جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

ميدان: علوم المادة

قسم:الفيزياء

مذكرة ماستر أكاديمي

الميدان:علوم المادة

التخصص :فيزياء المواد

من إعداد الطالبتين: رقاقدة سهام، زايدي نصيرة

بعنـوان :

دراسة نظام تأمين وإنذار بتقنية GMR بـ تكنولوجيا اللف المغزلي الإلكتروني

تناقش يوم: 2017/05/25

أمام الجنة المناقشة المكونة من:

عاشوري عبد الرحيم	أستاذ بجامعة قاصدي مرباح ورقلة	رئيسا
بوعنان رابح	أستاذ بجامعة قاصدي مرباح ورقلة	مناقشا
بن مبروك لزهر	أستاذ بجامعة قاصدي مرباح ورقلة	مشرفا

الموسم الجامعي :2017/2016

الشكـــــــر و العرفـان

الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم و المعرفة و أعاننا على أداء هذا الواجب ووفقنا إلى إنجاز هذا العمل

نتقدم بفائق التقدير و أوفى شكر وامتنان للأستاذ المشرف "**بن مبروك لزهر**" على اقتراح موضوع البحث ثم قبول الإشراف عليه ومتابعة البحث حتى مراحل اكتماله

كما نتقدم بالشكر والتقدير للأستاذ عاشوري عبد الرحيم و الأساتذ بوعنان رابح على قبولهم مناقشة هذه المذكرة، متمنين أن يفيدونا بآرئهم القيمة والبناءة

نتوجه بالشكر الخاص للزميل "فلالي عبد المجيد" على مد يد المساعدة في هذا العمل متمنين له التوفيق والنجاح في الحياة العلمية والعملية

كما نعبر عن شكرنا لكل أستاذ رافقنا طيلة مسيرتنا الدراسية

ولا يفوتنا أن نشكر كل موظفي إدارة قسم الفيزياء و عمال مكتبة كلية الرياضيات وعلوم المادة

وفي الأخير نتوجه بالشكر الجزيل إلى كل من ساعدنا من قريب او من بعيد لإنجاح هذا العمل.

الإهـــــــــداء

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين

أهدي هذا العمل إلى:

من ربتني وأنارت دربي وأعانتني بالصلوات والدعوات، إلى أغلى إنسان في هذا الوجود : أمي الحبيبة

إلى من عمل بكد في سبيلي وعلمني معنى الكفاح وأوصلني إلى ما أنا عليه أدامه الله لي : أبي الكريم

إلى إخوتي:حمزة، زينب، عبدالناصر، أسيا، عبدالباقي

إلى من عمل معي بكد بغية إتمام هذا العمل، إلى صديقتي ورفيقة دربي: سهام رقاقدة

إلى صديقاتي:أم الخير، هنية، مروة، دليلة، مريم

إلى جميع أساتذة قسم الفيزياء إلى كل طلبة الفيزياء الثانية ماستر دفعة 2017 وخاصة فيزياء المواد.

نصيرة

الإهـــــــــــــــداء

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين

اهدي هذا العمل إلى:

إلى أغلى إنسان في الوجود إلى بسمة الحياة سر الوجود إلى من كان دعائها سر نجاحي

أمي الغالية

إلى القلب الناصع بالبياض ورمز الحب وبلسم الشفاء إلى أمي قبل أن تكون جدتي أطال الله في عمرها

إلى من تمنيت أن يراني في هذا الموقف لكن مشيئة الله قد سبقت جدي أسال الله أن يتغمد روحه الطاهرة في الجنة إن شاء الله.

إلى من حبهم يجري في عروقي ويلهج بذكراهم فؤادي إلى إخوتي : وليد، جمانة، هديل، محمد رياض.

إلى سند وقوتي إلى من أثروني على أنفسهم واظهروا لي ما هو أجمل من الحياة إلى خالاتي :فتيحة، جويدة، يمينة، نور الهدى، مسعودة .

إلى أخوالي: علي، بوبكر، محمد الحسن،مسعود، نصر الدين

إلى شموع العائلة :محمد فوزي، محمد مهدي ،لطفي ،إيناس، آية الرحمان، هيثم، محمد طه

إلى توأم روحي ورفيقة دربي وسندي في هذا العمل الزميلة : زايدي نصيرة

إلى من تذوقت معهم أجمل اللحظات إلى من سأفتقدهم وأتمنى أن يفتقدوني صديقاتي أم الخير،سعاد،مارية، بسمة،شهرة، أسماء،أم الخير، دليلة، مروة ،مريم .

إلى الأخوين اللذين لم تلدهما أمي ومن تحلو بالإخاء وتميزوا بالوفاء:عبدالمجيد،عبد الواحد.

إلى جميع أساتذة قسم الفيزياء إلى كل طلبة الفيزياء الثانية ماستر دفعة 2017 وخاصة فيزياء المواد.

سهـــام

الفهرس

المقدمة العامة..... 1

الفصل الأول : المادة وظواهرها

I-1 مقدمة 2

I-2 المادة..... 2

I-3 اكتشاف الإلكترون 3

I- 4 الإشعاعات 4

I-5 الظاهرة الكهروضوئية..... 5

I-6 التأثير الكهروحراري Thermoelectric effect :..... 7

I-6-1 تأثير سبيكeffect de seebeck..... 7

I- 6- 2 أثر بلتيه Peltier effect 8

I-6- 3 أثر طومسون Thomson effect 9

I– 7 المغناطيسية الكهربائية 11

I- 7-1 المغناطيس الكهربائي 11

I- 7-2 توليد مجال كهرومغناطيسي : 11

I- 7-3 الحقل المغناطيسي : 11

I -8 تصنيف المواد من حيث خواصها المغناطيسية..... 12

I-8-1 مواد الديامغناطيسية Diamagnetic..... 13

I- 8-2 مواد البارا مغناطيسية Paramagnetic 13

I-8-3 مواد الفيرو مغناطيسية ferromagnetic 13

الفصل الثاني : تكنولوجيا اللف المغزلي وتقنية GMR

II-1 مقدمة 15

II-2 النانو 15

II-3 المواد النانوية 15

II-4 تصنيف المواد النانوية وتطبيقاتها 16

II-4-1 المواد النانوية أحادية الأبعاد 16
II-4-2 المواد النانوية ثنائية الأبعاد 16
II-4-3 المواد النانوية ثلاثية الأبعاد 17
II-5 خواص المواد النانوية 18
II-5-1 الخواص الميكانيكية 18
II- 5-2 الخواص البصرية 18
II- 5-3 الخواص المغناطيسية 19
II- 5-4 الخواص الكهربائية 19
II- 6 علم النانو وتكنولوجيا النانو 20
II- 6 -1 علم النانو 20
II-6-2تكنولوجيا النانو 21
II- 7 اللف الذاتي 21
II- 7-1 تعريف: 21
II- 7-2 خلفية تاريخية 22
II- 7- 3 خلفية علمية 23
II-8 اللف الالكتروني 24
II- 9 علم اللف المغزلي أللالكتروني(Spintronique) 27
II-9 -1 أساسيات علم اللف المغزلي الالكتروني 28
II-9-1-1 أصل المغنطة 28
II-9-1-2 انحفاظ اتجاه اللف المغزلي الالكتروني 30
II-9-1-3 انتشار الالكترونات مرتبط بلفها 30
II-9-1-4 تراكم اللف المغزلي بالمناطق البينية 30
II- 10 ظواهر اللف المغزلي الالكتروني 31
II- 10-1 المقاومة المغناطيسية العظمىGMR (Magnétorésistance Géant) 31
II- 10-2 المقاومة المغناطيسيةللنفق TMR (Magnétorésistance Tunne) 32
II- 11 المقاومة المغناطيسية العملاقة في أغشية رقيقة متعددة الطبقات : Giant magnetoresistance in multilayered thin film 33

II-11-1 المقاومة المغناطيسية العملاقة في تشكيل التيار في مستوي CIP –GMR..... 34

الفصل الثالث : التركيب التجريبي وشرح عمله

III-1 مقدمة 40
III-2 نظام الإنذار..... 40
III-2-1 تعريف جهاز الإنذار 40
III-2-2 مكونات النظام 40
III-3 التركيب التجريبي لنظام التأمين والإنذار ضد السرقة بتقنية GMR 43
III-3-1 الحالة الأولى (قبل حدوث إنذار)..... 44
III-3-2 الحالة الثانية (عند حدوث الإنذار)..... 45
III-4 التركيب التجريبي لنظام التأمين والإنذار ضد الحريق بتقنية GMR..... 46
III-4-1 الحالة الأولى (قبل حدوث الحريق)..... 47
III-4-2 الحالة الثانية (عند حدوث حريق) 48
الخاتمة العامة..... 49
المراجع..... 50

فهرس الأشكال

الشكل I- 1: أنبوب كروكس 3

الشكل I- 2: تجربة الظاهرة الكهروضوئية..... 6

الشكل I- 3: الفعل الكهروضوئي. 7

الشكل I- 4 :وصف تخطيطي لظاهرة سبيك. 8

الشكل I- 5: وصف تخطيطي لظاهرة بلتيه. 9

الشكل I- 6:وصف تخطيطي لظاهرة طومسون..... 10

الشكل II- 1:رس متوضيحي لأنواع الموادالنانوية. 17

الشكل II- 2 : اللف العلوي والسفلي للإلكترون. 25

الشكل II- 3: تجربة (ستيرن-جيرلاش) 25

الشكل II- 4: المجالات المؤثرة على جسيم الإلكترون..... 27

الشكل II- 5 : المغنطة في المواد المغناطيسية 29

الشكل II- 6: اتجاه الحقل المغناطيسي..... 29

الشكل II- 7: المقاومة المغناطيسية للنفق TMR. 33

الشكل II- 8: الحالة CIP(AP) 35

الشكل II- 9 : الحالة CIP(P) 36

الشكل II- 10: الحالة CPP(AP) 37

الشكل II- 11: الحالة CPP(P)..... 38

الشكل III- 1 : أجزاء الصمام الثنائي المضيئ..... 41

الشكل III- 2: المقاومة الضوئية..... 42

الشكل III- 3: مزدوجة بلتيير الحرارية 43

الشكل III- 4: مخطط نظام تأمين وإنذار ضد السرقة بتقنية GMR 44

الشكل III- 5: مخطط نظام تأمين و إنذار ضد السرقة قبل حدوث الإنذار 44

الشكل III- 6 : مخطط نظام تأمين وإنذار ضد السرقة عند حدوث الإنذار. 45

الشكل III- 7:مخطط نظام تأمين وإنذار ضد الحريق بتقنية GMR. 46

الشكل III- 8:مخطط نظام تأمين وإنذار قبل حدوث الحريق 47

الشكل III- 9:مخطط نظام تأمين وإنذار عند حدوث الحريق. 48

المقدمة العامة

يبحث الإنسان دائما عن الأمن والأمان له ولأسرته وممتلكاته، لأنه من أهم الأمور الحياتية، دائما نخشى حدوث حريق أو اقتحام وسرقة ممتلكاتنا وإفزاع أسرتنا لذلك نلجأ إلى الأنظمة الأمنية لتحقيق الأمن والأمان فأنظمة الإنذار تنبه قبل وقوع السرقة أو الحريق مما يؤدي إلى تفادي وقوع أي خسائر أو التقليل منها.

تهدف أنظمة الإنذار الى السرعة في الاستجابة للأخطار المحتملة وتحويل هذه الاستجابة المبكرة الى إشارة سمعية أو مرئية ، ومن اجل الحصول على أجهزة أكثر دقة قمنا بتوظيف إحدى تقنيات التكنولوجيا الحديثة (تكنولوجيا النانو)و المتمثلة في تقنية GMR (اللف المغزلي الالكتروني).

حاولنا في هذه المذكرة انجاز مخطط تأمين وإنذار بتقنية GMR (تكنولوجيا اللف المغزلي الالكتروني) أين قمنا بتقسيم هذا العمل الى ثلاثة فصول الفصل الأول والثاني نظريين أما الثالث فهو تطبيقي ومبني على المفاهيم الفيزيائية.

تطرقنا في الفصل الأول إلى تعريف المادة واكتشاف الإلكترون ،وتعريف الإشعاعات، إضافة إلى المفعولين الكهروضوئي و الكهروحراري وكذا الحقل المغناطيسي ، أما الفصل الثاني فحاولنا توضيح بعض المفاهيم المهمة في عملنا التجريبي كاللف الالكتروني والمقاومة المغناطيسية العظمى(GMR)، أما الفصل الأخير تطرقنا فيه إلى التركيب التجريبي لنظام التأمين والإنذار ومبدأ عمله انطلاقا من توظيف تقنية GMR وفي الأخير حاولنا شرح عمل هذا النظام اعتمادا على المفاهيم الفيزيائية.

ا ا ول

ا دة وظ ا

I-1 مقدمة

تعتبر المادة أساس تكوين أي عنصر، تتواجد في الطبيعة على أربعة حالات سائلة، صلبة، غازية و بلازما. تتكون المادة من وحدات بناء صغيرة جدا وهي الجزيئات التي تتكون من ذرات حيث تعتبر اصغر جزء في المادة. تتكون هذه الأخيرة من نواة تدور حولها الالكترونات. يؤدي سقوط شعاع كهرومغناطيسي على سطح المادة إلى تحرير الالكترونات وهذا ما يعرف بالفعل الكهروضوئي، أما تعرضها إلى درجة حرارة مرتفعة فانه يؤدي أيضا إلى تحرير الكترونات وهذا ما يعرف بالفعل الكهروحراري.

I- 2 المادة

المادة في الفيزياء الكلاسيكية هي كل ما له كتلة وحجم ويشغل حيزا من الفراغ، وللمادة خصائص مختلفة تشمل الحجم والكتلة والكثافة، وتشكل بذلك ما يعرف بالكون الملموس. المادة يمكن أن تكون في حالات مختلفة تحدد هيأتها وحالات المادة الطبيعية هي بشكل رئيسي أربعة أطوار : الصلبة و السائلة والغازية والبلازما.

