الحقل المغناطيسي إلى التأثير على قطبيها بشكل يتناسب مع اتجاه الحقل المغناطيسي(أقطابها الموجبة تتوجه إلى القطب السالب لرأس القراءة/ كتابة وأقطابها السالبة باتجاه القطب الموجب لرأس القراءة/ الكتابة).إن تغيير اتجاه التيار الذي يمر في الوشيعة يؤدي إلى تغيير اتجاه الحقل المتولد وبالتالي تغيير استقطاب الشحنات الموجودة على سطح القرص .أي أن تغيير اتجاه التيار يؤدي إلى تسجيل 0 أو 1 على القرص

✓ **في حالة القراءة**

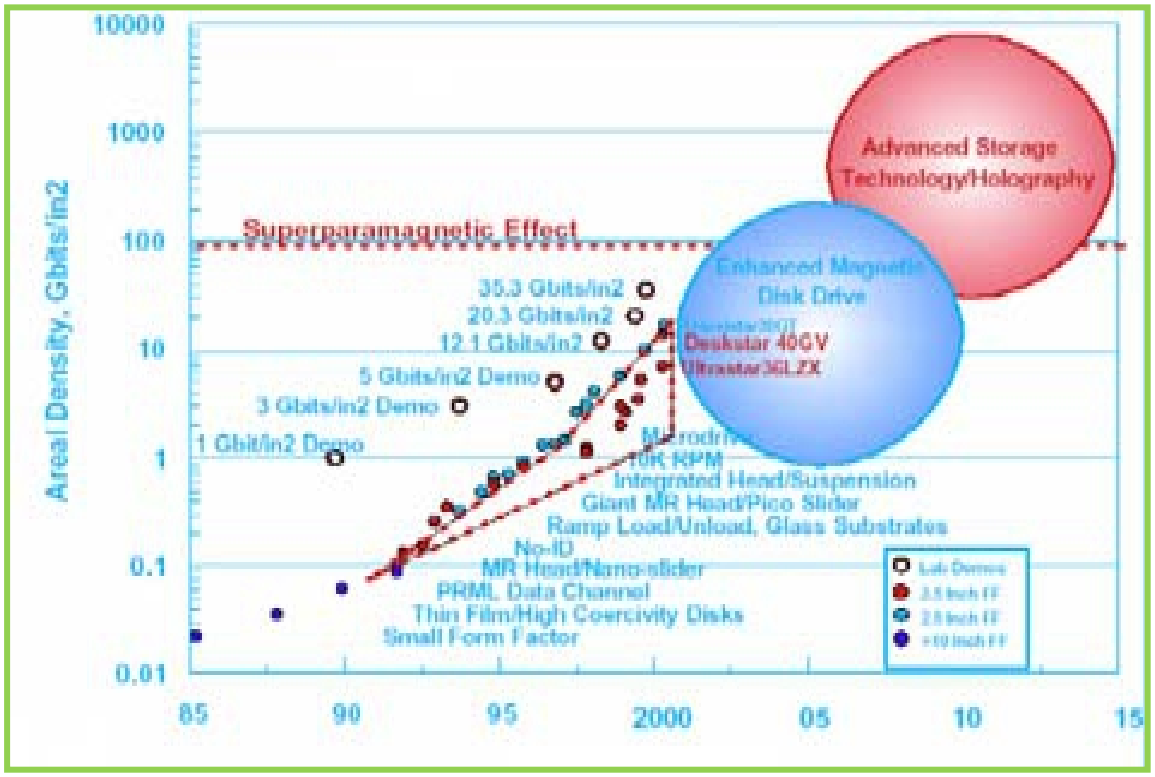
من أجل قراءة البيانات لا يتم إرسال أي تيار إلى رأس القراءة / كتابة أثناء مروره فوق القرص و بدلاً من ذلك يحدث عكس ما حصل في عملية الكتابة .فمجموعة الجزيئات المستقطبة في سطح القرص هي نفسها تنشئ حقلاً مغناطيسيا يمر من خلاله رأس القراءة والكتابة. ان حركة الرأس من خلال الحقل المغناطيسي تولد تياراً كهربائيا يمر في أحد اتجاهين من خلال الأسلاك الموصلة إلى الرأس .يعتمد الاتجاه الذي يسلكه التيار على قطبية النطاقات .بتحسس اتجاه التيار يمكن للحاسوب أن يعرف فيما إذا كان رأس القراءة يمر فوق 1 أو0 **[24,23]**

هذه التحديات هي مصدر العديد من الدراسات على الأغشية الرقيقة .ومن بين التطبيقات الأكثر انتشارا من الأغشية الرقيقة، يذكر التسجيل المغناطيسي بشكل رئيسي **[21]**، كما أن للأغشية الرقيقة عدة فوائد منها تقليل الحجم والوزن وأيضا التكلفة و تحسين المواصفات **[25]** .

I-5-2-التسجيل المغناطيسي

هو تخزين المعلومات على طبقة سطحية مغناطيسية يغطى بها شريط أو قرص أو اسطوانة من اللدائن عادة وتتضمن الطبقة جسيمات ناعمة جدا من أكسيد الحديد أو مادة مغناطيسية أخرى تتميز بسهولة المغنطة وإزالتها و أهم أنواع التسجيل المغناطيسي يوجد تسجيل مغناطيسي طولي وتسجيل مغناطيسي

عرضي وأيضا تسجيل مغناطيسي بصري [26] . منذ استخدام هذه الوسائط المغناطيسية، فان كمية المعلومات التي يتم تخزينها تزداد باستمرار وهي الطريقة التي تضاعف كثافة المعلومات في محركات الأقراص الصلبة اليوم كما هو موضح في الشكل I-5.



الشكل I-5/ مخطط تطور كثافة تخزين المعلومات للأقراص الصلبة [27]

I-6-الاستنتاج

إن الفكرة الرئيسية وراء هذا العمل هي دراسة تأثير الركائز على الخصائص الهيكلية والمغناطيسية للأغشية الرقيقة Fe/Ag ، ولكي يتم تحقيق هذا الهدف ، كان من الواجب في هذا الفصل، شرح بعض المفاهيم العامة حول كل ما يتعلق بالأغشية الرقيقة وخصائصها المغناطيسية لكي يسهل علينا فهم الخصائص المغناطيسية للطبقات، المودعة على ركائز مختلفة .

الفصل الثاني

II-1 -مقدمة

إن تنوع مجالات استخدام الأغشية الرقيقة، دفع العلماء إلى استحداث عدة طرق لتحضير هذه الأخيرة، حيث انقسمت إلى نوعين رئيسيين: النوع الأول كيميائي: حيث انحصرت تقنيات التحضير جميعا تحت اسم الترسيب بالتبخير الكيميائي(CVD)، أما النوع الثاني ففيزيائي: تحت اسم الترسيب بالتبخير الفيزيائي(PVD) وسنركز في هذا الفصل على التقنية التي استخدمت لتحضير العينات المدروسة في هذا العمل، وهي تقنية الترسيب بالتنضيد الجزيئي الموجه والتي تنتمي إلى النوع الثاني من طرق التحضير، وتسمى بالإنجليزية Molecular Beam Epitaxy.

إن التطبيقات الواسعة للأغشية الرقيقة، دفع بالعلماء إلى استخدام طرق متعددة لتحليل الخصائص المختلفة لهذه الأخيرة، ويكمن سبب الاختلاف في تنوع مجالات استخدام هذه الأغشية، ففي مجال المغناطيسية، استخدمنا طريقة المغنطة الضوئية لتأثير كير واختصارها (MOKE) وتعني بالإنجليزية: Magnéto-Optical Kerr affect.

II-2 -طريقة الترسيب بالتنضيد الجزيئي الموجه لتحضير العينات

II-2 -1- تعريف كلمة التنضيد الجزيئي الموجه

كلمة تنضيد الفوقي أصلها يوناني وتعني"épi"-فوق و "taxie"- النظام،اقترحت في أعوام الثلاثينات من قبل العالم الفرنسي" L .Royer "، و تشير لتجاور منتظم لنوعين من البلورات. للتنضيد الفوقي نوعان: نمو متماثل التنضيد (homo-épitaxie) في حالة كون المادة المترسبة و الركيزة متماثلتان مثل (MgO//MgO,Fe//Fe,...)، و أما إذا كانتا من مادتين مختلفتين ، فإننا نتكلم عن التنضيد المغاير (hétéro-épitaxie) كما في حالة العينتين المدروستين في هذا العمل (Fe // MgO) و ($Fe//Si/SiO_2$) [28].

II-2 -2-مبدأ التنضيد الجزيئي الموجه

أول من استخدم هذه التقنية كان العالم جونتر (Günther) في أواخر الخمسينيات حيث نجح في ترسيب الأغشية الرقيقة لكل من InAs و InSb على ركيزة من الزجاج ثلاثي التبلور.مبدأ الترسيب بتقنية التنضيد الجزيئي بسيط جدا حيث يتم تبخير المواد المراد ترسيبها تحت الفراغ الفائق(10^{-11}torr)، 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 اتجاهي 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 الجزيئي تحت الفراغ تسمح بترسيب أغشية رقيقة من معظم المواد سواء أكانت أنصاف ناقلة، معادن أو حتى عوازل بواسطة التفاعل بين سطح المسند و الحزمة الجزيئية 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 [25،28،29].

II-2 -3-وصف هيكل تقنية التنضيد الجزيئي الموجه

إن هيكل تقنية التنضيد الجزيئي الموجه مكون من عدة غرف كما هي مرتبة وموضحة في الشكل-1 II التالي وكل غرفة لها دورها و خاصيتها المهمة:

- ✓ **الغرفة التمهيدية** : حيث تستخدم لإدخال الركائز للغرفة الرئيسية و التي يكون الضغط منخفض فيها في حدود 10^{-8} تور وهي موصولة بمضخة تيربو-جزيئية(turbo molecular)لتحقيق هذا الضغط.
- ✓ **غرفة التخزين**: تستخدم لتخزين العينات المحضرة.

✓ **غرفة النمو:** عبارة على حاوية فائقة الفراغ حيث ينخفض الضغط فيها كثيرا إلى غاية 10^{-11} تور و لتحقيق والمحافظة على الضغط الواطئ تستخدم عدة أنواع من المضخات موضحة في الشكل II-2 .

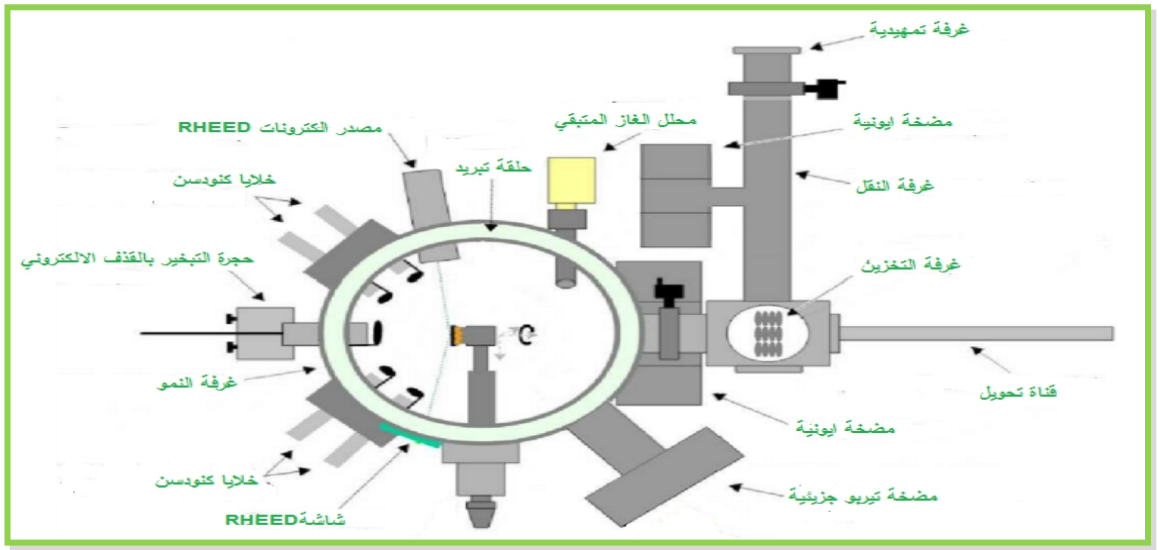
✓ **المضخة الدوارة:** تقوم بتخفيض الضغط الجوي إلى الضغط الابتدائي10^{-3} تور (الشكل ا)

✓ **مضخة التيربو-جزيئية:** تقوم بخفض الضغط الابتدائي إلى الضغط الثانوي10^{-11}تور (الشكل ب).

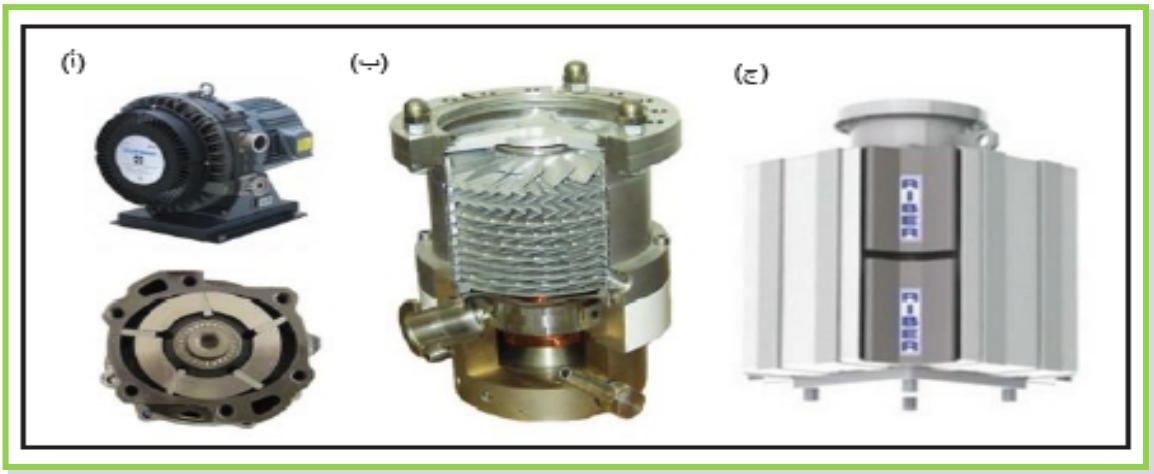
✓ **المضخة الأيونية:** تكون دائما مشغولة وفي حالة تأهل أما في الليل فتكون في حالة توقف أو تعطل وذلك قصد تجنب عودة الزيت من المضخة الدوارة وتجمعه في منبع مضخة التيربو(الشكل ج).

✓ **مضخة التبريد:** تكون على شكل حلقة محيطة بغرفة النمو مكان سريان النتروجين السائل عند درجة حرارة 77كلفن وهي تعتبر مصيدة لامتصاص الجزيئات المتبقية على الجدران من اجل المحافظة على 10^{-11} تور من الفراغ في غرفة النمو[25].

✓ **غرفة النقل:** تستخدم كغرفة عزل بين غرفة النمو (الترسيب) وباقي الغرف.



الشكل II-1/ رسم تخطيطي لهيكل تقنية التنضيد الجزيئي الموجه(MBE) ["30]



الشكل II-2/ مختلف المضخات المستخدمة في غرفة النمو [25]

II-2 -4-مزايا تقنية التنضيد الجزيئي الموجه

المزايا الرئيسية لهذه التقنية هي كالتالي:

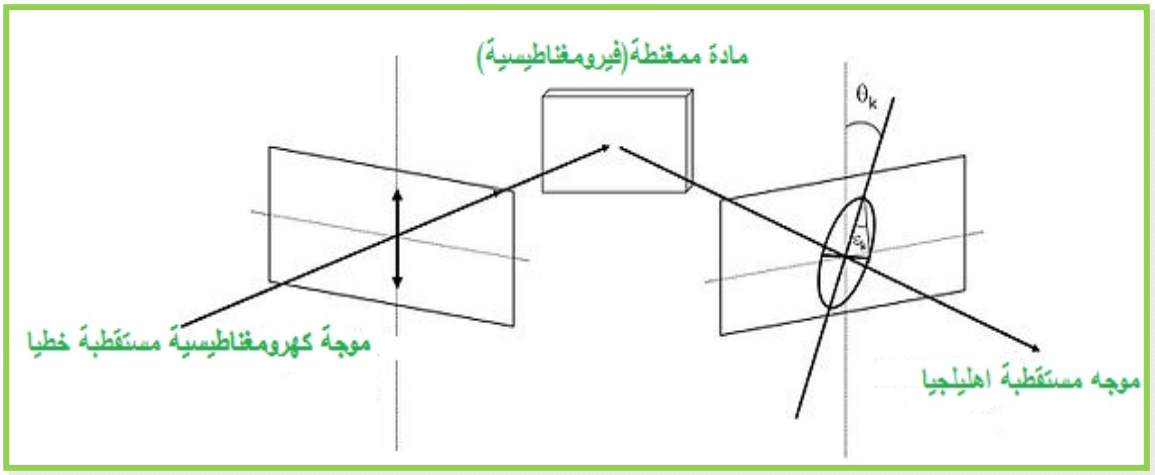
- ✓ سرعة النمو بطيئة عموما تتراوح بين 0.1 Å /s إلى 10Å /s والذي يسمح بالسيطرة الممتازة و المراقبة الجيدة لسمك الطبقات المودعة وتحقيق واجهات جديدة شديدة الانحدار [31]
- ✓ مراقبة بنية سطح الأغشية المتكونة في نفس وقت التحضير باستخدام تقنية RHEED
- ✓ الترسيب تحت الفراغ يقلل من دمج الشوائب في العينة وطبقاتها.
- ✓ ترسيب الأغشية في درجات حرارة منخفضة [29].

II-3 -تقنية تحليل الخصائص المغناطيسية للعينات

II-3 -1- مبدأ عمل لتقنية المغنطو ضوئية لتأثير كير

ينتج تأثير كير من تفاعل بين موجة كهرومغناطيسية و مادة مغناطيسية أو بالأحرى ذات مغناطيسية حديدية مثل مادة الحديد المستخدمة في العينات المدروسة في هذا العمل، فعندما نسلط موجة كهرومغناطيسية (ضوء مرئي أو ليزر مثلا) ذات استقطاب خطي، على مادة فيرو مغناطيسية، فان

استقطاب الموجة الناتجة لا يكون نفسه استقطاب الموجه الواردة(المسلطة)، بل إن المناطق المغناطيسية المتواجدة على كامل سطح المادة المغناطيسية ستؤثر في اتجاه الاستقطاب والذي يتحول إلى استقطاب إهليليجي مثل ما يوضحه الشكل II-3.



الشكل II-3/ تغير استقطاب الموجه المسلطة على مادة مغناطيسية(تأثير كير)[21]

II-3 -2- أنواع تأثير كير

نميز 3 أنواع لتأثير كير فيما يتعلق اتجاه المغنطة بالمستوى الوارد و مستوى الانعكاس كما هو مبين في الشكل II-04 [32]

II-3 -2- 1-تأثير كير العمودي

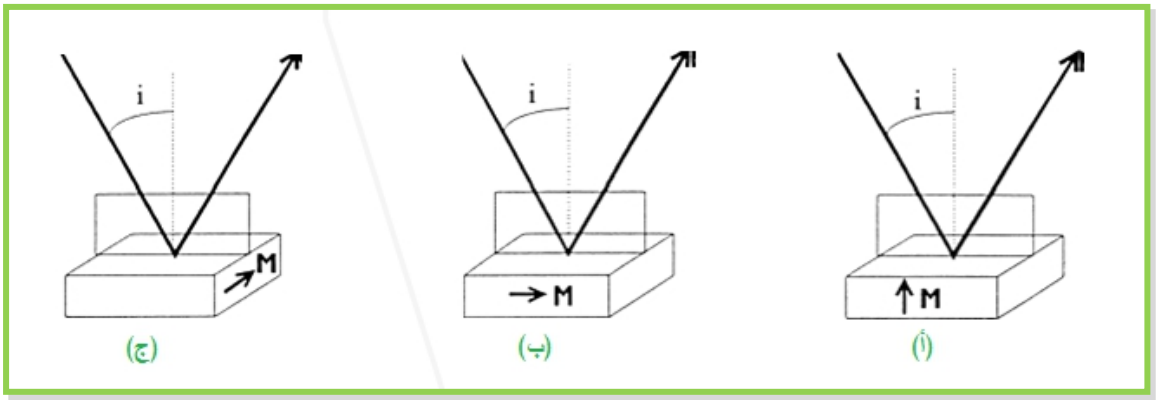
يكون فيه شعاع المغنطة الناتج عمودي على المستوى العينة لكن موازية لمستوى ورود الحزمة الضوئية (الشكل II-04 أ)

II-3 -2- 2-تأثير كير الطولي

تكون المغنطة فيه في نفس مستوى ورود وانعكاس الضوء لكن موازية إلى سطح العينة (الشكل II - 04 ب).

II-3 -2- 3-تأثير كير العرضي

في تأثير كير العرضي (الشكلII -04ج)، المغنطة الناتجة تكون عمودية على مستوي ورود الحزمة الضوئية و موازية لسطح العينة [25] .



الشكل II-4/ رسم تخطيطي لأنواع تأثير كير[33]

II-3 -2- 4-مزايا كير العرضي

- ✓ مدة إجراء القياسات صغير جدا.
- ✓ حساسية كبيرة لسمك المادة وهي مناسبة بشكل خاص لدراسة طبقات رقيقة لأنه يسمح بالقياسات على سمك صغير جدا [25] .