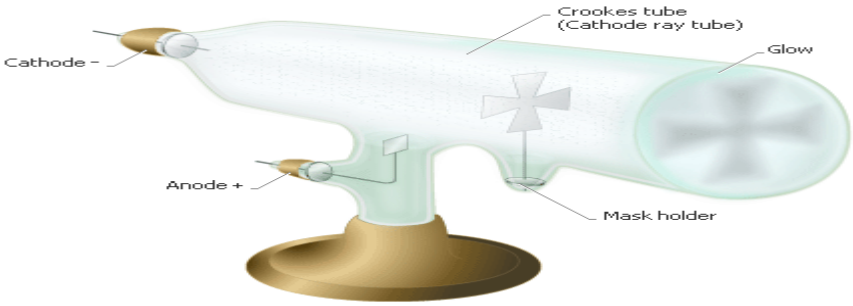
إن المادة وفي كل حالاتها قابلة للتجزئة، وهي مجموعة من الدقائق المترابطة وفق روابط دقيقة وقوانين أساسية. ونحن هنا ليس بصدد القول إن الذرة هي اللبنة الأساسية في بناء المادة بل هي اللبنة الأساسية التي تعبر عن سلوك المادة . لأنه وفي حقيقة الأمر الكواركات هي الجسيمات الأولية الأساسية التي تتشكل منها المادة حيث منها تتركب البروتونات والنيترونات وهذان الآخران يكونان النواة.كما تعتبر الالكترونات جسيمات أولية إضافية تتخذ من مدارات النواة محطات لها،ويصنف الإلكترون ضمن مجموعة الليبتونات وهذه الليبتونات تصنف ضمن عائلة الفرميونات.

وما يميز الفيرميونات إن لها لف ذاتي(مغزلي) ذو عدد كسري.وهي تخضع لدالة التوزيع الإحصائي لفيرمي-ديراك وفي المقابل تخضع البوزونات(مثل الفوتون) الى احصاء بوز-اينشتاين ولها لف مغزلي ذو عدد صحيح.[1]

I-3 اكتشاف الإلكترون

اكتشاف الإلكترون يعد من الخطوات العملاقة الأولى لبنية المادة،وهذا الاكتشاف مرتبط ارتباطا وثيقا بأنبوب التفريغ الكهربائي أو أنبوب كروكس (tube de Crookes) الذي صممه عالم بريطاني يحمل نفس الاسم سنة 1869 م،وهو يتمثل في أنبوب زجاجي محكم الإغلاق يحتوي على غاز تحت ضغط منخفض يوجد بطرفيه مسريان كهربائيان معدنيان عند تطبيق فرق كمون مرتفع (15000v) بين طرفي الأنبوب وخفض الضغط تدريجيا تحدث ظاهرتان على التوالي:حين يبلغ الضغط حوالي 0.1atm يصبح الغاز متوهجا، وعندما يبلغ حوالي 0.01atm تختفي هذه الظاهرة كليا وتحل محلها ظاهرة ثانية تتمثل في توهج الشاشة المقابلة للمهبط (cathode) .

سرعان ما أدرك العلماء أن توهج الشاشة مرده إلى أشع غير مرئية يصدرها المهبط تسقط على قعر الأنبوب، أطلق عليها اسم الأشعة الكاثودية (rayons cathodiques) عام 1895 م، أثبت العالم الفرنسي بيران (Perrin) أن الأشعة الكاثودية تتألف من جسيمات تحمل شحنة كهربائية سالبة إذْ لاحظ أنها تنحرف عندما تتعرض إلى حقل مغناطيسي خارجي، وعام 1897 م، أظهر العالم الإنجليزي طومسون (Thomson) أن هذه الظاهرة لا تتوقف على طبيعة الغاز الموجود داخل الأنبوب ولا على طبيعة المعدن الذي يدخل في تكوين المسريين، مما يعني أن هذه الجسيمات التي أطلق عليها اسم الإلكترونات (électrons) هي إحدى المكونات الأساسية للذرة، وقام طومسون بقياس نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته، وكذلك سرعة الإلكترونات.[2]



الشكل I– 1: أنبوب كروكس

I- 4 الإشعاعات

إن مصطلح الإشعاع في الفيزياء يصف أي عملية يتم فيها انبعاث طاقة من جسم ما لتنتقل خلال الوسط أو خلال الفراغ، ليمتصها في النهاية جسم آخر. فعادة ما تكون كلمة الإشعاع المقصود بها الإشعاع المتأين. كالموجود مثلا: في الأسلحة النووية، المفاعلات النووية، والمواد المشعة، ولكنها يمكن إن تشير أيضا الى الإشعاع الكهرومغناطيسي أو بعبارة أخرى موجات الراديو (الموجات اللاسلكية)، الأشعة تحت الحمراء، الضوء المرئي، الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية، والتي يمكنها تغيير الإشعاع إلى إشعاع صوتي أو إلى عمليات أخرى أكثر غموضا.

توجد الالكترونات داخل الذرة في مناطق تسمى مدارات الالكترونات، تحيط بالنواة حسب طاقاتها، حيث تتحرك الالكترونات ذات الطاقة الأقل في المدارات الداخلية، بينما تتحرك الالكترونات ذات الطاقة الأعلى في المدارات الخارجية. وتنتظم البروتونات والنيوترونات في النواة حسب مستويات طاقاتها في طبقات تسمى المدارات النووية. ولكل البروتونات والالكترونات والنيوترونات التي تشغل مدارا معين نفس كمية الطاقة تقريبا.

عندما يتحول الإلكترون من مدار خارجي إلى مدار اقرب إلى النواة، يطلق حزمة من الطاقة تسمى الفوتون،وتساوي طاقته الفرق في طاقة الإلكترون عندما يقفز من المدار الأصلي إلى مدار أخر. وإذا كان الفرق في الطاقة صغيرا تطلق الذرة الضوء المرئي أو الأشعة تحت الحمراء أو كليهما، ولكنها قد تنتج الأشعة السينية إذا كان الفرق كبيرا.

وعندما يتحرك البروتون أو النيوترون من مدار نووي الى أخر تطلق النواة إشعاع جاما. وتنتج معظم الذرات التي تطلق الإشعاع الجسيمي أثناء الانحلال الإشعاعي إشعاع جاما أيضا، لان بروتوناتها ونيوتروناتها تتحرك الى مدارات أخرى. وينتج الإشعاع الصادر عن التفاعلات النووية أيضا من البروتونات والنيوترونات والالكترونات المتحركة إلى مدارات جديدة.

الإشعاع الكهرومغناطيسي يحدث عندما يغير جسيم مشحون كهربائيا اتجاهه أو سرعته أو كليهما.

أكثر أنواع الإشعاع شيوعا هو الضوء الذي نراه من حولنا، مثل ضوء الشمس وضوء البرق وغيرها من الأشكال الطبيعية وبالإضافة إلى ذلك هناك أشكال أخرى كثيرة، مثل الإشعاع الكهروضوئي والإشعاع الكهروحراري واللذان سنهتم بدراستهما فيما يلي.[3]

I-5 الظاهرة الكهروضوئية

الظاهرة الكهروضوئية هي إحدى الظواهر العديدة التي يمكن من خلالها انبعاث الكترونات من سطح مادة فمن هذه الظواهر :

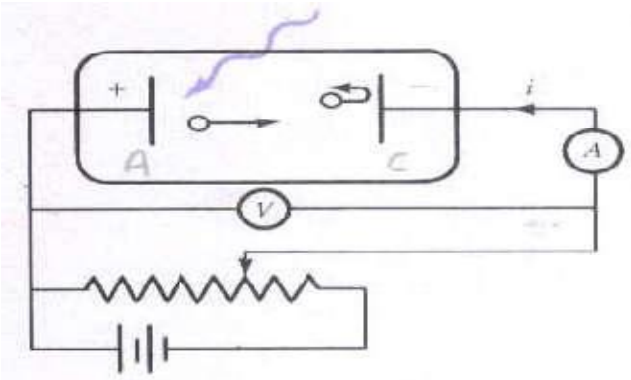
(1) الانبعاث الحراري (2) الانبعاث الثانوي (3) الانبعاث الكهربائي (4)الانبعاث الكهروضوئي.

الظاهرة الكهروضوئية تحدث عند سقوط إشعاع كهرومغناطيسي على سطح معدن فينتج عنه تحرير الكترونات من سطح المعدن .ولتفسير ما يحدث هو إن جزء من طاقة الشعاع الكهرومغناطيسي يمتصها الإلكترون المرتبط بالمعدن يتحرر منه ويكتسب طاقة حركية .وهذه العملية تعتمد على العديد منا لمتغيرات وهي:

- تردد الشعاع الكهرومغناطيسي.
- شدة الشعاع الكهرومغناطيسي.
- التيار الفوتوضوئي الناتج.
- طاقة حركة الإلكترون المتحرر من سطح المعدن.
- نوع المعدن.

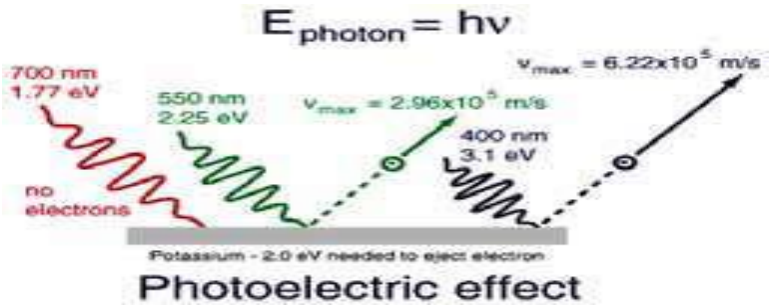
ولفهم تأثير كل عامل من العوامل السابقة فإننا سندرس تأثير العوامل السابقة على التيار الكهربائي الناتج والذي يسمى هنا التيار الفوتوضوئي (photocurrent) لأنه نتج عن تحرير الالكترونات بواسطة الضوء (شعاع كهرومغناطيسي)

•من خلال إجراء عدة تجارب عملية تعتمد على تغيير احد هذه العوامل مع تثبيت الباقي ودارسة تأثيره على التيار الفوتوضوئي وفي الشكل(I – 2) التالي يوضح الجهاز المستخدم لهذا الغرض.



الشكل I– 3: تجربة الظاهرة الكهروضوئية.

عندما يسقط شعاع كهرومغناطيسي أحادي اللون (Monochromatic) على سطح معدن الأنود متصل مع الطرف الموجب للبطارية وموجود داخل وعاء مفرغ من الهواء وذلك لمنع تصادم الالكترونات المتحررة بجزيئات الهواء. عندما تتحرك الالكترونات من سطح المعدن وتتمكن من الوصول إلى اللوح السالب (الكاثود) وفي الأغلب يكون من نفس مادة الأنود فإن تيارا كهربائيا يمر في الدائرة ويمكن قياسه من خلال جهاز الأمبير متر والذي يعبر عن شدة التيار الفوتوضوئي المار في الدائرة وكلما ازدادت عدد الالكترونات المتحررة من سطح المعدن كلما كان التيار الناتج اكبر.(لاحظ هنا أن اتجاه التيار الاصطلاحي في عكس اتجاه حركة الالكترونات).[4]



الشكل I– 4: الفعل الكهروضوئي.

I-6 التأثير الكهروحراري Thermoelectric effect :

اظهر ريتشاردسون Richardscn عام 1901 أن بعض الأجسام إذا سخنت الى درجة حرارة مرتفعة تصدر جسيمات سالبة الشحنة عرفت باسم الإلكترونات .[5]

فالتأثير الكهروحراري هو تحويل مباشر لاختلاف درجات الحرارة الى جهد كهربائي والعكس .

إن تحويل الحرارة مباشرة إلى طاقة كهربائية تحويلاً عكوساً يتم بثلاث ظواهر مترابطة هي: أثر سيبِك وأثر بِلْتِيه وأثر طومسون. أما أثر سيبك فيتعلق بتولد قوة محركة كهربائية (ق.م.ك) في دارة كهربائية مكونة من ناقلين مختلفين جُعلت وُصلتاهما في درجتيْ حرارة مختلفتين. وأما أثر بلتيه فيرتبط بالحرارة المتولدة أو الممتصة في وصلة ناقلين مختلفين عندما يمر تيار كهربائي مستمر في هذه الوصلة. وأما أثر طومسون فيتصل بتولد الحرارة أو امتصاصها في ناقل وحيد يمر فيه تيار مستمر وتتدرج فيه درجة الحرارة تدرجاً منتظماً.[6][7]

I-6-1 تأثير سبيك effect de seebeck

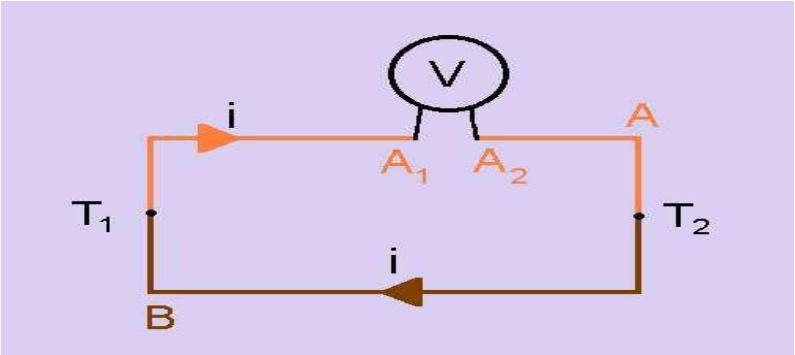
اكتشف سبيك عام 1822م، تولد القوة الكهربائية V_T في دائرة متكونة من موصلين 1 ، 2 مصنوعين من مادتين مختلفتين، وإذا حفظت الوصلتان A، B لهذين الموصلين في درجتي حرارة مختلفتين T_1وT_2فإن هذه القوة تسم بالقوة الدافعة الكهربائية، الشكل(I–4) يوضح ذلك.