II- 4-طريقة تحضير العينات

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

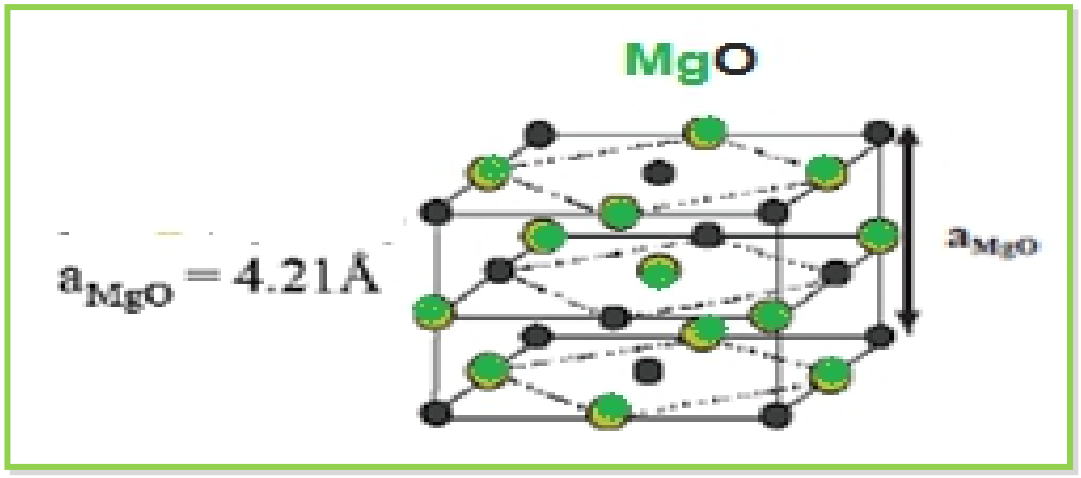
II- 4- 1- أهمية اختيار نوع الركيزة

بالنسبة لجميع أنماط النمو، طبيعة الركيزة تعتبر ذات أهمية قصوى [34] ولمعرفة هل تؤثر طبيعة المسند المستخدم على الخصائص المغناطيسية للأغشية الرقيقة الفيرومغناطيسية، استخدمنا نوعين من الركائز: الأولى أحادية التبلور وهي أكسيد المغنزيوم التجاري MgO (001) ، والثانية متعددة التبلور وهي أكسيد السيليسيوم SiO_2 /Si (100).

II-4-1-1-الركيزة MgO(001)

استخدمنا الركيزة MgO الأحادية التبلور التجارية، ذات أبعاد 15*15mm² والمصقولة على الوجه (001)، وهي بلورة أيونية لها بنية مكعبة من نوع كلور الصوديوم(NaCl)، ومؤلفة من شبكتين ممركزتي الأوجه المتداخلة فيما بينها واحدة من المغنزيوم (Mg)، والأخرى من الأوكسجين (O)، شكل الشبكة MgO موضح في الرسم التخطيطي(الشكل II -5)، يقدر قيمة ثابت الشبكة a_{MgO}=4,21 Å ولقد اخترنا هذه الركيزة لان عدم الانتظام الشبكي $(\Delta a/a)$ بين هذه الأخيرة وكل من الغشاء الرقيق للحديد أو الطبقة البينية للفضة صغير جدا مما يساعد على نمو أحادي الاتجاه ، وهذا ما تبينه القيم المبينة في الجدول II -1 **[36,35]** .

تم تنظيف هذه الركائز باستخدام بروبانول -2، ثم تجفيفها بغاز النيتروجين، ثم تخضع لعلاج حراري لمدة 20 دقيقة في درجة حرارة 600°م تحت فراغ تور 10^{-7} تور لغرض إزالة الشوائب على السطح .



الشكل II-5/ رسم تخطيطي للبلورة MgO

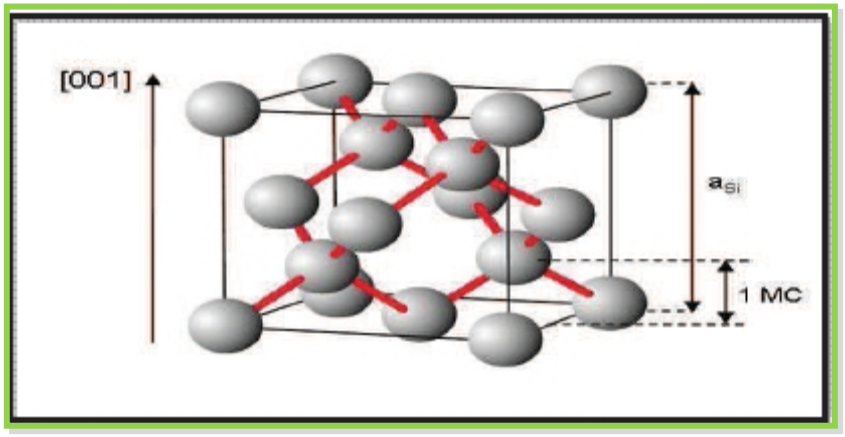
المادة	طبيعة المادة	ثابت الشبكة(Å)	عدم الانتظام الشبكي
اوكسيد المغنزيوم(MgO)	NaCl	4,213	-----
الفضة (Ag)	CFC	4,085	Ag /MgO=−0,03
الحديد(Fe)	CC	2,866	Fe/MgO=−0,32 Fe/Ag=−0,23

الجدول II−1/ قيم عدم الانتظام الشبكي بين كل من MgO,Ag,Fe [37]

II-4-1-2-الركيزة $Si/SiO_2(100)$

يوجد السيليسيوم في العمود الرابع (IV) من الجدول الدوري للعناصر و مبلور طبقا لبنية الماس (الشكل II −6) [38]، له ثابت شبكة يساوي a_{Si}= 5.431 Å يقدم العديد من المزايا . ولقد كثرت في الوقت الحاضر هذه المزايا ، لأنه يتواجد في القشرة الأرضية بنسبة 20٪ و هو مادة غير سامة . بالإضافة إلى خصائصه الهامة كأشباه الموصلات،

أكسيده الطبيعي هو SiO_2 ولقد تم تحضير ركيزة Si متعددة البلورات بالترسيب باستخدام القذف الإلكتروني لطبقة رقيقة من السيلكون متعدد البلورات Si ذات سمك 1000Å ، على ركيزة من أكسيد السيليسيوم SiO_2 أحادي التبلور وبالتالي ينتج مسند السيليسيوم متعدد التبلور المصقول على الوجه (100).



الشكل II-6/ رسم تخطيطي للبنية الماسية [38]

II-4-2-كيفية ترسيب الطبقات

جميع الطبقات المترسبة كالحديد (Fe)، الفضة(Ag) تم تحضيرها تحت الفراغ برتبة 10^{-10}Torr و عند درجة حرارة الغرفة.

- ✓ تم تبخير مادة الحديد بالقذف الإلكتروني بتطبيق فرق كمون 10.6 كيلو فولط وتمرير تيار كهربائي شدته 1.7 أمبير. سرعة الترسيب كانت 0.3 أنغشتروم لكل ثانية. وفي المقابل تم تبخير الهدف المصنوع من مادة الفضة فقط باستخدام مفعول جول بسرعة 1 أنغشتروم لكل ثانية.
- ✓ سمك الطبقة الفيرومغناطيسية ثابت عند 300Å.
- ✓ لقد استخدمنا سمك متغير للطبقة البينية للفضة لأجل إبراز مدى تأثير، نوع المسند المستخدم على الخصائص المغناطيسية لمادة الحديد
- ✓ استخدمنا غشاء رقيق بسمك20Å من مادة الفضة لحماية العينتين من التأكسد.
- ✓ تحصلنا أخيرا على عينتين المسند المستخدم الفرق الوحيد بينهما، و هو السبب الجوهري الذي أدى إلى تباين في الخصائص المغناطيسية و الذي نسعى إلى دراسته ويمثل الشكل II-07 تخطيط توضيحي للشكل النهائي للعينتين اللتان لهما الصيغ التالي:

العينة 1:

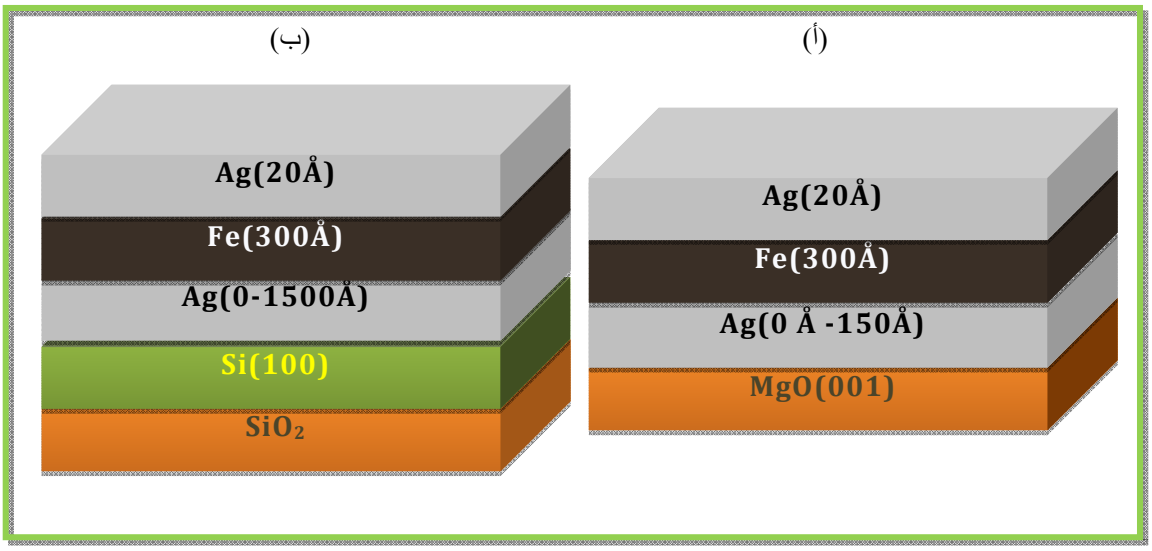
MgO(001)/Ag(0Å-150Å)/Fe(300Å)/Ag(20Å)

العينة2:

SiO_2/Si(011)/Ag(0Å-150Å)/Fe(300Å)/Ag(20Å)

العلاقة بين المحاور البلورية للأغشية المترسبة والموضحة في العلاقة (II−01) أكدت وجود دوران لكل بين طبقة الحديد بزاوية 45° بالنسبة لطبقتي الفضة والمسند أحادي التبلور [21].

$$\langle 110\rangle Fe(001)//\langle 100\rangle Ag(001)//\langle 100\rangle MgO(001).....(II-01)$$



الشكل II−7/ رسم تخطيطي للعينتين

الفصل الثالث

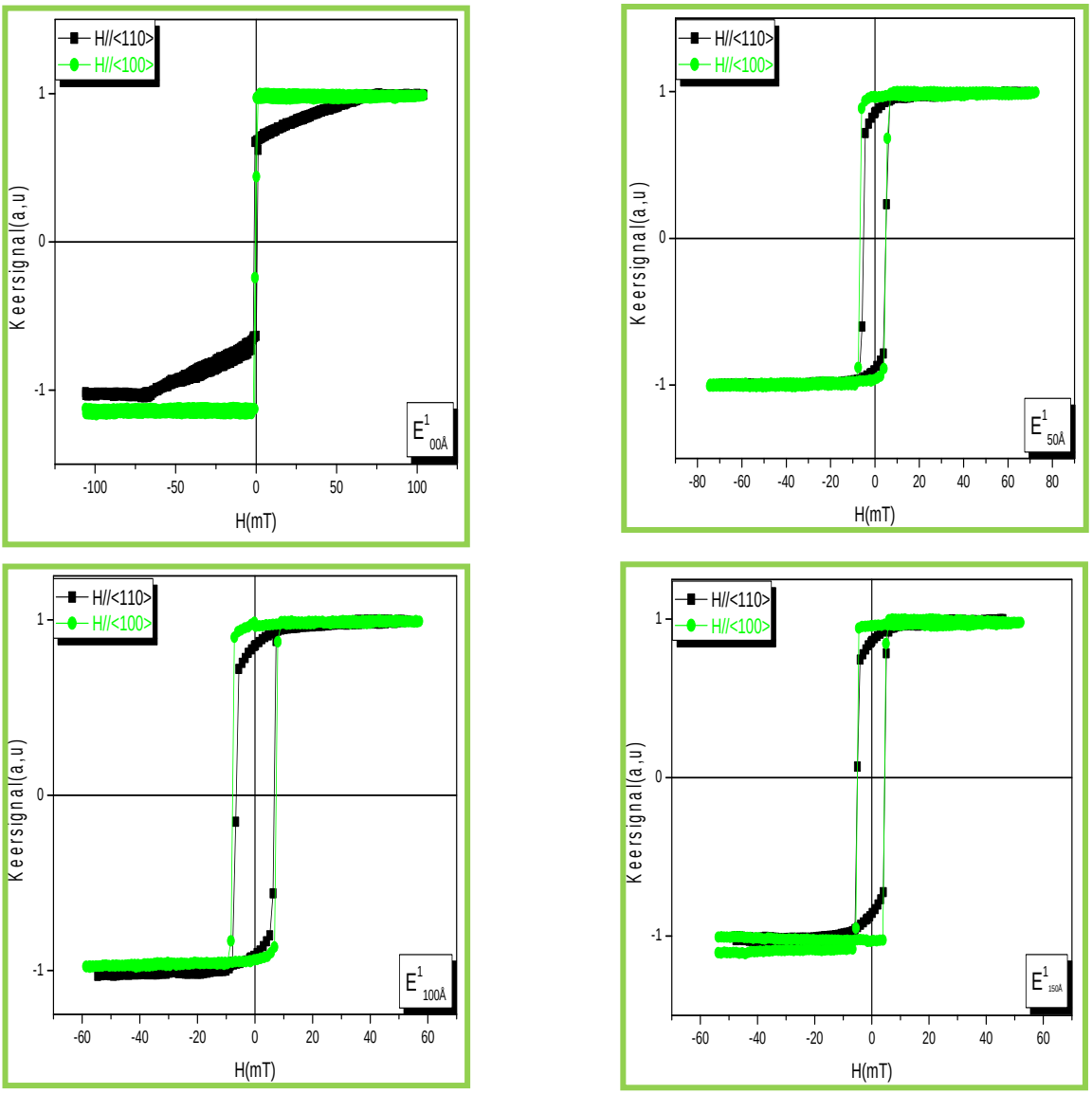
III-1 -مقدمة

سيتم تخصيص هذا الفصل لتحليل بعض النتائج التجريبية المتعلقة بالطبقة الرقيقة الفيرومغناطيسية للحديد وذلك بتفسير المعلومات المستخرجة من منحنيات التخلف المغناطيسي و المرتبطة ببعض الخصائص المغناطيسية مثل الحقل الحرج (Hc) و النسبة بين مغنطة التشبع والمغنطة المتبقية (Mr/Ms) حيث قمنا في هذا العمل ، باستخدام نوعين من الركائز لفهم كيفية تأثير نوع الركيزة على الخصائص المغناطيسية للحديد . ولتعزيز هذا المفهوم قمنا بإدخال سمك متغير لطبقة بينية من مادة الفضة، وبالتالي تم إعداد نوعين من العينات الفرق الوحيد بينهما هو نوع الركيزة المستخدمة، ففي النوع الاول استخدمنا الركيزة أحادية البلورة أكسيد المغنزيوم MgO (001) ، اما النوع الثاني اعتمدنا الترسيب على ركيزة السيليسيوم متعددة البلورات من SiO_2 / Si (100) . تتميز هذه المساند بان لها خصائص مختلفة تمامًا عن بعضهما البعض ، مما سيسمح لنا بالفهم الأفضل لتأثير الركيزة على الخصائص المغناطيسية الناجمة على واحدة من طبقة مغناطيسية للحديد ، ولتسهيل عملية التحليل قمنا باستخدام التسميات ، حسب نوع المسند المستعمل كالتالي:

- ✓ **النوع الأول:** وهو العينات المرسبة فوق المسند أحادي التبلور، وسنرمز لهم بالرمز E^1_{tAg}
- ✓ **النوع الثاني:** وهو العينات المرسبة فوق المسند ثلاثي التبلور، وسنرمز لهم بالرمز E^2_{tAg}

III-2 -تحليل النتائج المرتبطة بالخصائص المغناطيسية للنوع الأول من العينات

في هذا الجزء، سنقدم نتائج قياسات دورات التخلف المغناطيسي التي تم الحصول عليها من قبل تقنية MOKE عند درجة الحرارة الغرفة، و بتطبيق حقل مغناطيسي خارجي في الاتجاهين <100> و <110> بالنسبة لطبقة الحديد، وهذا ما يوضحه الشكل III -1 والذي يمثل دورة التخلف المغناطيسي لجميع العينات $E^1_{tAg\ Å}$.



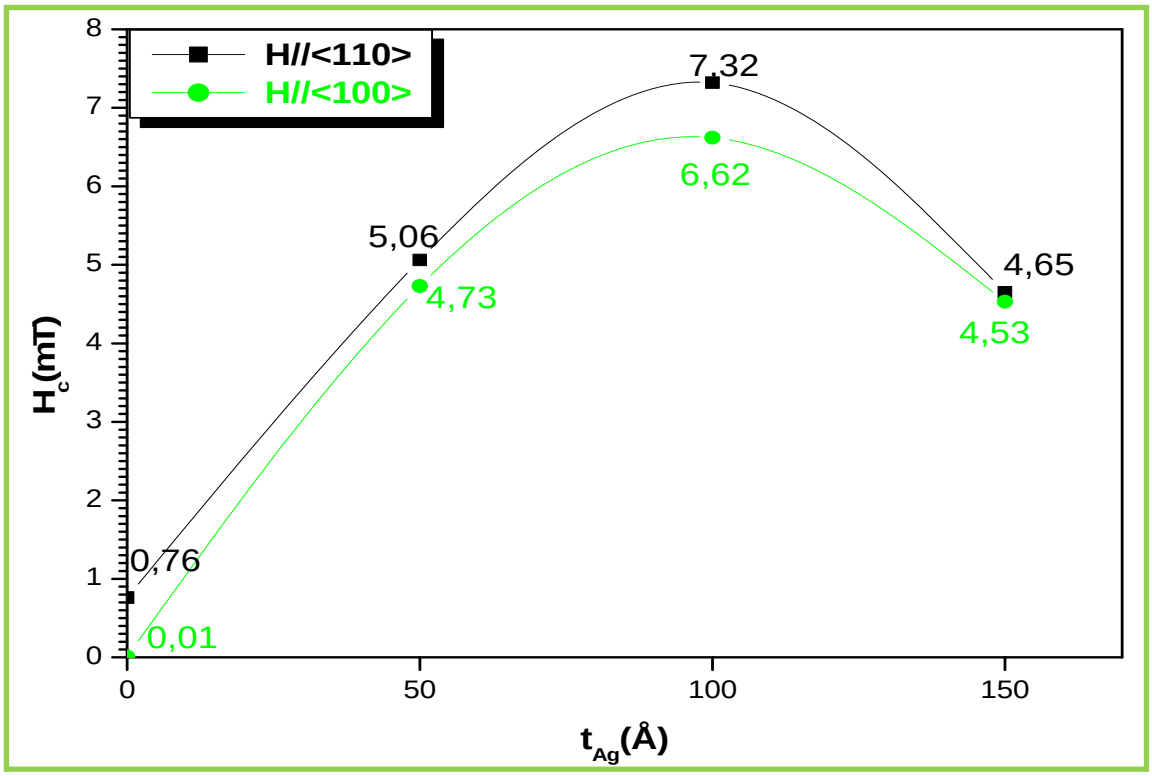
الشكل III-1/ دورات التخلف المغناطيسي للعينات E^1_{tAg} بتطبيق حقل مغناطيسي في الاتجاه <100> و <110>

✓ من خلال منحنيات التخلف المغناطيسي نستنتج ان الحديد في جميع العينات فيرومغناطيسي.

✓ نلاحظ ان السلوك المغناطيسي للعينات مستقل عن سمك الطبقة العازلة ، حيث نجد ان جميع العينات تصل الى حالة التشبع بصورة اسرع عندما يكون المجال المغناطيسي مطبق في الاتجاه <100> عكس الاتجاه <110> ، مما يبين لنا ان الاتجاه < 100> هو اتجاه سهل المغنطة .

III-2 -1-تفسير منحني الحقل الحرج

وجدنا ايضا أن الحقل الحرج(Hc) لجميع العينات يأخذ قيما كبيرة في حالة تطبيق الحقل في الاتجاه صعب المغنطة أي الاتجاه<110 > (الشكلIII-2) ، مما يعني أن هناك تباين أحادي المحور في المستوى [40-39]



الشكل III-2/ تغير الحقل الحرج للعينات E^1_{tAg} بتطبيق حقل مغناطيسي بالاتجاه <100>و <110>

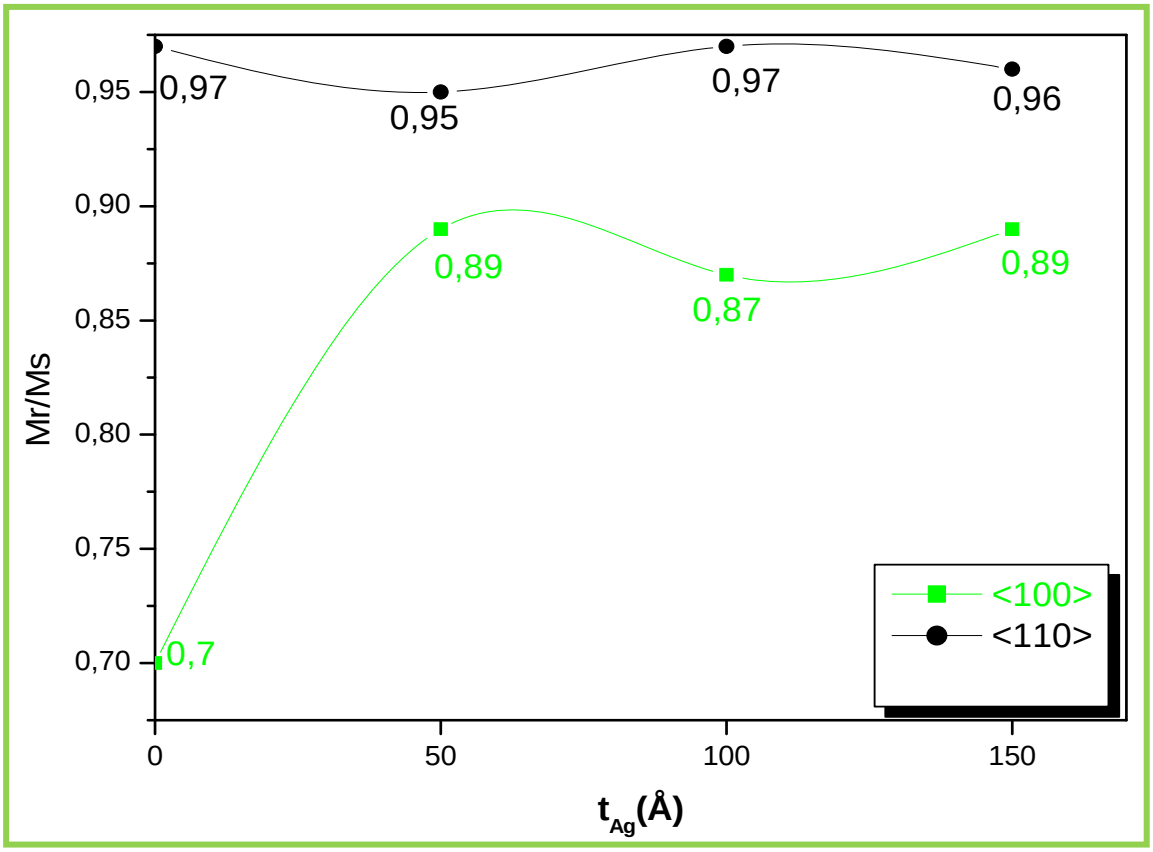
- ✓ من خلال الشكل III-2، نلاحظ ان قيم الحقل الحرج تتغير من عينة الى اخرى ، هذا ما يدل على ان طبيعة الاسطح والاسطح البينية الناتجة تتعلق بسمك الطبقة البينية الموضوعة.
- ✓ نلاحظ ايضا، ان الحقل القاهر (الحرج) في كلتا الاتجاهين سواء سهل المغنطة ام صعب المغنطة له القيم العظمى في حالة العينة $E^1_{100\ Å}$ (6.62ملي تسلا، 7.32 ملي تسلا على الترتيب)، والذي يترجم قيمة المغنطة المتبقية الكبيرة في هذه الاخيرة، مما ادى الى تطبيق هذه القيم للتخلص منها.