وأوضحت التجارب بأنه في مجال ما من درجات الحرارة تكونا لقوة الدافعة الكهروحرارية V_T متناسبة مع الفرق بين درجتي حرارة الوصلتين.[6]

$$V_T = S\,(T_1 - T_2). \qquad (1-I)$$

ثابت التناسب S هنا يحدد من العلاقة :

$$S = \frac{dvt}{dt} \qquad (2-I)$$



الشكل I– 5 : وصف تخطيطي لظاهرة سبيك.

I- 6- 2 أثر بلتيه Peltier effect

إذا مر تيار كهربائي في دائرة تتكون من موصلين1 ،2 من مادتين مختلفتين كما في الشكل (I–5) فإن كمية الحرارة

$$RTQ = I^2 \qquad (3-I)$$

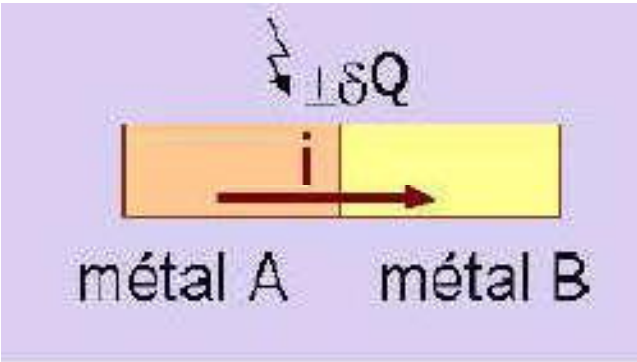
ستتحرر عند الموصلتينB, A حيث t زمن مرور التيار نتيجة لتأثير جول وعندما تتكون الوصلتان لموصلين متماثلين فان هذه الحرارة هي فقط التي ستحرر(عندما لا يوجد اختلاف بين الوصلة وبقية الدائر). لكن في نفس الوقت وبعيدا عن الحرارة المتولدة بتأثير جول ستحرر أو تمتص كمية إضافية من الحرارة عند الوصلة المكونة من مادتين مختلفتين تعمل على تسخين الوصلة في الحالة الأولى أو تبريدها في الحالة الثانية.

هذه الظاهرة اكتشفها بلتيه عام 1834 م وتسمى لذالك تأثير بلتيه والحرارة الإضافية الممتصة تسمى حرارة بلتيه Qp.

وتوضح التجارب أن هذه الحرارة تتناسب طرديا مع شدة التيار I وزمن مروره في الوصلة t

$$Qp = It\,\Pi \qquad (4\text{-}I)$$

ثابت التناسب Π يسمي معامل بلتيه، وتتوقف قيمته على المواد المكونة للوصلة ودرجة حرارتها.[5]



الشكل I– 6: وصف تخطيطي لظاهرة بلتيه.

I-6- 3 أثر طومسون Thomson effect

لنتصور موصلا متجانس AB يتميز بوجود تدرج في درجة الحرارة $\frac{dt}{dx}$ على امتداد طوله يحمل تيارا كهربائيا I لقد تنبأ طومسون نظريا، إن في مثل هذا الموصل وبعيدا عن الحرارة المتولدة بتأثير جول تتحرر أو تمتص كمية إضافية من الحرارة $Q\tau$، تتناسب طرديا مع الزمن t،ويتوقف هذا على اتجاه التيار I

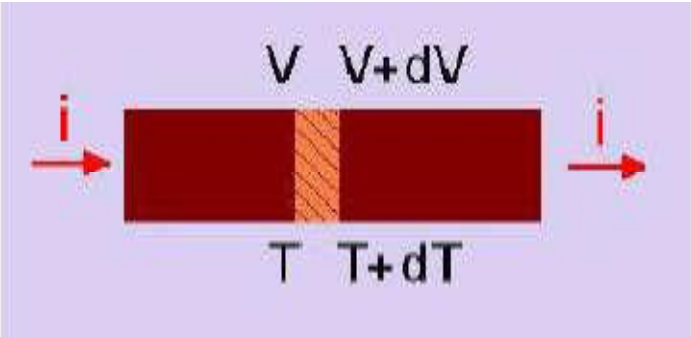
$$Q\tau = \tau I(T_2 - T_1) \qquad (5\text{-}I)$$

كمية الحرارة Qτ تسمى حرارة طومسون وثابت التناسب t يسمى معامل طومسون ويتوقف على مادة الموصل وعلى درجة الحرارة وتبع النظرية طومسون، فإن معاملي طومسون لموصلين يرتبطان بالقوة الدافعة الكهروحرارية التفاضلية بالعلاقة :

$$\frac{ds_{1،2}}{dt}=\frac{\tau_1-\tau_2}{T} \qquad (6-I)$$

تأثير طومسون في الموصل الذي يوجد به تدرج في درجة الحرارة لا يحمل فيض حاملات الشحنة الكهربائية فقط بل والحرارة أيضا، ولنفرض أن التيار في الموصلAB يسري في الاتجاه B إلى الطرف البارد A والالكترونات الساخنة بوصولها إلى المناطق الباردة تعطي طاقتها الزائدة التي تقوم بتسخين الموصل وعندما ينعكس اتجاهه يبرد الوصل.

وفي الحسابات الكمية لتأثير طومسون ينبغي الأخذ في الحسبان أن القوة الدافعة الكهروحرارية المتولدة في الموصل تعمل على رد الالكترونات وتعمل في الحالة الثانية على تعجيلها. هذه القوة الدافعة الكهروحرارية لا تغير مقدار معامل طومسون فحسب بل وإشارته كما هو موضح في الشكل التالي (I-6).[6][7]



الشكل I– 7:وصف تخطيطي لظاهرة طومسون.

I–7 المغناطيسية الكهربائية

I-7-1 المغناطيس الكهربائي

المغناطيس الكهربائي عبارة عن مغناطيس يتولد فيه الحقل المغناطيسي فقط بسبب تدفق تيار كهربائي خلال سلك ما.وعادة ما تصنع المغانط الكهربائية من ملف من السلك بعدد لفات كبيرة لزيادة التأثير المغناطيسي.ويمكن زيادة المجال المغناطيسي الذي ينتجه الملف بوضع مادة مغناطيسية، كقضيب حديدي، داخل الملف. ويتسبب التيار المار خلال الملف في تحول الحديد إلى مغناطيس مؤقت.

I-7–2 توليد مجال كهرومغناطيسي

عندما يمر تيار كهربائي خلال جزء من السلك فانه يتولد مجال مغناطيسي حوله. وعند لف السلك حول قطعة من المعدن، مع ترك القطبين الشمالي والجنوبي مكشوفين يتمغنط المعدن، بحيث يصبح مغناطيسا كهربائيا. وعادة ما يستخدم تجار الحديد مغانط كهربائية ضخمة لالتقاط السيارات القديمة، وعند فصل التيار الكهربائي عن المغناطيس فانه يفقد قوته ويمكن إسقاط السيارة في مكان آخر.

I-7–3 الحقل المغناطيسي

الحقل أو المجال المغناطيسي هو قوة مغناطيسية تنشأ في الحيز المحيط بالجسم المغناطيسي أو الموصل الذي يمر به تيار كهربائي، أو بتعبير أبسط يمكن وصفها بأنها المنطقة المحيطة بالمغناطيس ويظهر فيها أثره (على مواد معينة). فإذا وضعت إبرة مغناطيسية في المجال المغناطيسي ذو قوة ما فإنها توجه نفسها في اتجاه معين في كل جزء من المجال،والخطوط المرسومة في اتجاه الإبرة عند النقط المختلفة تحدد الوضع العام للخطوط التي هي عليها القوة المغناطيسية في المجال.[8]

ويمكن تمثيل الحقل المغناطيسي بخطوط القوى المغناطيسية بحيث تكون كثافة الخطوط لكل وحدة مساحات من عنصر مساحة عمودية على اتجاه القوى وهي مقدار المجال المغناطيسي.ويكون اتجاه المماس لخط القوى عند أية نقطة عليه معطيا اتجاه المجال المغناطيسي B عند تلك النقطة .

تمثل القوة أو شدة المجال المغناطيسي بكثافة الخطوط التي تقطع مساحة متر مربع متعامدة معها،نستطيع أن نقول أيضا أن شدة المجال المغناطيسي هي النسبة بين كثافة الفيض المغناطيسي و النفاذية المطلقة للمادة الموجودة في تلك النقطة أي:

$$H=\frac{B}{\mu}. \qquad (7-I)$$

كلما اقتربنا من السلك ازدادت القوة أو شدة المجال وبذلك ازدادت كثافة الخطوط و أصبحت الدوائر متقاربة. في حين أن المسافة تزداد بين الدوائر وتقل كثافة الخطوط عند الابتعاد عن السلك.

شدة الحقل المغناطيسي لا تعتمد على نوع المادة المتواجدة في المجال،و إنما تعتمد على مصدر المغناطيس فقط،وشدة المجال هي مقدار موجة لها نفس اتجاه كثافة الفيض.

تتوقف شدة الحقل المغناطيسي على كل من شدة التيار الكهربائي I و بعد النقطة عن السلك d حيث يتناسب هاذين المقدارين تناسب طردي مع شدة الحقل المغناطيسي .[8]

I -8 تصنيف المواد من حيث خواصها المغناطيسية

تصنف المواد حسب استجابتها للمجال المغناطيسي إلى ثلاث أنواع هي :

I-8-1 مواد الديا مغناطيسية Diamagnetic

الديا خاصية لكل المواد التي تقاوم المجال المغناطيسي، ففيها تولد الحركة المدارية للالكترونات حلقة تيار مستمر والذي يولد مجال مغناطيسي، وعندما يطبق مجال مغناطيسي خارجي على المواد يميل هذا التيار المستمر إلى معاكسة المجال المغناطيسي، والمواد التي تستجيب هكذا للمجال المغناطيسي تسمى الديا مغناطيسية وهي السلوك المغناطيسي المتبقي عندما تكون المادة ليست فيرومغناطيسية ولا بارا مغناطيسية.

I- 8-2 مواد البارا مغناطيسية Paramagnetic

البارا مغناطيسية عكس الديا مغناطيسية، تظهر بعض المواد مغناطيسية طردية للمجال المغناطيسي المطبق وتتبع هذه المواد قانون كوري حيث

$$M=C\frac{B}{T}. \qquad (8-I)$$

حيث M :المغناطيسية ، C:ثابت كوري، B: الحقل المغناطيسي، T:درجة الحرارة بالكلفن (k)

دوران الإلكترون electron spin يؤدي إلى عزم مغناطيسي magnetic moment وتتصرف مدارات الإلكترون electronorbits مثل حلقات تيار مستمر ينتج مجال مغناطيسي، في أغلب المواد تلغى العزوم المغناطيسية للالكترونات، لكن في المواد التي تصنف أنها بارا مغناطيسية الإلغاء لا يكون كامل.

I-8-3 مواد الفيرو مغناطيسية ferromagnetic

الفيرو مغناطيسية تأثيرها كبير جدا فهي أقوى من الديا و البارا، يظهر الحديد والنيكل وبعض العناصر الأرضية النادرة سلوك مغناطيسي فريد وتتصرف كمواد فيرو مغناطيسية لان الحديد باللغة اللاتينية ferrum، في المواد الفيرو مغناطيسية تظهر الذرات بمجموعات مرتبة والالكترونات غير متعاكسة العزوم فتصطف متوازية بالنسبة لبعضها البعض في منطقة تسمى المجال domain وبداخل هذا المجال يكون المجال المغناطيسي شديد. كل المواد الفيرو مغناطيسية

لها درجة حرارة عالية حيث تختفي هذه الخاصية لها عند الاضطراب الحراري agitation thermique، وتسمى درجة الحرارة هذه بدرجة حرارة كوري، تستجيب المواد الفيرو مغناطيسية ميكانيكيا للمجال المغناطيسي المسلط عليها.[8]

م

GMR

II-1 مقدمة

تعتمد الالكترونيات على قابلية التعامل مع المقاومة الكهربائية (في تطبيقات التيار المتناوب AC)، وفي الواقع أصبحت جميع التطبيقات التي من هذا النوع تستعمل اللف الالكتروني إلى جانب شحنة الإلكترون، لا الاقتصار على شحنته فقط، ويتوقع أن يفتح ذلك أفاق أمام تطبيقات جديدة مثيرة في حقول تمتد من الالكترونيات حتى الحوسبة الكمومية.