✓ نلاحظ كذلك ان اقل قيم يمكن ان يأخذها الحقل الحرج لإزالة مغنطة التشبع في كلتا اتجاهي التمغنط سواء السهل او الصعب هو في حالة عدم تواجد الطبقة البينية، مما يدل على ان هذه العينة($E^1_{00\ Å}$) يمكن ان تستخدم في المحولات الكهربائية.

✓ ان سمك 150Å من الفضة (الطبقة البينية) يؤدي الى تخفيض قيمة الحقل الحرج في كلتا اتجاهي المغنطة بالتقريب الى 5 ملي تسلا، بعد ان كان له القيم العظمى في العينة $E^1_{100\ Å}$، مما يؤكد ان سمك الطبقة البينية يؤثر نوع العينات الناتجة وعلى خشونة الاسطح الناتجة وبالتالي على الخصائص المغناطيسية لطبقة الحديد[25].

III-2- 2-تفسير منحنى التربيع المغناطيسي (Mr/Ms)

من بين الخصائص التقنية للمادّة المغناطيسية الحديدية، يمكن أيضًا ذكر المغنطة المتبقية التي هي خاصية فيزيائية أساسية في تطبيقات التسجيل المغناطيسي ، فإذا كانت هذه المغنطة صفرًا ، فهذا يعني أن المادة لا تحتوي على سعة ذاكرة وبالتالي لا يمكن ان تستخدم للتسجيل المغناطيسي. بشكل عام ، في التطبيقات العملية ، نستخدم المقدار الفيزيائي المسمى التربيع المغناطيسي والذي يعني النسبة بين المغنطة المتبقية Mr ومغنطة التشبع Ms و يرمز لها بالرمز S=Mr/Ms (squareness بالانجليزية)، حيث انه في تطبيقات الأغشية الرقيقة في مجال التخزين المغناطيسي وللحد من قيمة الضوضاء اثناء التشغيل ، نبحث دائمًا عن المواد المغناطيسية التي لها تربيع مغناطيسي قريب من 1 والتي تحققه دورة تخلف مغناطيسي مربعة[21]، مما يعني ان قيم كل من المغنطة المتبقية ومغنطة التشبع بالتقريب متساوية، بالنسبة للعينة E^1_{tAg} ، لوحظ أن هذا الاخير(التربيع المغناطيسي) مرتبط من ناحية ، بتغير سمك الطبقة العازلة الفضية (الشكل III-3) ;وللتأكيد فان قيمه تزداد بزيادة سمك هذه الأخيرة أي بزيادة t_{Ag} ، ومن ناحية أخرى ، فهو مرتبط بالاتجاه الذي طبق فيه الحقل المغناطيسي الخارجي ، حيث نلاحظ انه يأخذ قيما عظمى تصل إلى 96% عند تطبيق الحقل في الاتجاه صعب المغنطة.

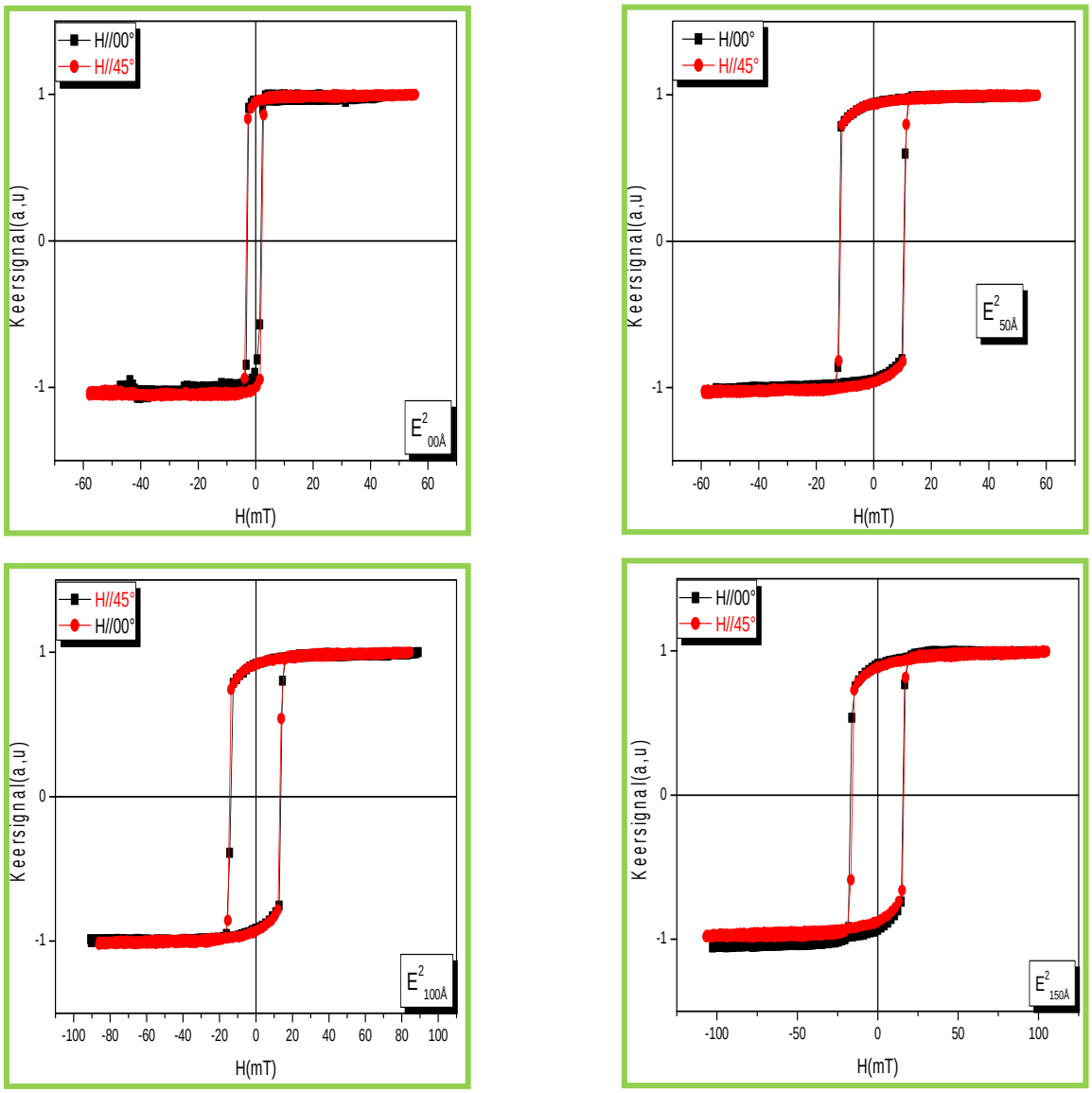


الشكل III–3/ تغير مقدار التربيع المغناطيسي للعينات E^1_{tAg} بتغير اتجاه بتطبيق حقل مغناطيسي

III–3 –تحليل النتائج المرتبطة بالخصائص المغناطيسية للنوع الثاني من العينات

سنتولى في هذا الجزء، تقديم النتائج المتحصل عليها من استخدام تقنية المغنطو ضوئية لتأثير كير عند درجة الحرارة 300 K ، للنوع الثاني من العينات مع وجود دائما حقل مغناطيسي خارجي مطبق في الزاويتين المختلفتين °0 و °45 بالنسبة لطبقة الحديد. فمن خلال منحنيات التخلف المغناطيسي الممثلة في الشكل III–4 نلاحظ ان:

- ✓ الشكل يؤكد ان مادة الحديد عبارة على ماده فيرومغناطيسية.
- ✓ هناك تماثل المناحي المغناطيسي، حيث انه بالنسبة لجميع العينات، لا يوجد اختلاف في قيمة الحقل الحرج او في مقدار التربيع المغناطيسي مهما كانت زاوية تطبيق الحقل المغناطيسي الخارجي
- ✓ الاختلاف الوحيد بين المنحنيات هو قيمة الحقل الحرج، الذي يتغير من عينة إلى أخرى أي انه يتعلق بمقدار سمك الطبقة العازلة.



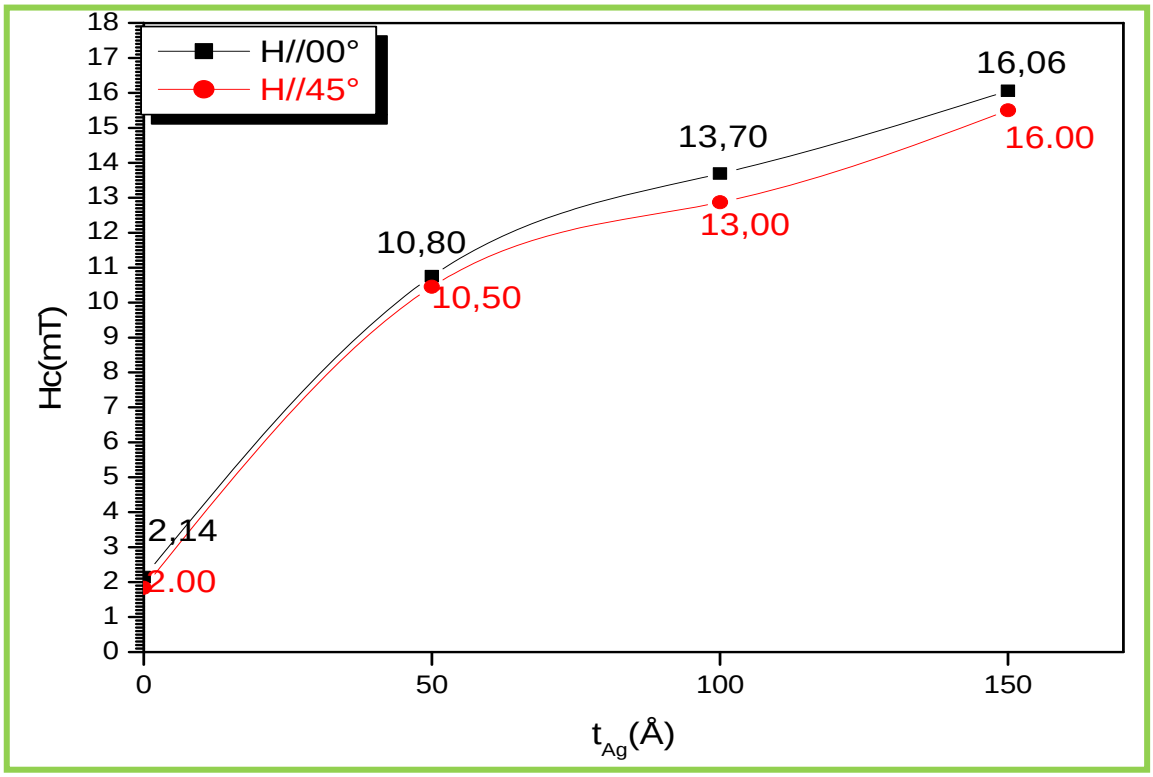
الشكل III-4/ دورات التخلف المغناطيسي للعينات E^2_{tAg} بتطبيق حقل مغناطيسي في الزاويتين 00°و45°

III-3 -1-تفسير منحنى الحقل الحرج

منحنى تغيرات قيمة الحقل الحرج بدلالة تغير سمك الطبقة العازلة Ag عند تطبيق حقل مغناطيسي خارجي في الزاويتين 0° و45° بالنسبة للغشاء الرقيق الفيرومغناطيسي للحديد مبين في الشكل III-5، حيث نلاحظ ان:

✓ المنحنيين تقريبا منطبقين على بعضهما البعض أي ان قيم الحقل الحرج في جميع العينات تكاد تكون متساوية عندما يطبق الحقل في زاويتين مختلفتين، مما يؤكد خاصية تماثل المناحي المغناطيسي

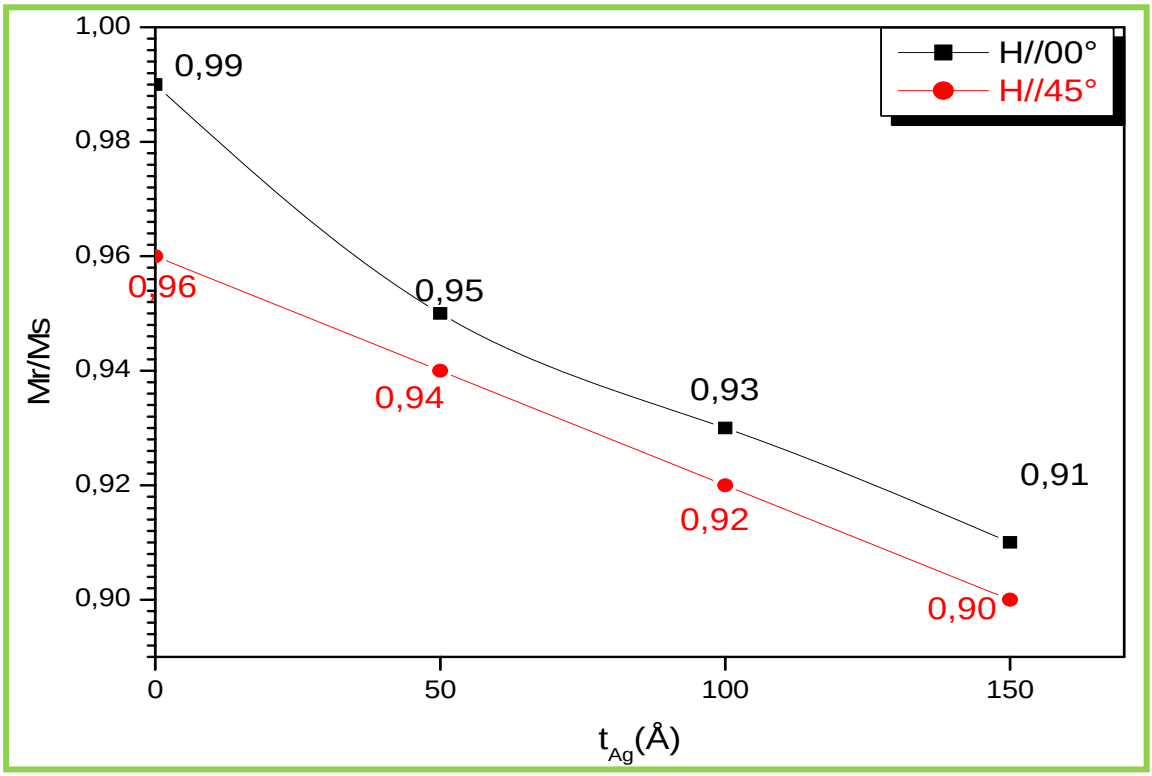
✓ نلاحظ انه عند تطبيق الحقل الخارجي في الزاويتين 00° و 45° بالنسبة لطبقة الحديد، فان قيم الحقل الحرج تتزايد انطلاقا من القيمتين 2.14 mT في الزاوية 00° و2.00 mT على التوالي بالنسبة للعينة $E^2_{00Å}$ وصولا إلى القيمتين 16.06 mT و 16.00 mT على التوالي عند العينة $E^2_{150Å}$ ، مما يبين ان طبيعة الأسطح تتغير من ملساء إلى خشنة، وهذا ما يؤكد ان الحقل الحرج يتعلق فقط بسمك الطبقة العازلة .



الشكل III-5/ تغير الحقل الحرج للعينات E^2_{tAg} بتطبيق حقل مغناطيسي في الزاويتين 00°و45°

III-3- 2-تفسيرمنحني التربيع المغناطيسي (Mr/Ms)

يبين الشكل (III-6) تغير قيم التربيع المغناطيسي بتغير زاويه تطبيق الحقل المغناطيسي الخارجي على مستوى العينات من النوع الثاني وبتغير سمك الطبقة البينية .

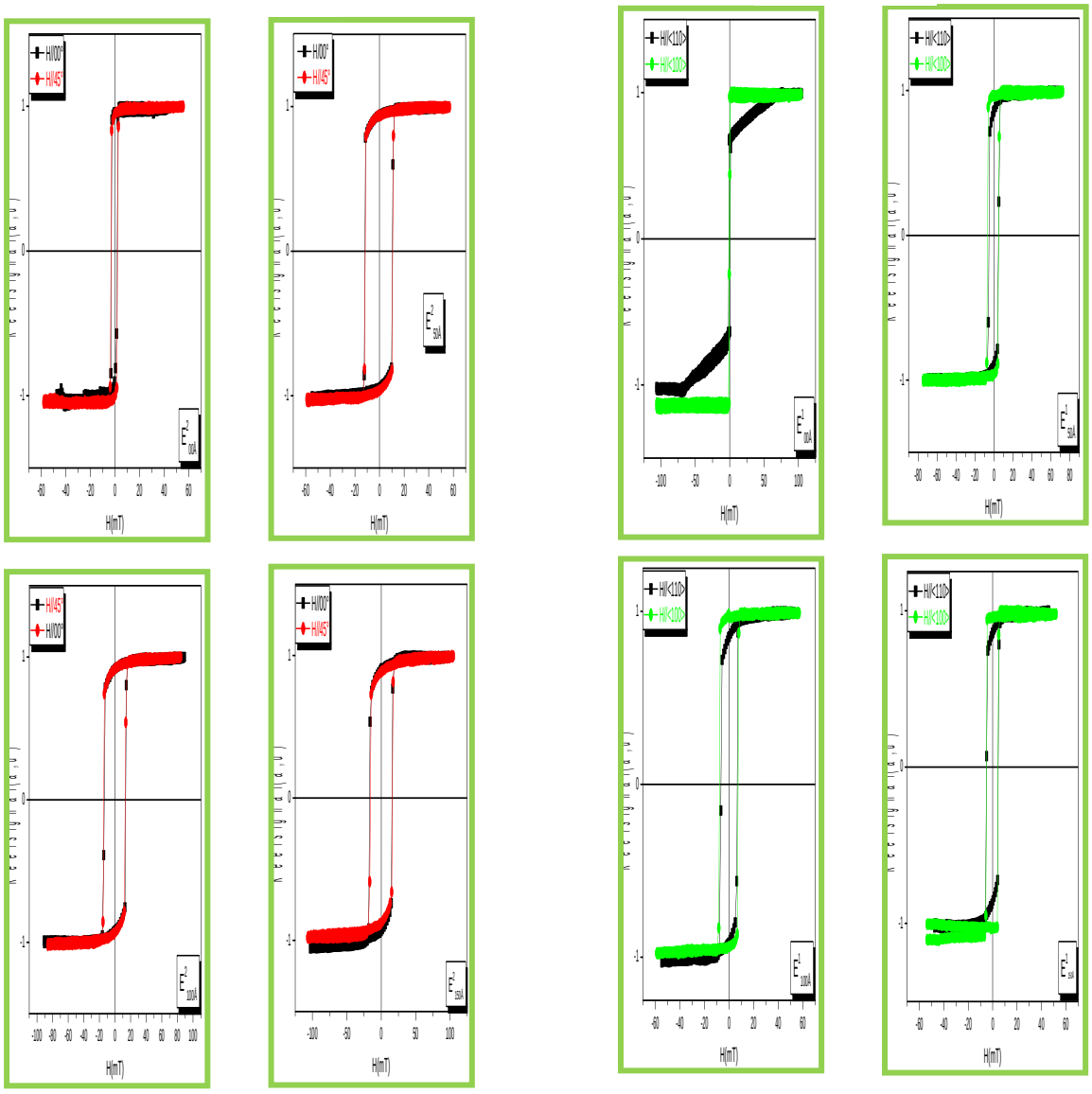


الشكل III-6/ تغير مقدار التربيع المغناطيسي للعينات E^2_{tAg} بتغير اتجاه بتطبيق حقل مغناطيسي

✓ نلاحظ بالنسبة لحالة تطبيق الحقل بالزاويتين 0° و 45° ، ان قيمه التربيع المغناطيسي تتناقص تدريجيا من القيمتين 0.99 و 0.96 على الترتيب بالنسبة للعينة $E^2_{00Å}$ ، الى القيمتين 0.92 و 0.90 على الترتيب بالنسبة للعينة $E^2_{150Å}$، ان هذا التناقص يؤكد تغير طبيعة الاسطح والاسطح البينية المنتجة بتغير نوع الطبقة العازلة.