II-2 النانو

أصل كلمة النانو جاء من اللغة اليونانية القديمة وتعني قزم (Nano)، وفي مجال العلوم يعني النانو جزءا من مليار (جزء من ألف مليون) فمثلا نانو ثانية (وحدة لقياس الزمن) تعني واحدا على مليار من الثانية الواحدة، وبالمثل يستخدم النانومتر كوحدة لقياس أطوال الأشياء الصغيرة جدا التي لا ترى إلا تحت المجهر (ميكروسكوب) الكتروني، وتستخدم هذه الوحدة للتعبير عن أبعاد أقطار ومقاييس ذرات وجزيئات المواد المركبة والجسيمات المجهرية مثل البكتريا والفيروسات، و النانومتر الواحد يساوي جزءا من ألف مليون(مليار) جزء من المتر وبتعبير آخر فأن المتر الواحد يحتوي على مليار جزء من النانومتر وللمقارنة فأن النانومتر الواحد يعادل قياس طول صف مكون من 13 ذرة من ذارت غاز الهيدروجين إذا ما تخيلنا أنها وضعت متارصة بعضها بجوار البعض يبلغ مقياس أطوال بكتريا الكوليرا نحو1 ماكروميتر وهو ما يعادل 1000نانومتر.[7 ، 15]

II-3 المواد النانوية

يمكننا تعريف المواد النانوية Nanomatériaux بأنها تلك الفئة المتميزة من المواد المتقدمة التي يمكن إنتاجها، بحيث تتراوح مقاييس أبعادها أو أبعاد حبيباتها الداخلية بين 1 نانومتر و 100نانومتر، وقد أدى صغر أحجام ومقاييس تلك المواد إلى أن تسلك سلوكا مغايرا للمواد التقليدية كبيرة الحجم التي تزيد أبعادها على 100نانومتر وان تتوافر بها صفات وخصال شديدة التمييز لا يمكن أن توجد مجتمعة في المواد التقليدية.[11، 12]

وتعد المواد النانوية هي مواد البناء للقرن الحادي والعشرين ولبناته الأساسية والركن الأهم من أركان تكنولوجيات القرن الحادي والعشرين(تكنولوجيا النانو تكنولوجيا الحيوية، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات) والتي تعتبر معيار التقدم وحضارة الأمم ومؤشرا لنهضتها، هذا و تتنوع المواد النانوية من ناحية المصدر، حيث تختلف باختلاف نسبها، كأن تكون مواد عضوية أو غير عضوية أو مواد طبيعية أو مصنعة، هذا وتعد جميع أنواع المواد الهندسية المعروفة مثل العناصر الفلزية وسبائكها (Alliages de métaux)، أشباه الموصلات Semiconducteurs، و الأكاسيد و المعادن Oxydes et métaux .[9]

II-4 تصنيف المواد النانوية وتطبيقاتها

II-4-1 المواد النانوية أحادية الأبعاد

تقع تحت هذه الفئة جميع المواد التي يقل احد مقاييس أبعادها عن 100 نانومتر، وسميت هذه الفئة بالمواد النانوية أحادية الأبعاد (أي التي لها بعد نانوي واحد فقط) ومن أمثله هذه المواد الرقائق أو الأغشية Couches minces مثل المواد النانوية الموظفة في أعمال طلاء الأسطح Surface Nanocoating كمثل التي تستخدم في طلاء أسطح المنتجات الفلزية بفرض حمايتها من التآكل بالصدأ، أو تلك الأفلام رقيقة السمك Films minces المستخدمة في تغليف المنتجات الغذائية بهدف وقايتها من التلوث والتلف، كذلك تصنع مواد أشباه الموصلات المختلفة مثل رقائق السيليكون لتوظيفها في صناعة الخلايا الشمسية.[9]

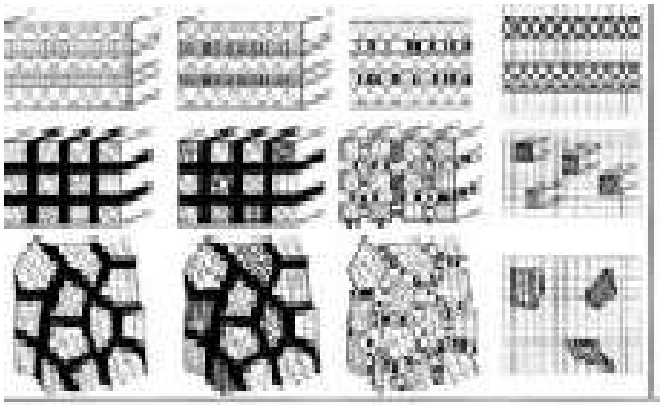
II-4-2 المواد النانوية ثنائية الأبعاد

تقع تحت هذه الفئة جميع المواد التي يقل مقاييس بعدين من أبعادها عن100 نانومتر، وتعد الأنابيب أو الاسطوانات النانوية (Nanotubes) ومنها أنابيب الكربون النانوية و الألياف النانوية وكذلك الأسلاك النانوية (Nanowires) نماذج مهمة لتلك الفئة من المواد، ولم يكن غريبا أن ترشح ترشيح أنابيب الكربون النانوية لان توظف كمواد داعمة ومقوية لقوالب الفلزات لرفع قيم صلادتها وتحسين خواصها الميكانيكية، وعلى الأخص رفع

مقاومتها للانهيار، كما أنها تجمع خواص فريدة أخرى مثل القدرة الفائقة على التوصيل الحراري و الكهربائي، ومن المتوقع استخدام الأنابيب و الأسلاك النانوية في تصنيع مكونات الخلايا الشمسية والشرائح الالكترونية وأجهزة الاستشعار والأجهزة الالكترونية الدقيقة.[9، 11]

II-4-3 المواد النانوية ثلاثية الأبعاد

تمثل الكريات Spheres نانوية الأبعاد، مثل الحبيبات النانوية وكذلك مساحيق الفلزات والمواد السيراميكية فائقة النعومة، أمثلة لهذه الفئة من المواد التكنولوجية المهمة التي نعتت بأنها ثلاثية، نظرا الى مقاييس أبعادها على المحاور الثلاثة X ، Y ، Z تقل عن 100 نانومتر، ومن الجدير بالذكر أن هذه الفئة من المواد النانوية ثلاثية الأبعاد سواء كانت على هيئة حبيبات أم مساحيق فائقة النعومة تتصدر قائمة الإنتاج العالمي من المواد النانوية بوجه عام وذلك نظرا لتعدد استخداماتها في المجالات والتطبيقيات التكنولوجية الحديثة فعلى سبيل المثال تتوافر الآن في الأسواق مساحيق حبيبات نانوية لأكاسيد الفلزات ذات أهمية اقتصادية كبيرة حيث تدخل اكاسيد الفلزات مثل أكسيد السيليكون (SiO_2)، أكاسيد التيتانيوم (TiO_2)، أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3)وكذلك اكاسيد الحديدFe_3O_4 في قطاع صناعة الالكترونات ومواد البناء والطلاء، وكذلك في صناعة الأدوية والأجهزة الطبية الحديثة لتحل بذلك محل المواد التقليدية، ولتساهم في رفع كفاءة وجودة المنتجات.[9، 11]



الشكل II- 1:رسم توضيحي لأنواع المواد النانوية.

II-5 خواص المواد النانوية

II-5-1 الخواص الميكانيكية

تأتي الخواص الميكانيكية للمادة على رأس قائمة الخواص المستفيدة من صغر حجم الحبيبات ووجود أعداد ضخمة من ذرات المادة على أسطحها الخارجية، فعلى سبيل المثال ترتفع قيم الصلادة Dureté للمواد الفلزية وسبائكها، وكذلك تزيد مقاومتها لمواجهة اجتهادات الأحمال المختلفة الواقعة عليها وذلك من خلال تصغير مقاييس حبيبات المادة والتحكم في ترتيب ذراتها، ويؤدي تصغير مقاييس حبيبات المواد السيراميكية إلى اكتسابها المزيد من المتانة وهي صفة لا توجد في مواد السيرميك المعروفة بقاصفتها ومقاومتها للتشكيل.[9]

II- 5-2 الخواص البصرية

إضافة إلى ما سبق شرحه من الخواص المهمة التي تتميز بها المواد النانوية، فقد استحوذت تلك المواد على اهتمام الباحثين والعلماء العاملين في مجال البصريات وذلك نظرا إلى الخواص غير المسبوقة التي تمتلكها تلك المواد،حيث تختلف في خواصها البصرية عن نظائرها من المواد التقليدية كبيرة الحبيبات.

ومن المثير امتداد تأثير حجم الحبيبات إلى تغيير الخواص البصرية للمادة ومنها التشتت أو الانكسار الضوئي لسطح المادة، فعلى سبيل المثال فأن اللون المعروف لحبيبات الذهب النقي التي تزيد أقطارها عن 200 نانومتر هو اللون الذهبي الأصفر الذي نعرفه لكن إذا ما تم تصغير هذه الحبيبات إلى اقل من 20 نانومتر، فأنها تكون عديمة اللون (شفافة) ومع زيادة تصغير الحبيبات تظهر الحبيبات بألوان مختلفة من الأخضر إلى البرتقالي ثم الأحمر، وذلك وفقا لمقاييس أبعاد أقطارها. وينعكس تصغير أحجام حبيبات الذهب على قدرة تلك الحبيبات لمقاومة الانكسار الضوئي وجمعها بين انبعاث طيفي ضيق المدى وطيف استثارة واسع المدى.

ويعد مجال الالكترونيات والبصريات احد أهم المجالات التطبيقية الخاصة بالمواد النانوية التي تجمع في خواصها صفات بصرية وقدرة فائقة على التوصيل الكهربائي، حيث تستخدم هذه المواد في صناعة الشاشات عالية الدقة فائقة التباين ونقاء الألوان، مثل شاشات التلفاز والحاسبات الحديثة.

II-5-3 الخواص المغناطيسية

تعتمد قوة المغناطيس اعتمادا كميا على مقاييس أبعاد حبيبات المادة المصنوع منها المغناطيس، وكلما صغر تتلك الحبيبات وتزايدت مساحة أسطحها الخارجية ووجود الذرات على تلك الأسطح، كلما ازدادت قوة وفعالية المغناطيس وشدته. وتعد المواد النانوية ذات الخواص المغناطيسية أهم مصادر المواد التي تدخل في إنتاج المغناطيسيات فائقة الشدة المستخدمة في المولدات الكهربائية الضخمة. ومحركات السفن والبواخر العملاقة، كما تدخل الحبيبات النانوية للمواد المغناطيسية في صناعة أجهزة التحميل فائقة الدقة و كذلك في صناعة أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي وكذلك في أجهزة التشخيص الطبي بشكل عام.

II- 5-4 الخواص الكهربائية

أثر تناهي صغر أحجام حبيبات المواد النانوية وكثافة أعداد الحدود الحبيبية بالإيجاب على خواصها الكهربائية التي تتمثل بقدرتها الفائقة على توصيل التيار الكهربائي. وتستخدم المواد النانوية الآن في صناعة أجهزة الحساسات الدقيقة والشرائح الالكترونية بمختلف الأجهزة الحديثة، كما تستخدم في صناعة مكونات الهواتف الخلوية والحاسبات،مما مكن هذه القطاعات الصناعية من إنتاج أجهزة خفيفة الوزن عالية المواصفات التقنية وفي الوقت نفسه منخفضة التكلفة. ويأتي التأشير الكمي على تلك الحبيبات النانوية متناهية الصغر ليحسن ويعزز من تلك الخواص والخصال وذلك وفق النظرية ميكانيكا الكم التي جاءت لتصحح قوانين نيوتن الكلاسيكية.[9]

II-6 علم النانو وتكنولوجيا النانو

II-6 -1 علم النانو

يقصد به ذلك العلم الذي يعتني بدراسة وتوصيف مواد النانو وتعيين خواصها وخصائصها الكيميائية والفيزيائية، والميكانيكية مع دراسة الظواهر المرتبطة الناشئة عن تصغير أحجامها، وغني عن البيان أن تصغير أحجام ومقاييس المواد إلى مستوى النانومتر ليس هدفا بحد ذاته بل هو وسيلة وسبيل لتحسين الخواص المختلفة للمادة تمكننا من توظيف التأثير الكمي المكتسب لدى تلك المواد النانوية والذي يتعاظم بصغر حبيباتها ليهيمن على سلوكها ويعمل على تحسين صفاتها وخواصها البصرية والكهربائية والمغناطيسية وجميع الخواص الأخرى بشكل غير مسبوق ومتميز،بالإضافة إلى أن هذا التصغير في الحجم احدث انقلاب نوعي وعلمي على كلاسيكيات وثوابت النظريات الفيزيائية والكيميائية، يهدف إلى إنتاج فئة جديدة من المواد تعرف باسم المواد النانوية لتتناسب خواصها المتميزة مع متطلبات التكنولوجيا المتقدمة للغرض التطبيقي المراد، وانطلاقا من هذا المفهوم فأن تطبيقات تكنولوجيا النانو لا تقتصر على فرع واحد بعينه من فروع العلوم أو الهندسة أو الطب، بل تمتد تطبيقاتها لتشمل جميع الفروع والتطبيقات . يخطأ من يتصور أن تكنولوجيا النانو هي مجرد أداة أو وسيلة للحصول على منتج متميز، ولعل من الأنصاف أن تعرف بأنها أرقى من هذا بكثير، فكما ذكرنا من قبل انه في غياب تلك التكنولوجيا وتقنياتها ما كان لنا أن نحقق تلك الطفرات الجبارة والقفزات العملاقة في عالم الاتصالات والمعلومات .في غياب تكنولوجيا النانو لم يكن للعالم أن يحقق تلك الانجازات المتلاحقة في عالم الطب والدواء ومكافحة السرطان ودحره، ولم يكن في استطاعة العالم أن يتحدث عن أماكن توظيف الخلايا الشمسية وتصنيع بطاريات الهيدروجين لولا تلك الانجازات التكنولوجية الرائدة التي سخرتها لنا تكنولوجيا النانو في مجال توليد الطاقة المتجددة و الجديدة.[9]

II-6-2 تكنولوجيا النانو

يمكن تعريفها بأنها تلك التكنولوجيا المتقدمة القائمة على تفهم ودراسة علم النانو والعلوم الأساسية الأخرى فهما عقلانيا وإبداعيا مع توافر المقدرة التكنولوجية على تصنيع المواد النانوية والتحكم في بنيتها الداخلية عن طريق إعادة هيكلة وترتيب الذرات والجزيئات المكونة لها مما يضمن الحصول على منتجات متميزة وفريدة توظف في التطبيقات المختلفة. وبهذا أضحت تكنولوجيا النانو علم واسع بالإنجازات العلمية المثيرة للعلوم الأساسية والهندسية والطبية وغيرها من أفرع العلم و المعرفة.

ولم تكن لتكنولوجيا النانو أن تبلغ ما وصمت إليه اليوم إلا من خلال اختراع وابتكار عدة تقنيات فريدة كان من شأنها أن تمكن تلك التكنولوجيا من التحكم في البنية الجزئية Structure moleculaire والتلاعب بذرات المادة وتصميمها وفق البوليمرات Polymers تعد المواد الأولية التي تعتمد عليها تكنولوجيا النانو في تحضير وإنتاج المواد والأجهزة النانوية وتمنح المادة الصفة (النانوية) إذا ما كانت مقاييس أحد أبعادها بعد واحد على الأقل ما دون 100نانومتر.

ربما لم تحظ أي تكنولوجيا سابقة باهتمام وترقب كمثل الذي حظيت به تكنولوجيا النانو Nanotechnologie التي تعد وبحق تكنولوجيا القرن الحادي والعشرين، والمفتاح السحري للتقدم والإنماء الاقتصادي المبني على العلم والمعرفة.[7]

II-7 اللف الذاتي

II- 7-1 تعريف:عندما تتحرك جسيمات أولية محددة ضمن حقل مغناطيسي فإنها تنحرف بطريقة تدل بأن لها خصائص المغانط الصغيرة، ووفقا لقوانين الفيزياء الكلاسيكية يكون للأجسام المشحونة الدوارة حول نفسها، أي تملك لفا ذاتيا، خصائص مغناطيسية تتشابه كثيرا مع تلك التي لدى الجسيمات الأولية.

ولأن الفيزيائيين يعشقون التشبيه، فقد اعتبروا أن للجسيمات الأولية لفا ذاتيا "سبين ".

لكن هذا التشبيه يفتقد لدقة، كما انه يستدعي تصورا مغلوطا للإلكترون على انه جسيم صغير يدور حول نفسه، لذا علينا أن نرضى بقبول الحقائق المرصودة بأن الإلكترون ينحرف ببساطة لدى تعرضه لحقل مغناطيسي، ولو أن أحدا أصر على تشبيهه بالجسيم الدوار، فستبرز مجموعة من التناقضات، منها أن الإلكترون خلافا لكرة صغيرة مقذوفة مثلا لا يغير اتجاه دورانه أبدا، وليس لدورانه أساسا إلا اتجاهين فقط . كذلك فان فكرة أن الإلكترون والبروتون هما " جسيمان " صلبان يمكنهما " الدوران " في الفراغ لا يمكن إن تصمد إذا ما أخذنا بالحسبان ما نعرفه من قواعد ميكانيكا الكم.ومع ذلك بقية مصطلح " اللف الذاتي " مستخدما.[10]

II- 7-2 خلفية تاريخية

مع بداية عشرينيات القرن العشرون، أجرى العالمان أوتوشتيرن ottostern و فالترغيرلاخ walthergerlach من جامعة هامبورغ، مجموعة من التجارب الهامة على حزمة من الجسيمات الذرية، فمن المعلوم لديهم إن جميع الشحنات المتحركة تولد حقولا مغناطيسية، وحاولوا بناء على ذلك قياس الحقل المتولد عن دوران الإلكترون حول النواة في الذرة، ما أثار دهشة العالمين اكتشافهم أن الالكترونات تتصرف وكأنها تدور حول نفسها بسرعة كبيرة، ما يؤدي الى نشوء حقول مغناطيسية ضئيلة جدا، مستقلة عن الحقول الناجمة عن حركتها المدارية حول النواة. فأصبح مصطلح " اللف الذاتي " مستخدما لتوصيف هذا الدوران الظاهري للجسيمات دون الذرية.

يعد " اللف الذاتي " كمية فيزيائية غريبة،فهي تشبه دوران الكواكب حول نفسها، إذ يعطي للجسيم عزما زاويا ويولد حقلا مغناطيسيا ضئيلا يسمى بالعزم المغناطيسي، واستنادا الى أحجام الجسيمات المعروفة، ينبغي لسطح هذه الجسيمات أن يتحرك بسرعة تفوق سرعة الضوء ليكون بالإمكان توليد مثل هذا الحقل المغناطيسي الذي ينتج عنه العزم المغناطيسي المقاس، كذلك فان للف الذاتي قيمة مكماة، بمعنى أن له قيما منفصلة محددة. تؤدي جميع هذه العوامل الى أن يكون " اللف الذاتي " واحدا من أكثر المفاهيم إثارة للجدل في ميكانيكا الكم.

يكون " اللف الذاتي " بالمعنى الواسع خاصية أساسية تؤثر في ترتيب الالكترونات والنوى في الذرات والجزيئات، ما يعطيه أهمية فيزيائية كبرى في فيزياء الجسم الصلب والكيمياء. ويجب اخذ " اللف الذاتي " بعين الاعتبار في جميع التأثرات (التفاعلات المتبادلة) بين الجسيمات دون الذرية ، سواء في حزم الجسيمات ذات الطاقة العالية ، إما الموائع المنخفضة درجة الحرارة،إما التدفق الرقيق للجسيمات من الشمس والمعروف باسم الرياح الشمسية. وفي الحقيقة فان العديد، إن لم يكن معظم العمليات الفيزيائية، التي تمت من المقاييس النووية الأصغر وحتى المسافات الفلكية إلا بعد تعتمد بشكل كبير على تأثر الجسيمات دون الذرية و" اللف الذاتي " لهذه الجسيمات.[10]

II- 7- 3 خلفية علمية

يمثل" اللف الذاتي" العزم الزاوي الكلي، أو العزم الزاوي الداخلي، للجسم. يشبه "اللف الذاتي " للجسيمات الأولية " اللف الذاتي " للأجسام الكبيرة فمثلا عزم اللف الذاتي لكوكب ما هو مجموع قيم عزوم اللف الذاتي و المعزوم المدارية لجميع جسيماته الأولية والبروتونات التي تتكون من الكواركات.

يأخذ العزم الزاوي في الفيزياء الكلاسيكية قيما ضمن مجال مستمر في حين يأخذ في الميكانيكا الكمومية قيما منفصلة، هي مضاعفات ثابت بلانك مقسوما على أربعة أضعاف العدد (π). اقترح نيلز بور Niels Bohr في العام 1913م أن يكون العزم الزاوي مكمما، واستفادة من هذه الفكرة في تفسير طيف الهيدروجين. وفقا لفهمنا الحالي، فان الجسيمات الأولية هي : الكواركات واللبتونات كالالكترونات مثلا والبوزونات كالفوتونات مثلا.

ثلاثة جسيمات نتصور أنها نقطية، لذا يطرح التساؤل : كيف يمكن إن يكون لها "لفا ذاتيا " ؟ الجواب الأسهل هو اعتبارها جسيمات مركبة، ولكن بعض الأسباب النظرية العميقة تدفعنا لافتراض وجود اللف الذاتي للجسيمات. تتعلق هذه الأسباب النظرية بعدم تغير قوانين الفيزياء التي تصف تفاعلات هذه الجسيمات في حال نظرنا للجسيمات من زاوية مختلفة (أو في حال دورنا جملة الجسيمات بزاوية ما). ومن الأهمية بمكان الإشارة الى الفارق بين الفيرميونات، وهي جسيمات ذات قيم "للف الذاتي " تساوي نصف أمثال صحيحة من ثابت بلانك (مقسوما على 2π) تخضع الفيرميونات لمبدأ الاستبعاد الذي وضعه باولي Pauli، وينص على انه لا يمكن لجسيمين من

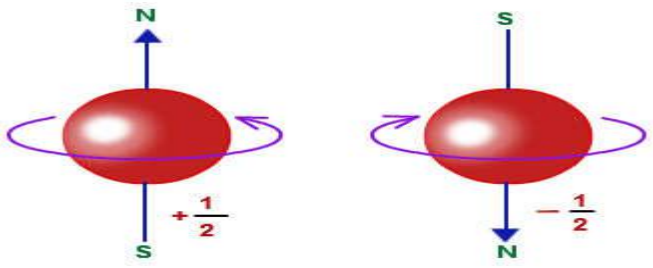
الفيرميونات أن يكونا في الحالة الكمومية نفسها. ولولا مبدأ الاستبعاد ما كانت الكيمياء لتفاخر بالجدول الدوري. ومن ناحية أخرى فان البوزونات تميل للاحتشاد في الحالة الكمومية نفسها، ما يؤدي الى ظواهر قبيل الناقلية الفائقة أو كثافة بوز– اينشتاين.

استخدم " اللف الذاتي " نموذجا لغيره من المفاهيم الأكثر تجريدا والتي ظهرت باعتبارها خصائص رياضية للعزم الزاوي دون أن يكون لها تشبيه تقليدي بسيط فعلى سبيل المثال، يستخدم " اللف الذاتي النظائريSpin isotopique " في الفيزياء النووية لدلالة على إحدى حالتي النوكليون، أي البروتون أو النيوترون.وبالمثل فان الكواركات تقترن على شكل أزواج ذات لف ذاتي نظائري، فيكون لدينا كوارك علوي up وكوارك سفلي down وهما الكواركان اللذين يشكلان المادة العادية. إن فكرة التناظر الدوراني للقوانين الفيزيائية وعدم تغيرها عند النظر للجملة من زاوية مختلفة كما ذكرنا تم تعميمها لتتضمن تناظرات دورانية في أبعاد مختلفة عن الأبعاد المكانية والزمنية المألوفة لدينا في حياتنا اليومية.[10]

II-8 اللف الالكتروني

إن أصل كلمة الكترونات اللف (Spintronique) جاءت من إلكترونات انتقال اللف spin Transport (électronique) وهي كذلك تسمى بالالكترونات المغناطيسية (Megnetoelectronics).

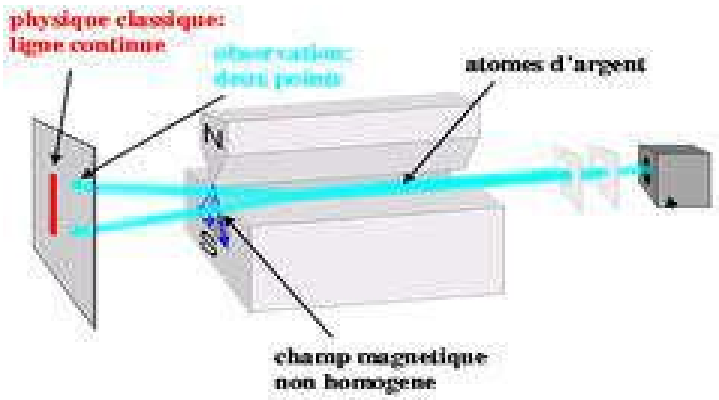
من المعروف أن للإلكترون شحنة سالبة وقد اتضح أن دوران الإلكترون حول نفسه يولد عزما مغناطيسيا يمكن أن ياخد فقطا حد القيمتين $S=\pm ½$ وذلك حسبا تجاه الحقل المغناطيسي، كما يصطلح على دوران الإلكترون حول فسه في عكس اتجاه عقارب الساعة بالإلكترون ذوا للف العلوي(spin up) إما دورانه في اتجاه عقارب الساعة فيصلح عليه بالإلكترون ذو اللف السفلي (spin)down .



الشكل II– 2: اللف العلوي والسفلي للإلكترون.

تم اكتشاف وجود اللف الذاتي من خلال تجربة ستيرن–جيرلاش الشكل(II–3)عام 1922م وذلك نسبتا للباحثين الألمانيين أوتوستيرن والترجيرلاش بفرانكفورت حيث تمت التجربة باستخدام ذرة الفضة، ولاحظا انحراف حزمة الذرات الى قسمين نتيجتا لوجود لف ذاتي للذرة.

وتواصلت الأبحاث الى غاية عام 1925م أين تم اكتشاف اللف الذاتي للإلكترون.[1]



الشكل II- 3: تجربة (ستيرن–جيرلاش) .

ويعبر عن اللف الذاتي للإلكترون بالعدد الكمي المغزلي، وهو من الأعداد الكمومية الأربعة المتعلقة بمعادلة شرودينغر الموجية (والتي وضعها العالم النمساوي أرفين شرودينغر عام 1926م والتي تحدد احتمالات تواجد الإلكترون بالذرة.

وللتذكير فالأعداد الكمومية الأربعة هي:

العدد الكمي الرئيسي n

العدد الكمي المداري l

العدد الكمي المغناطيسي m

العدد الكمي المغزليS

مبادئ أولية:

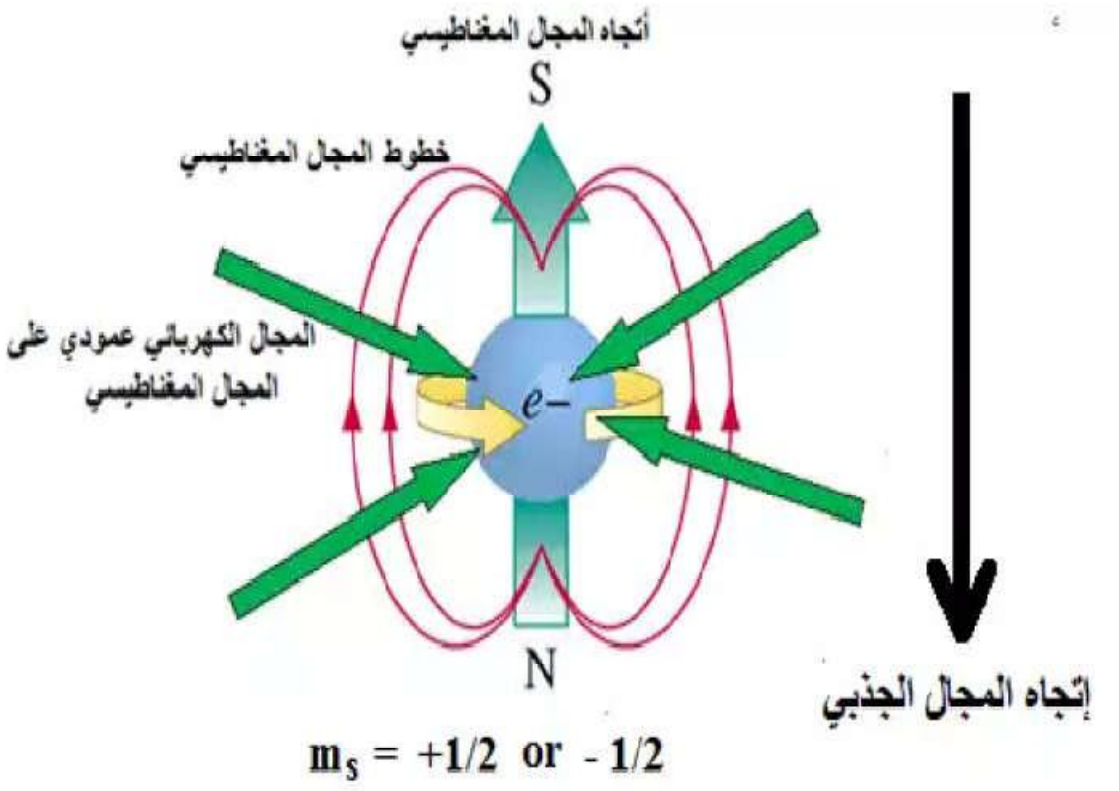
جميعنا نعلم بأن للإلكترون ثلاثة صفات أساسية، أنظر الشكل(II-4)

- له كتلة تتفاعل مع المجال الجذبي.