III-4- المقارنة بين النتائج المتحصل عليها في العينتين الأولى والثانية

E^1_{tAg} E^2_{tAg}



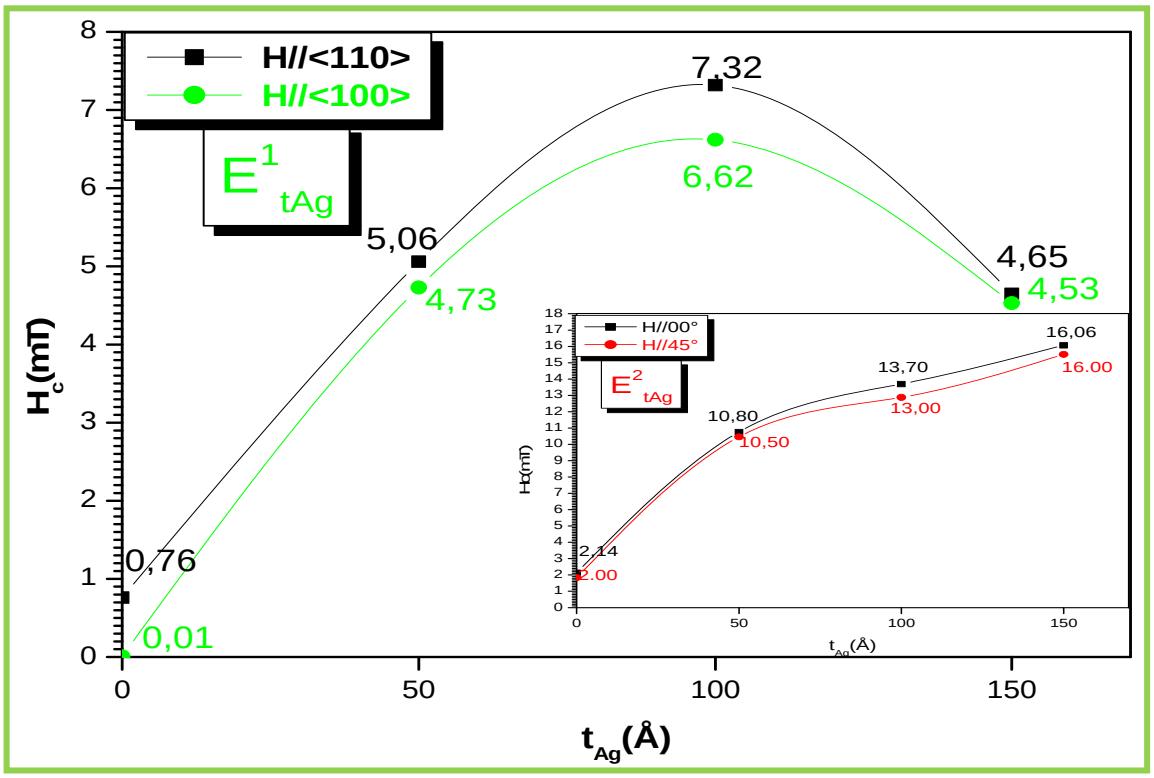
الشكل III-7/ المقارنة بين منحنيات التخلف المغناطيسي الخاصة بالنوع الاول والثاني للعينات

سنختص في هذا الجزء بالمقارنة بين النتائج المرتبطة بنوعي العينات، وسنبدأ بشكل منحنيات التخلف المغناطيسي، كما يلاحظ في الشكل III-7 ، ان هناك فرق كبير بين المنحنيين، حيث نلاحظ بالنسبة للعينات E^1_{tAg} ان شكل ومساحة المنحنيات يتغير من جهة، كلما تغير سمك الطبقة البينية الفضية، ومن جهة اخرى، كلما تغير اتجاه تطبيق الحقل المغناطيسي، مما نتج عنه اتجاه سمي باتجاه سهل المغنطة، وهو ما يدل كذلك على تواجد تباين مغناطيسي داخل المستوى لهذا النوع من العينات مما يدل على ان

المسند احادي التبلور MgO(001) ادى الى النمو الجيد وفي الاتجاه الواحد لطبقة الحديد وبالتالي للعينات ، أما بالنسبة للنوع الثاني من العينات والذي رمزنا له بالرمز E^2_{tAg} ،فان نوع المسند المستخدم وهو السيليسيوم ثلاثي التبلور جعل نمو الغشاء الرقيق للحديد ثلاثي التبلور متماثل المناحي مغناطيسيا. مما ادى الى ان تغير السلوك المغناطيسي يقتصر فقط على تغير سمك الطبقة البينية.

III-4-1- المقارنة بين النتائج المتحصل عليها حول الحقل القاهر (الحرج) للعينتين E^1_{tAg} و E^2_{tAg}

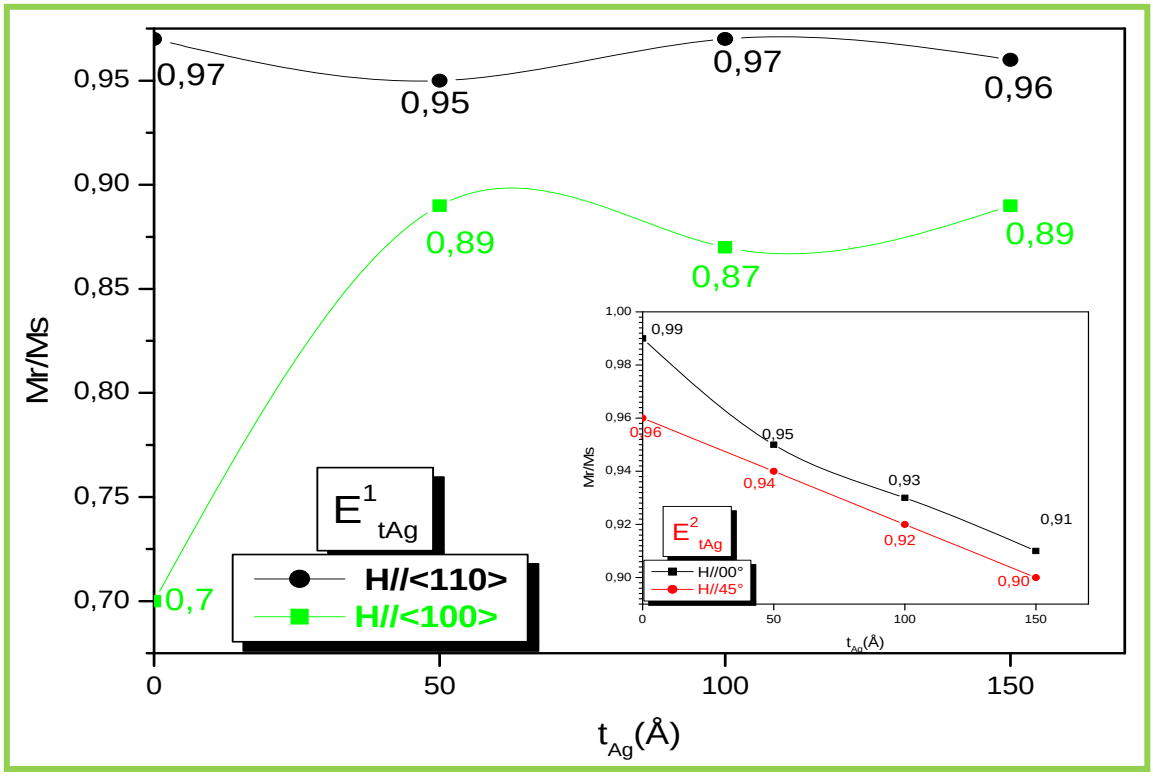
من خلال مقارنة بين النتائج التي تم الحصول عليها لكلا النوعين من العينات نستنتج ان قيمة الحقل الحرج تعتمد على سمك الطبقة البينية للفضة وكذلك على نوع المسند المستخدم، بالإضافة الى هذا فانه في حالة النوع الاول (E^1_{tAg}) فان قيمة هذا الاخير تعتمد ايضا على اتجاه تطبيق الحقل الخارجي حيث ان القيم الدنيا للحقل القاهر(Hc) تكون عندما نطبق الحقل المغناطيسي في الاتجاه سهل المغنطة، مما يدل على النوعية الجيدة للاسطح البينية و الواجهات مقارنة بالنوع الثاني. لكن في المقابل فان القيم الكبيرة للحقل الحرج (Hc) الخاصة بالنوع الثاني من العينات، تؤكد على ان المسند ثلاثي التبلور جعل من طبقة الحديد الفيرومغناطيسية ذات اسطح خشنة وبالتالي تستطيع الحفاظ على المغنطة المتبقية لزمن اطول من عينات النوع الاول(E^1_{tAg}) ، مما يجعلها مفيدة في المغانط الدائمة او في التخزين المغناطيسي.



الشكل III–8/ المقارنة بين قيم الحقل القاهر (Hc) الخاصة بالنوع الاول والثاني للعينات

III–4–2– المقارنة بين النتائج المتحصل عليها حول التربيع المغناطيسي لكلا النوعين من العينات

المنحنى المبين في الشكل III–9 يمثل تغيرات التربيع المغناطيسي (S) بدلالة تغير نوع المسند المستخدم وكذلك سمك الطبقة العازلة Ag حيث يتراوح هذا السمك بين 0Å و150Å و بالإضافة الى زاوية تطبيق الحقل الخارجي, ونتيجة لهذه المقارنة يمكننا القول أنه بالنسبة للعينة E^1_{tAg} فان جميع المقادير الفيزيائية المذكورة سابقا تؤثر في قيم التربيع المغناطيسي حيث يتم الوصول إلى حالة التشبع بسرعة أكبر عندما يكون الحقل موازي للاتجاه سهل المغنطة، وكلما زاد سمك الطبقة البينية زادت سرعة الوصول الى التشبع لكن قيمة التربيع المغناطيسي تكون اكبر في حالة تطبيق الحقل في الاتجاه صعب التمغنط و يتغير عكسيا مع سمك هذه الطبقة، مما يبين ان ترسيب هذه الاخيرة على المسند احادي التبلور يحسن من الخصائص المغناطيسية لطبقة الحديد، وبالتالي العينات في مجال التخزين المغناطيسي. وعلى ذكر النوع الثاني من العينات فإننا نلاحظ اقتصار تغير قيمة التربيع المغناطيسي على تغير سمك الطبقة العازلة.



الشكل III–9/ المقارنة بين قيم التربيع الخاصة بالنوع الاول والثاني للعينات

III–5 –الإستنتاج

من خلال تحليل النتائج التجريبية المتحصل عليها فإننا نستطيع استنتاج ان الخصائص المغناطيسية لطبقة الحديد الفيرومغناطيسي تتعلق جيدا بمدى تغير نوع المسند المستخدم وكذلك بتغير سمك الطبقة البينية كما لا ننسى ذكر تأثير اتجاه تطبيق الحقل المغناطيسي على هذه الخصائص.