- له شحنة تتفاعل مع المجال الكهربائي.

-له عزم مغناطيسي بسبب اللف (spin) لذا يتفاعل مع المجال المغناطيسي.

وهذه الصفة الأخيرة هي التي سوف تلعب دورًا مهمًا فيما نسميه إلكترونيات اللف، ومن هنا فإن جميع الصناعات الإلكترونية كانت ولازال بعضها يعتمد على الشحنة و كثافة الشحنة الإلكترونية ولم ينظر إلى الدور الذي يلعبه (spin) الإلكتروني في عالم الإلكترونيات.



الشكل II– 4: المجالات المؤثرة على جسيم الإلكترون.

وبذلك يبرز هنا سؤال مهم ألا و هو لماذا التفكير باللف الالكتروني؟ الإجابة على هذا السؤال في النقاط الآتية:

- لأنه تحدي جديد في علم الكترونيات الفيزياء.

- لأنه يعرض لنا احتمالية تعزيز الوظيفة وسرعة الاستجابة وتقليل في استهلاك الطاقة.

- زمن حياة اللف نسبيًا أطول.

II-9 علم اللف المغزلي أللالكتروني (Spintronique)

سابقا وفي دراسات علوم المواد والالكترونيات كان التعامل مع الإلكترون دون الأخذ بعين الاعتبار لفه المغزلي، أو بعبارة أخرى تم إهماله. لكن صحيح أن هذا الإهمال مكن من التقدم في العلوم والتكنولوجيا لكنه كلف غاليا كمثال

بسيط ففي عام1955م كنا نخزن بالأقراص الصلبة حوالي $500bits/cm^2$ أما حاليا فإننا نخزن أكثر من $100000000000bits/cm^2$

وكل هذا بفضل علم اللف الالكتروني المغزلي، ويعتبر هذا العلم من مواضيع البحث الحديثة وبدأ تناوله في نهاية الثمانينات، وكان أول من وضع على السكة هذا العلم الباحث" البرت فارتَ" (Albert Frt) بجامعة اورساى (Orsay) بفرنسا سنة 1988م وذلك باكتشافه للمقاومة المغناطيسية العظمى magnétorésistance) (géant والتي اشتهرت باسم (GMR).

وقبل الدخول في تفاصيل هذا الاكتشاف وغيره من التطبيقات نستعرض أساسيات هذا العلم.[1]

II-9 -1 أساسيات علم اللف المغزلي الالكتروني

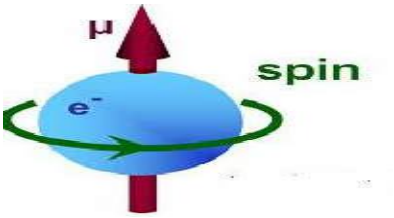
من الآن وصاعدا وعندما نتكلم عن التيار كهربائي في المادة فيجب أن نحدد أي تيارا هذا، هل هو التيار الكهربائي الناتج عن حركة الالكترونات ذات اللف المغزلي العلوي أما الذي هو ناتج عن حركة الالكترونات ذات اللف المغزلي السفلي.

وهنا يطرح التساؤل التالي: هل عدد الالكترونات ذات اللف العلوي بالمادة تتساوى مع عدد الالكترونات ذات اللف السفلي ؟

ومن هنا ندخل الى الأساسيات.[1]

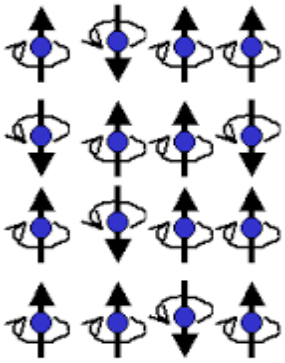
II-9-1-1 أصل المغنطة

يرجع أصل المغنطة في المواد المغناطيسية (ferromagnétiques) الى اللف المغزلي للالكترونات، حيث جراء دوران الالكترونات حول نفسها ونظرا لشحنتها السالبة فإنها تولد حقلا مغناطيسيا.



الشكل II– 5 : المغنطة في المواد المغناطيسية

وبالتالي فان الإلكترون يعتبر في حد ذاته مغناطيسا، واتجاه هذا الحقل المغناطيسي يكون اما الى الأعلى أو الى أسفل حسب اتجاه اللف المغزلي، وهذا يعني انه عند التقاء إلكترونين مختلفين في اللف فان حقلاهما المغناطيسيان يتنافيان.



الشكل II– 6: اتجاه الحقل المغناطيسي.

ومنه نصل إلى هذه الحقيقة وهي أن في المواد الممغنطة تكون فيها عدد الالكترونات ذات اللف المغزلي العلوي غير متساوية مع عدد الالكترونات ذات اللف المغزلي السفلي.

وفي المقابل المواد الغير الممغنطة (سواء كانت معدنية، نصف ناقلة أو عازلة)تكون عدد الالكترونات ذات اللف المغزلي العلوي متساوية مع عدد الالكترونات ذات اللف المغزلي السفلي.

II-9-1-2 انحفاظ اتجاه اللف المغزلي الالكتروني

خلال انتشار الالكترونات بالمعادن وبالرغم من وجود العيوب البلورية (الشوائب،الفرغات،الإنزلاقات) إلا أننا نهمل أي انقلاب في اتجاهات اللف المغزلي للالكترونات،كما يؤدي هذا الانتشار الى تولد تيارين كهربائيين على التوازي، وينسب هذا التقريب الى الباحث"موت" (Mott). [1].

II-9-1-3 انتشار الالكترونات مرتبط بلفها

نظرا لاختلاف عدد الالكترونات ذات اللف العلوي عن عدد الالكترونات ذات اللف السفلي يتشكل حقل مغناطيسي محلي وذلك بالمواد الممغنطة (كالحديد،الكوبالت،النيكل...) وبالتالي فان انتشار الالكترونات في هذه المواد سيكون حسب لفها الغزلي أي هل هو موازي تماما (parallèle) للحقل المغناطيسي المحلي بالمادة ام موازي عكسا (antiparallèle) .

II-9-1-4 تراكم اللف المغزلي بالمناطق البينية

أثناء مرور حزمة من الالكترونات (تيار كهربائي) من مادة ممغنطة الى مادة غير ممغنطة فإنها ستتشكل منطقة بينية عازلة تتراكم بها الالكترونات، وحصيلة الالكترونات ذات اللف العلوي والسفلي في هذه المنطقة ليست بقدر الاختلاف كالمادة الممغنطة ولا هي متساوية كالمادة غير الممغنطة. [1]

II-10 ظواهر اللف المغزلي الالكتروني

II-10-1المقاومة المغناطيسية العظمىGMR (Magnétorésistance Géant)

اكتشف بايبيتش (Baibich) وزملاؤه مفعول المقاومة المغناطيسية العملاقة في عام 1988م، ووجدوا في منظومات الحديد والكروم Fe-Cr المتعددة الطبقات، التي تساوي فيها سماكة الطبقة نحو10 A°أنه عندما يطبق حقل خارجي في مستوى الطبقات تنشأ مقاومة مغناطيسية تصل الى 40 %عند درجة حرارة الغرفة، حيث يمر التيار الكهربائي في مستوى الطبقات. وقد لوحظ ذلك عندما اختيرت سماكة الكروم Cr بعناية لتعزيز الربط المغناطيسي الحديدي المضاد بين الطبقات الحديد المتتالية. وفي حالة غياب الحقل الخارجي، وجدت في طبقات الحديد المتتالية مغناطيسية متوازية متعاكسة، وكانت مغناطيسية كل طبقة في مستوى الطبقة، وبتطبيق حقل قوي بقدر كاف (من رتبة بضعة ألاف الاورستد) في مستوى الطبقات، تصطف مغناطيسية جميع الطبقات في تشكيلة متوازية. وقد وجد أن للمقاومة مركبة تعتمد على الزاوية النسبية θ بين اتجاه مغنطة الطبقات المتتالية :

$$R= R_0+\frac{\Delta R}{2}[1-\cos\theta]. \qquad (1-II)$$

حيث R هي المقاومة الصغرى(للتشكيلة المتوازية) .لاحظ أن هذه العلاقة تتضمن جيب التمام . لقد أدركت الأهمية التجارية الكامنة في المقاومة المغناطيسية العملاقة لمحسنات المسجلات المغناطيسية سريعا. إلا أن إحدى المشاكل التي ظهرت في الاكتشاف الأصلي هي أن الحساسية للحقول الخارجية كانت منخفضة الى حد ما، فقد لزمت حقول من رتبة الـ 10000 اورستد لتغيير المقاومة تغييرا واضحا في منظومة متعددة الطبقات.لكن اخترع ديني(Dheny) وزملائه لصمام التدويم (spin valve) حل هذه المشكلة. وتجلى التحسين الثاني لرؤوس القراءة المغناطيسية واكتشاف مفعول المقاومة المغناطيسية العملاقة في الـ Cu-Co المتعددة الطبقات، ونستعمل اليوم في مصمامات التدويم التجارية طبقات مغناطيسية جديدة من خليط مع طبقات فاصلة من النحاس.[13]

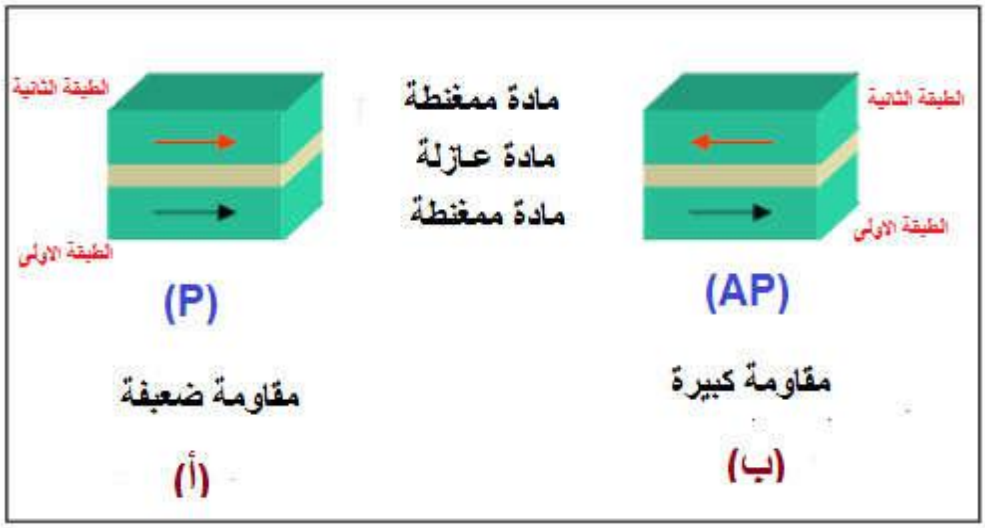
II-10-2 المقاومة المغناطيسية للنفق (Magnétorésistance Tunnel) TMR

لوحظت المقاومة المغناطيسية النفقية (في بعض الحالات) عندما فصلت طبقتان مغناطيسيتان حديديتان بواسطة حاجز عازل. إذا كان الحاجز رقيقا كفاية، أمكن للالكترونات عبور الحاجز نفقيا حين تطبيق فرق كمون كهربائي عليه، وإذا جرى تغيير التوجيه النسبي لمغناطيسية الطبقتين الحديديتين أمكن التعبير عن المقاومة المغناطيسية عبر الحاجز بـ :

$$R= R_0+\frac{\Delta R}{2}[1- \cos\theta] \qquad (2\text{-II})$$

حيث θ هي الزاوية بين مغناطيسية الطبقتين،وR_0 هي المقاومة الصغرى في التشكيلة المتوازية، تشابه هذه المعادلة التي تصف المقاومة المغناطيسية النفقية كثيرا تلك التي تصف المقاومة المغناطيسية العملاقة، لكن فيزياء المفعولين مختلفة كثيرا، وبرغم أن اكتشاف المقاومة المغناطيسية النفقية حصل في أواسط ستينات القرن الماضي. فقد انقضت مدة طويلة قبل رصدها عند درجة حرارة الغرفة. أما حاليا فيمكن الحصول على نسبة مقاومة مغناطيسية تتخطى الـ 40 % عند درجة حرارة الغرفة باستعمال طبقات مغناطيسية من خليطة CoFe يفصل بينهما حاجز نفقي مكون من أكسيد الألمنيوم. ومن الواضح أن هذه النسبة العالية من المقاومة المغناطيسية تجعل رؤوس القراءة على المقاومة المغناطيسية النفقية مهمة وخلفا محتملا لرؤوس القراءة على المقاومة المغناطيسية العملاقة.

كما هو موضح في الشكل أسفله، فباستخدام طبقتين ممغنطتين تتوسطهما طبقة عازلة يمكننا ملاحظة المقاومة المغناطيسية للنفق حيث نثبت اتجاه تمغنط الطبقة الأولى أما الطبقة الثانية فبإمكاننا التحكم في اتجاه تمغنطها نسبتا لتمغنط الطبقة الأولى، فأما موازي تماما (parallèle) للحقل المغناطيسي المحلي بالطبقة الأولى أو موازي عكسا (antiparallèle).[13]



الشكل II– 7: المقاومة المغناطيسية للنفق TMR.

فلما يصل التيار الكهربائي الى الطبقة الأولى فان الالكترونات التي عزم لفها المغزلي في نفس اتجاه مغنطة الطبقة هي التي تمر فقط. وبالتالي تتراكم بالمنطقة العازلة مشكلتا نفقا في انتظار مصيرها:

فإذا كانت الطبقة الثانية تمغنطها متوافق مع هذه الالكترونات المتراكمة فإنها تمر عبر ذات النفق وتكون عندها المقاومة المغناطيسية ضعيفة/الحالة (P). أما إذا كانت الطبقة الثانية تمغنطها عكس الالكترونات المتراكمة فإنها لا تمر و بالتالي فلا يوجد تيار وتكون المقاومة المغناطيسية كبيرة/الحالة (AP).[1]

II-11 المقاومة المغناطيسية العملاقة في أغشية رقيقة متعددة الطبقات : Giant magnetoresistance in multilayered thin film

سوف نستقصي ألان مفعول المقاومة المغناطيسية العملاقة GMR في أغشية رقيقة متعددة الطبقات، بشيء من التفصيل. يمكن ترتيب الطبقات المتعددة بحيث تكون عزوم الطبقات المغناطيسية المتتالية مصطفة بتواز متعاكس حين انعدام الحقل المغناطيسي.

وبتطبيق حقل خارجي قوي بقدر كاف، تصطف مغناطيسيات جميع الطبقات المغناطيسية الحديدية، وبمرور تيار في تشكيلة تيار في المستوي (CPPPerpendicular to Plane) أو تشكيلة التيار في المستوي (Current-In-Plane CIP)، تتغير المقاومة تبعا للتوجه النسبي للمغناطيسية في طبقات المتتالية، مع تغيير مرافق في التيار (حين تطبيق جهد ثابت).

II-11-1المقاومة المغناطيسية العملاقة في تشكيل التيار في مستوي CIP –GMR

في حالة التيار في المستوي CIP، يكون الحقل الكهربائي منتظما على طول الاتجاه الذي في المستوي، وأحد جوانب تشكيلة التيار في المستوي التي من السهل نسبيا فهم المقاومة المغناطيسية العملاقة فيها هو ذاك الذي يكون فيه متوسطا المسارين الحرين المرنين $\ell\uparrow$ و$\ell\downarrow$للفين العلوي والسفلي اكبر كثيرا من سماكة الطبقات، حينئذ تخترق الالكترونات عدة طبقات وسطيا دون أن تتبعثر في أثناء انتقالها على طول الاتجاه الذي في مستوي. وحينئذ تكون المقاومة التي تساهم بها كل قناة اللف متناسبة مع معدل التبعثر الفعال في كل قناة. دعنا نعطي معدل البعثرة الوسيطي في كل طبقة Co/Cu متكررة الرمزين $1/\tau\uparrow$ و$1/\tau\downarrow$ للفات التي هي محليا أكثرية (علوية) وأقلية (سفلية) في التشكيلة المتوازية P، تكون مقاومة قناة اللف الأكثرية ($R\uparrow$) وقناة اللف الأقلية ($R\downarrow$) متناسبة حينئذ مع $1/\tau\uparrow$ و$1/\tau\downarrow$. وينجم التيار الذي تساهم به قناة اللف على التوازي فتساوي مقاومة المنظومة الكلية عندئذ :

$$R_{(P)}=\frac{R\uparrow R\downarrow}{R\uparrow+R\downarrow}. \qquad (3-II)$$

أما في تشكيلة التوازي المتعاكسة (AP)، فسوف يساوي معدل البعثرة الوسطى لكل قناة $\frac{1}{2}[1/\tau\downarrow+1/\tau\uparrow]$، لان كل قناة اللف هي لف أكثري في نصف طبقات الـ Co، لف اقلي في النصف الأخر. ونتيجة لغياب التبعثر بانقلاب اللف تنقل قناة اللف التيار على التوازي، وتكون مقاومة المنظومة الكلية:

$$R_{(AP)}=\frac{1}{4}\,[R\uparrow+R\downarrow] \qquad (4-II)$$

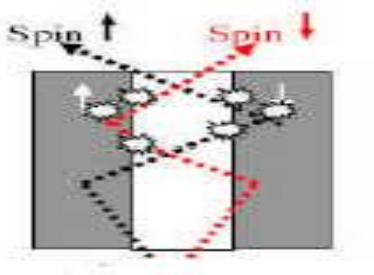
ويكون التغير في قيمة المقاومة حين الانتقال من التشكيلة P الى التشكيلة AP مساويا لـ :

$$\Delta R=R_{(AP)}-R_{(P)}=\frac{(R\uparrow-R\downarrow)^2}{4(R\uparrow+R\downarrow)}. \qquad (5-II)$$

وتعطى نسبة المقاومة المغناطيسية العملاقة ، التي تعرف بـ :

$$GMR=[\,R_{(AP-)}R_{(P)}\,]/\,R_{(P)} \qquad (6-II)\ .$$

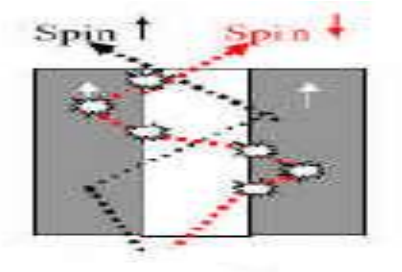
الحالة1:مغنطة طبقتي الحديد متعاكستين في الاتجاه و التيار مار موازيا CIP(AP)



الشكل II– 8: الحالة CIP(AP)

وهنا تكون حركة الالكترونات عشوائية في البداية حيث تتخبط في اتجاه حركتها مابين الطبقتين وجراء هذا التخبط فان جميع الالكترونات سواء كان لفها علويا أو سفليا تتعرض للمقاومة، وفي الأخير الالكترونات التي تمكنت من الوصول الى أخر المسار فإنها ستخرج من الطبقة التي تمغنطها يتوافق مع لفها المغزلي الذاتي.

الحالة2: مغنطة طبقتي الحديد في نفس الاتجاه والتيار مار موازيا CIP(P)



الشكل II– 9 : الحالة CIP(P)

هنا ونظرا لكون الطبقتين لهما نفس التمغنط فانه أكيد احد الإلكترونين سيمر بدون مقاومة أما الأخر فانه سيعاني من الطبقتين وهذا طبعا جراء تضاد لفه المغزلي مع تمغنط الطبقتين.[1]

II-11-2المقاومةالمغناطيسيةالعملاقة في تشكيلة التيار العامد للمستوي CPP-GMR

نعتبر نظرية التيار المتدفق عموديا على المستويات (CPP) أكثر تعقيدا من حالة التيار المتدفق في المستوي CIP.ففي حالة التيار المعامد للمستوي يجب أن يكون التيار ثابتا على طول الاتجاه المتعامد مع المستويات. الحافظ على تيار ثابت عبر حدود المادة يتطلب عادة تراكم الشحنة واللف على سطوح الملتقيات بسبب الخصائص المختلفة للطبقات. وهذا ليس موجودا في حالة التيار الذي في المستوي لأنه ليس هناك من تيار على طول الاتجاه العمودي على المستويات سوف تكون هناك انقطاعات في الكمون الكهربائي الساكن عند سطوح الملتقيات في حالة التيار المعامد للمستوي، يرافقها حقل كهربائي غير منتظم إضافة الى حواجز كمون كيميائي تنجم عن تراكمات الشحنة واللف.

سوف نهمل هنا تلك التعقيدات، لأنها تتطلب معالجة متطورة. حينئذ نستطيع وصف المقاومة المغناطيسية العملاقة الخاصة بالتيار المعامد للمستوي ببساطة باستعمال نموذج فالت Valetوفرت Fert.فعلى سبيل المثال، إذا كانت لجميع الطبقات نفس البنية الالكترونية، من السهل نسبيا بيان أن المقاومة في أي من قناتي اللف تعطى بـ :

$$R = \frac{1}{A}\int dz\, \rho_\sigma(z) \qquad (7\text{-II})$$

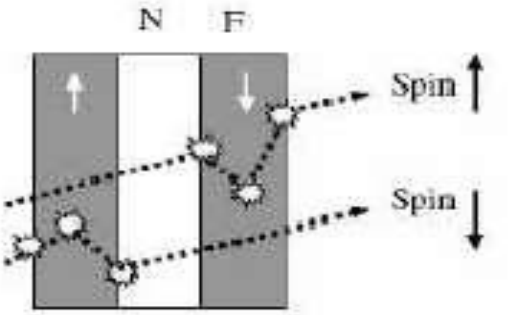
حيث A هي المسافة المستوي العمودي على تدفق التيار، و $\rho_\sigma(z)$. هي المقاومة النوعية المحلية المتناسبة مع معدل التبعثر المحلي للالكترونات ذات اللف σ لذا إذا كانت لدينا طبقات مغناطيسية حديدية متعددة عددها يساوي N تفصل بينها طبقات فاصلة، فان المقاومة في حالة الاصطفاف المتوازي للطبقات المغناطيسية تعطى بـ :

$$R(P)\frac{R\uparrow R\downarrow}{R\uparrow + R\downarrow} \qquad (8\text{-II})$$

وتعطى المقاومة في حالة الاصطفاف المتوازي المتعاكسة بـ $R(AP)=\frac{1}{4}[R\uparrow+R\downarrow]$ وهذا يؤدي الى :

$$GMR\ (CPP) = \frac{1}{4}\frac{(R\uparrow - R\downarrow)^2}{(R\uparrow R\downarrow)} \qquad (9\text{-II})$$

الحالة3: مغنطة طبقتي الحديد متعاكستين في الاتجاه والتيار مار عموديا(CPP(AP

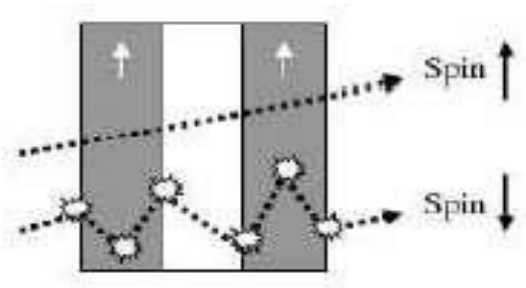


الشكل II– 10: الحالة (CPP(AP

في هذه الحالة الالكترونات ذات اللف العلوي لا تجد أي مقاومة في البداية لكنها تصطدم بمقاومة كبيرة عندما تصل إلي الطبقة الموالية.

بينما الالكترونات ذات اللف السفلي فإنها تعاني مقاومة شديدة في البداية وإذا فلتت بعض الالكترونات فإنها ستعبر بسهولة الطبقة الموالية.

الحالة 4: مغنطة طبقتي الحديد في نفس الاتجاه والتيار مار عموديا(CPP(P



الشكل II– 11: الحالة (CPP(P

في هذه الحالة الكترونات ذات اللف العلوي لا تجد أي مقاومة لا في البداية عند عبورها الطبقة الأولى ولا في النهاية عند عبورها الطبقة الثانية.

بينما الالكترونات ذات اللف السفلي فإنها تعاني مقاومة شديدة في البداية وإذا فلتت بعض الالكترونات فإنها ستعبر بسهولة الطبقة الموالية.[1]

الفصل الثالث

التركيب التجريبي وشرح عمله

III-1 مقدمة

في البداية أن حماية الإنسان و ممتلكاته تعتبر من أهم العوامل التي دفعته الى اختراع تدابير أمنية مناسبة ، لذا أصبح من الضروري استعمال أجهزة الإنذار في هذا الفصل اعتمدنا في إعداد التركيب التطبيقي لمخطط الإنذار والتامين على مبدأ الفعل الكهروضوئي لعمل نظام الإنذار ضد السرقة، وعلى مبدأ الفعل الكهروحراري لنظام الإنذار ضد الحريق، إضافة إلى تطبيق خواص اللف الالكتروني (تقنية GMR) مع شرح كيفية عمل كل نظام واحتياطات التركيب.

III-2 نظام الإنذار

III-2-1 تعريف جهاز الإنذار

أنظمة إنذار السرقة هي أنظمة تقوم بالكشف عن ووجود خطر وتحول هذه الاستجابة المبكرة الى إشارة سمعية أو مرئية لتنبيه الأفراد أو مراكز الشرطة أن هناك حالة سرقة.

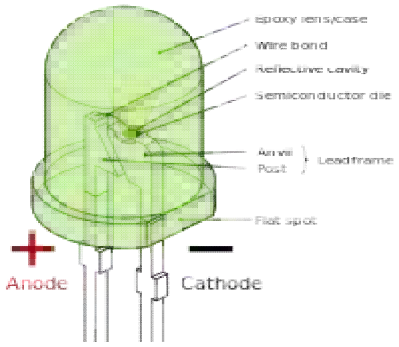
III-2-2 مكونات النظام

1- مصدر ضوئي:

صمام ثنائي باعث للضوء:هو مصدر ضوئي مصنوع من مواد أشباه الموصلات تبعث الضوء حينما يمر خلاله تيار كهربائي،يكثر استخدامه كما يكثر تسميته بـ LED أو الإضاءة الثبلية، "ثبل."

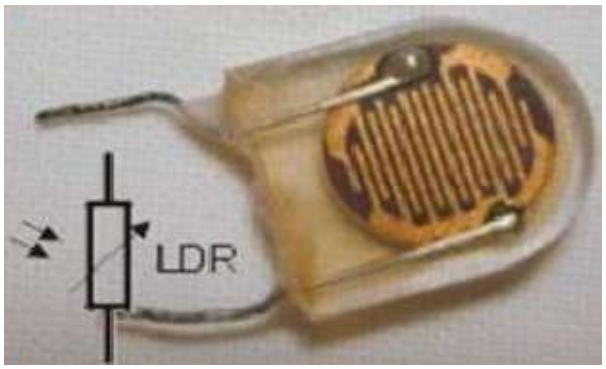
طريقة عمله:يتكون الصمام الثنائي الباعث للضوء من مصعد ومهبط لتوصيل التيار الكهربائي يكونان منفصلان، يشكل المهبط في هيئة حفرة تركز الضوء الصادر وملتحم في قاعها بلورة المادة شبه الموصلة، تبعث الطبقة الوسطية لالتحام البلورة بمادة المهبط ضوء عند توصيلها بمصدر كهربائي فيصلها التيار الكهربائي عن طريق سلك ربط يوصل بين البلورة والمصعد.