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة

لقد ركزنا عملنا ودراستنا هذه على تأثير الركيزة على الخصائص المغناطيسية للأغشية الرقيقة الفيرومغناطيسية، والتي تتميز بامتلاكها مناطق داخلية تحوي عزوم مغناطيسية مجموعها بالنسبة لوحدة حجم العينة معدوم، اذا كانت بطبيعة الحال هذه الأغشية في الحالة المستقرة، أما 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، وتترجم بمنحنى يسمى بمنحنى التخلف المغناطيسي او بصيغة اخرى، دورة الهسترة، والسبب الرئيسي في هذه التسمية، ان الاغشية الرقيقة الفيرومغناطيسية –مثل الحديد ذو السمك 300Å، المدروس في عملنا هذا– لا تنعدم مغنطته بانعدام الحقل المطبق ، بل بتطبيق حقل يسمى الحقل القاهر او الحرج Hc. وبما ان الأغشية 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 الحقل الحرج، وعلى باقي الخصائص المغناطيسية مثل قيمة التربيع المغناطيسي والذي يمثل النسبة بين المغنطة المتبقية Mr الى مغنطة التشبع Ms. ولتحقيق هدفنا هذا استخدمنا نوعين من العينات التي حضرت بواسطة تقنية التنضيد الجزيئي الموجه في درجة حرارة الغرفة، الفرق الوحيد بين هاته العينات هو نوع المسند المستخدم ، ففي العينة الأولى استندت الأغشية على ركيزة أكسيد المغنزيوم التجارية أحادية التبلور MgO(100) واما بالنسبة للعينة الثانية فلقد رسبت الطبقات الرقيقة على ركيزة السليسيوم التجارية ثلاثية التبلور التالية SiO_2/Si(001)، وتتكون كل عينة من طبقتين: الاولى غير مغناطيسية محضرة من مادة الفضة والتي يتغير سمكها من00Å و 150Å، سميت هذه الأخيرة بالطبقة البينية وبخرت باستخدام تأثير جول فقط في خلايا كنودسن، نظرا لصغر درجة تشتتها. الهدف من استخدامها هو تعزيز الدراسة لفهم تأثير المسند المستخدم وكذا هذا النوع من الطبقات 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 300Å، بعد ترسيب هاته الطبقات فوق بعضها البعض، استخدمنا سمك 20Å من مادة الفضة كغطاء للغشاء الرقيق المصنوع من الحديد، لمنعه من التأكسد، ولقد عرفنا العينتين بالشكل التالي :

العينة الاولى: $MgO(001)//Ag\ (0Å-150Å)/Fe\ (300Å)/Ag\ (20Å)$:E^1_{tAg}

العينة الثانية: $SiO_2/Si(011)//Ag\ (0Å-150Å)/Fe\ (300Å)/Ag\ (20Å)$:E^2_{tAg}

الخصائص المغناطيسية للعينتين استخرجت بواسطة تقنية المغنطو ضوئية لتأثير كير بتطبيق حقل مغناطيسي خارجي يصنع الزاوية 00° و 45° مع المحور <110> لغشاء الحديد، ومن أهم النتائج المغناطيسية التي توصلنا إليها من خلال تحليلنا لمنحنيات التخلف المغناطيسي هي أن الخصائص المغناطيسية للحديد تتعلق بكل من: نوع المسند المستخدم، سمك الطبقة البينية وكذلك اتجاه تطبيق الحقل الخارجي.لقد توصلنا كذلك الى النتائج التالية:

- ✓ كلتا العينتين، تتبع تصرف فيرومغناطيسي يتعلق بسمك الطبقة البينية، والفرق الوحيد بينهما هو انه بالنسبة للنوع الاول من العينات، فان هذا التصرف يتعلق كذلك باتجاه الحقل المغناطيسي المطبق، مما يجعلنا نميز بين الاتجاه سهل المغنطة والاتجاه صعب المغنطة. و الفارق بين قيم الحقل الحرج في هاذين الاتجاه ان دل على شيء فإنما يدل على وجود عدم تماثل المناحي المغناطيسي داخل مستوى هذا النوع من العينات، على عكس النوع الثاني والذي اكتشفنا انه متماثل مغناطيسيا، من تعلق الحقل الحرج بزاوية تطبيق الحقل الخارجي. مما يدل على ان نوع الركيزة المستخدم غير من طبيعة الاسطح الناتجة وكذلك خشونة هذه الاسطح.

- ✓ ان شكل ومساحة دورات التخلف المغناطيسي تختلف من جهة، من عينة الى اخرى دلالة على تأثير المسند المستخدم على خصائص المغناطيسية للحديد الفيرومغناطيسي الناتج، ومن جهة اخرى،

فان شكل ومساحة دورات الهسترة تختلف في العينة الواحدة حسب تغير سمك الطبقة البينية الموضوعة ،مما يدل كذلك على تأثير هذه الطبقة على خصائص الحديد المغناطيسية.

- ✓ يتجلى كذلك تأثير نوع المسند المستخدم على الخصائص المغناطيسية للعينات في ان مادة الحديد الفيرومغناطيسية تكون متماثلة المناحي ان وضعت على المسند ثلاثي التبلور للسليسيوم وهذا ما يترجمه، عدم تعلق شكل و مساحة دورات التخلف المغناطيسي بزاوية تطبيق الحقل حيث وجدنا عدم تغير قيم كل من الحقل الحرج (Hc) و التربيع المغناطيسي(S) مهما غيرنا زاوية تطبيق الحقل المغناطيسي الخارجي. في حين ان نفس مادة الحديد الفيرومغناطيسية وبنفس السمك ، ان وضعت على مسند احادي التبلور، تتحول الى مادة متباينة المناحي يتعلق كل من حقلها الحرج والتربيع المغناطيسي فيها بزاوية تطبيق الحقل المغناطيسي الخارجي.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

[1]Encycl opedia of Materials Charaterizativn surfaces ,Interfaces , thin films (Evans, Butterworth-Heinemann).pdf.

[2] N.Guechi, élaboration et caractérisation structural, électrique et magnétique des couches minces de Fe_xNi_{100-x} déposé sur $Si(100)$, université Ferhat Abbes Sétif, (2010).

[3] L. Pavlovski, Dépôts Physiques : technique, microstructures et propriétés, Presses polytechniques et universitaires romandes (2003).

[4] دراسة الخواص التركيبية والبصرية لأغشية CdSe :Al الرقيقة كدالة لنسب التشويب ودرجة حرارة التلدين،مذكرة ماجستير في العلوم الفيزيائية،جامعة بغداد، 2015

[5] ردينه صديق عبد الستار الدليمي ، دراسة الخصائص التركيبية و البصرية للأغشية $(1-x)xO$ المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري ،مذكرة الماجستير في العلوم الفيزياء، جامعة ديالى لعراق كلية العلوم، (2013).

[6]احمد زكي حلمي محمود محمد سليم، الرسم الهندسي، مجموعة النيل العربية القاهرة,(2005).

[7] HP, Meyers ;Introductory solid state physics ,(1997).

[8] *Platonis Opera*, Meyer and Zeller, (1839).

[9]دغولاس س جيانكولي، الفيزياء المبادئ والتطبيقات، دار العبيكان

[10] ستار كاصد حسن ,دراسة ديناميكية حدود الحجيرات المغناطيسية باستخدام نظام الماتلاب–أطروحة الماجستير، (2006).

[11]LusThomas,Masamitsu,Hayashi,XinJiang,RaiMoriya,CharlesRettner,StuartParkin,"ResonantAmplification of Magnetic Domain-Wall Motion By a Train Of Current Pulses", (2007).

[12] فوزي غالب، فيزياء الجسم الصلب II، منشورات جامعة دمشق 2011-2012، ص66

[13] ريترز ميلفورد،أساسيات النظرية الكهرومغناطيسية، الفصل الثاني عشر، ص250

[14] Giorgio Bertotti, *Hysteresis in Magnetism*, Academic Press, (1998).

[15] Ph. Robert, "Matériaux de l'électrotechnique", Traité d'électricité, Presse Polytechniques, Romandes, Lien, Troisième Edition, (1989).

[16] خير سليمان شواهين ، الكهرو مغناطيسية تجارب وانشطة وهوايات

[17] المؤلف مجهول ، كهربائية و مغناطيسية 2 ، محاضرة رقم 15،جامعة بابل ،كلية التربية للعلوم الصرفة ،ص 92-97

[18] J.Degauque ;Magnétisme et matériaux magnétiques : introduction, Laboratoire de Physique des Solides, associé au CNRS, LNSA., Complexe Scientifique de Ranguergueri,(1992).

[19] Massinissa Tinouche, Élaboration et caractérisations de couches minces à base de cobalt, Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas de Sétif, (2010)

[20] سيف الدين، التقنية كيف تعمل ،المعهد البيليوغرافي ألمانيا دار ماير للنشر والموسوعات, (1988).

[21] Boukhalfa Radhia, Influence du substrat sur les propriétés structurales et magnétiques des bicouches Fe/Ag , Thèse du doctorat. Université de Constantine, (2014).

[22] A. RAHAL,"Elaboration des verres conducteurs par déposition de ZnO sur des verres ordinaires", Mémoire de Magister, UNIVERSITE D'ELOUED, (2013)

[23] Computing Essentials 2007 complet edition PP 222-237

[24] Structured Compuer Organuzatuon. 5th edition PP 81-102

[25] Bendjeroudib Chafia, Effet de type de Substrat sur les propriétés de couche Mince Fe/Ag, Mémoire de Master, Université de Larbi Tébessi – Tébessa- Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la vie, (2016)

[26] B. Dieny ; Magnétisme II, matériaux et applications, oeuvre scientifique Grenoble

[27] Beating the Super paramagnetic Limit with Exchange Bias, Vassil Skumryev, Stoyan Stoyanov, Yong Zhang, George C. Hadjipanayis, Dominique Givord et Josep Nogués; Nature, 19 juin 2003

[28] Romain Dujardin, Epitaxie par jets moléculaires de nanostructures isolées de germanium sur silicium, Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier de Grenoble, (2006).

[29] Khachab Hamid, Modélisation de la croissance épitaxiale par jet moléculaires (MBE) avec la méthode de Monte Carlo Cinétique (KMC), Thèse de doctorat Université Abou. Berk Belkad de Tlemcen,(2010).

[30]Landre O.Etude de la nucleation et de la croissance de structures filaires GaN et AIN . PhD thesis, Université Joseph fourier,2010

[31] M. A. Herman, H. Sitter ; Molecular Beam Epitaxy, Springer Series in Materials Science, **(**1996**).**

[32] M. Garad Houmed; L'anisotropie magnétique perpendiculaire induite par oxydation et recuit thermique: De la structure au magnétisme, Thèse de doctorat, Université Grenoble (2012).

[33] G.Garreau, extraits de la thèse de Guillaume Garreau

[34] V. Reymond ; Nouvelles couches minces et multicouches dérivées de BaTiO3 : optimisation des propriétés diélectriques, thèse de doctorat, Université de bordeaux I **(**2004**).**

[35] E. Kunnen, S. Mangin, V.V. Moshchalkov, Y. Bruynseraede, A. Vantomme, A. Hoser, K. Temst, Influence of strain on the anti-ferromagnetic ordering in epitaxial Cr(001) films on MgO, Thin Solid Films **(**2002**).**

[36] S. Demuynck, J. Meersschaut, J. Dekoster, B. Swinnen, R. Moons, A. Vantomme, S. Cottenier, M. Rots ; Structural and Magnetic Ordering of Chromium in Ag/Cr Multilayers, Phys. Rev. Lett (1998).

[37] P. Etienne, J. Massies, S. Lequien, R. Cabanel, F. Petroff ; Molecular beam epitaxial growth of Cr/Fe, Ag/Fe, Ag/Cr and Ag/Co Superlattices on MgO (001) substrates, J. Crystal Growth (1991).

[38] R. Dujardin ; Epitaxie par jets moléculaires de nanostructures isolées de germanium sur silicium, thèse de doctorat, université Joseph Fourier Grenoble (2006).

[39] P. Etienne, J. Chazelas, G. Creuset, A. Friederich, J. Massies, F. Nguyen van Dau, A.Fert ; Growth of single-crystal Fe/Cr magnetic multilayer structures on (001) GaAs by molecular beam epitaxy J. Crystal Growth (1989).

[40] S. D. Bader, E. R. Moog ;Magnetic properties of novel epitaxial films (invited), J. Appl Phy (1987).