يثير التيار الكهربائي الذرات في شبه الموصل فتشغل بعض إلكتروناتها مستوى طاقة عالي في الذرة،في الثنائي الضوئي تقفز متأثرة بالتيار الكهربائي إلكترونات الذرّة من مستوى طاقة عالي إلى مستوي طاقة منخفضة فيصدر الإلكترون فارق الطاقة بين الحالتين على هيئة فوتون، أي شعاع ضوء ذو تردد محدد وبالتالي له طول موجة ولون محدد، وباختيار مادة الثنائي يمكن الحصول على لون الضوء الصادر المطلوب، وهذا يتعلق باختيار المادة المناسبة وكذلك اختيار مستويي الطاقة الذريين (المدارين المعنيين في الذرة) الذي يقفز الإلكترون من أحدهما إلى المستوي الآخر المنخفض. فهذا الفارق في طاقة المستويين يحدد طاقة الفوتون الذي يطلقه الإلكترون عند قفزته يتميز بطول موجة معينة وبالتالي بلون معين للشعاع.



الشكل III– 1 : أجزاء الصمام الثنائي المضيئ.

2– المقاومة الضوئية: تتكون من مادة نصف ناقلة مطلية على سطح عازل بشكل متعرج لزيادة مساحة السطح المعرض للضوء، وتتصلب طرفي المادة نصف الناقلة ناقلان معدنيان يتصلان بالدارة الكهربائية، وعند تعرض المقاومة الضوئية للضوء فإن قيمتها تقل، وتبعاً لذلك فإن المقاومة تبلغ أقصى قيمة لها في الظلمة وتسمى القيمة المظلمة.[14]



الشكل III– 2: المقاومة الضوئية

3– خليتين من الكروم Fr،Cr:تستخدم طبقات متراصة بالتناوب من الحديد والكروم (Cr،Fr)، حيث يمثل الكروم Cr كمادة غير ممغنطة ، أما الحديد Fr فتتم مغنطته في كل مرة في اتجاهات مختلفة حسب كل طبقة.

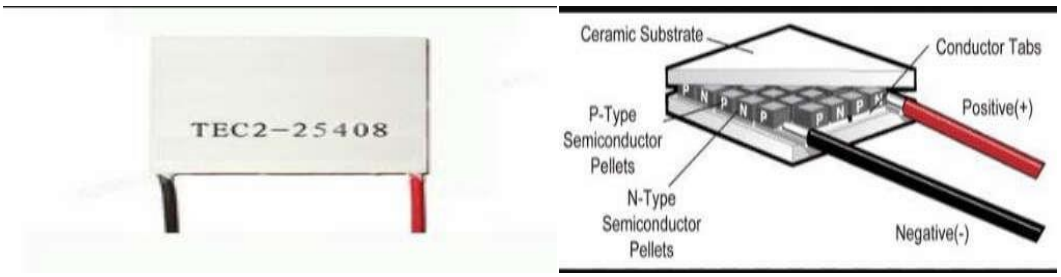
4– مرشح إلكتروني :يستخدم هذا المرشح كدارة كهربائية لفصل السبين السفليspin down والسبين العلوي spin up لتيار الكهربائي، وتسمى هذه الخاصية بانتقائية المرشح ونميز نوعين من المرشحات مرشحات عادية مكونة من مقاومة ومكثفة وملف ومرشحات نشطة مكونة من ترانزستور أو مكبر العمليات بالإضافة الى مقاومة ومكثف وملف .

5– جهاز إنذار: هو أداة إلكترونية تكشف الأجسام غير المرغوب فيها مطلقة بذلك تنبيه سمعي أو بصري، يتم برمجته واختياره حسب الحاجة.

7– مولد لتيار الكهربائي.

8- مزدوجة بلتيير الحرارية :تتألف المزدوجة من معدنين مختلفين متصلين ببعضهما البعض، عند حدوث اختلاف حراري في طرف المزدوجة الذي يحوي بدوره طرفي المعدنين المختلفين، يتكون توتر كهربائي تناسبي للحرارة المارة في كل من الفلزين.

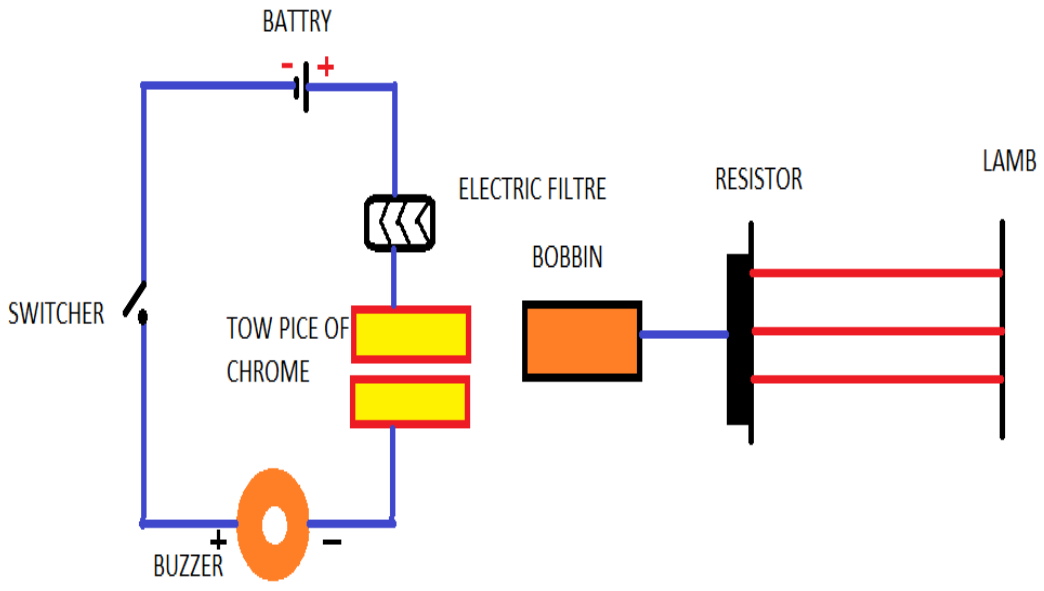
التفسير العلمي لعمل المزدوجة الحرارية يعتمد على معامل سيبك حيث أنه عندما تتغير حرارة المعدن تتحرك إلكتروناته بطريقة أسرع وعند اختلاف سرعة الالكترونات في المعدنين تتداخل الالكترونات في بعضها حيث التقاء المعدنين، وهنا يحصل فائض الكترونات في جهة ونقص في الجهة الأخرى، هذا الاختلاف يولد تيار كهربائي متعلق بنوع المعدنين والحرارة ويسمى هذا التيار بالتيار الكهروحراري.[6]



الشكل III- 3: مزدوجة بلتيير الحرارية

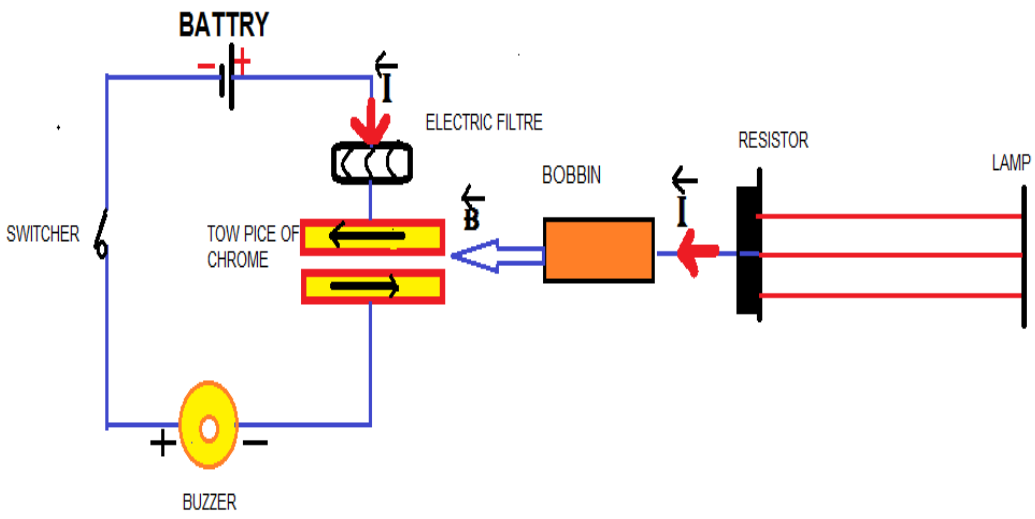
III-3 التركيب التجريبي لنظام التأمين والإنذار ضد السرقة بتقنية GMR

في هذا النظام ينبعث الضوء من مصدر ضوئي (المرسل) إلى المقاومة الضوئية (المستقبل) التي تحوله إلى إشارة كهربائية، و بمرور التيار الكهربائي في وشيعة ينتج حقل مغناطيسي حولها،من جهة أخرى لدينا دارة مكونة من مولد كهربائي مربوط مع مرشح إلكتروني يسمح بمرور الكترونات ذات اللف العلوي (spin up)فقط، مربوط بخلية مكونة من طبقات من الكروم والحديد Fe-Cr الممغنطة في اتجاه الكترونات ذات اللف العلوي(spin up) تتصل هذه الخلية بجهاز إنذار موصول بقاطعة .



الشكل III– 4: مخطط نظام تأمين وإنذار ضد السرقة بتقنية **GMR** .

III-3-1 الحالة الأولى (قبل حدوث إنذار)

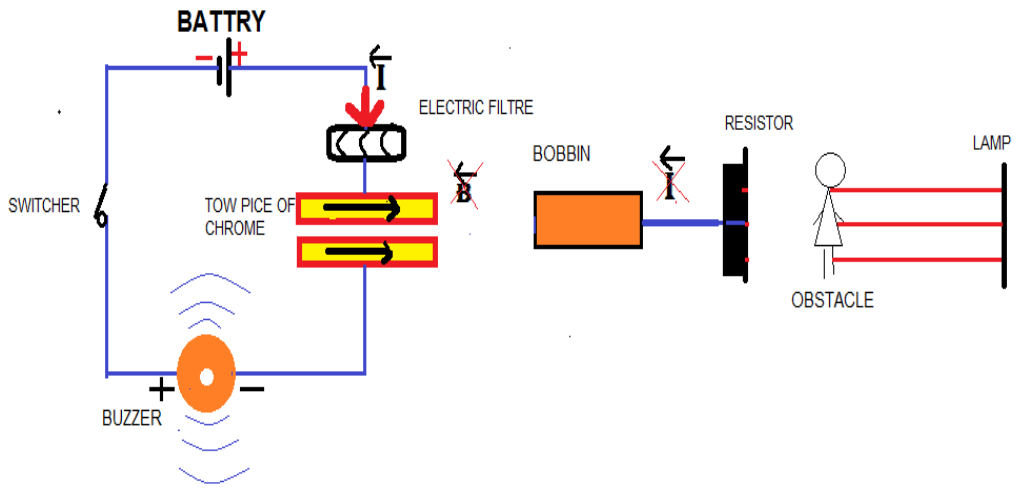


الشكل III– 5: مخطط نظام تأمين و إنذار ضد السرقة قبل حدوث الإنذار.

شرح عمل النظام

في حالة مرور الضوء من المصدر الضوئي إلى المقاومة الضوئية وعدم وجود أي جسم يعيق مروره، يتم تولد تيار كهربائي من طرف المقاومة ويسمى هذا التيار بالتيار الكهروضوئي وبمروره عبر وشيعة يؤدي إلى نشأة حقل مغناطيسي حولها،من الجهة الأخرى لدينا مولد لضخ التيار الكهربائي يمر هذا التيار في مرشح الكتروني الذي يقوم بفصل السبينين العلوي والسفلي والسماح بمرور السبين العلوي فقط ، لا يعبر هذا التيار عبر الطبقة الأولى للخلية ذات نفس توجه التمغنط مع التيار ذو اللف العلوي بسبب تأثير الحقل المغناطيسي الناشئ الذي قام بعكس اتجاه عزوم الطبقة الأولى للخلية، ومن هنا عدم مرور التيار يؤدي إلى عدم تغذية جهاز الإنذار وبالتالي لا يحدث أي تنبيه.

III-3-2 الحالة الثانية (عند حدوث الإنذار)



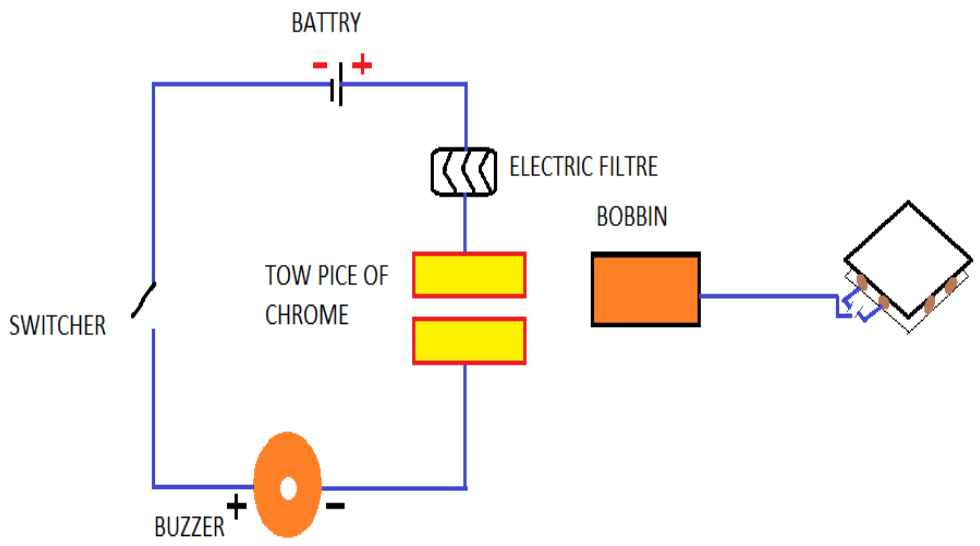
الشكل III– 6 : مخطط نظام تأمين وإنذار ضد السرقة عند حدوث الإنذار.

شرح عمل النظام

في حالة اعتراض جسم ما لمرور الضوء من المصدر الضوئي الى المقاومة يتوقف تولد التيار الكهربائي من طرف المقاومة، ومنه لا ينشأ حقل مغناطيسي حول الوشيعة وبالتالي لا يكون هناك تأثير على عزوم الطبقة الاولى للخلية ولا ينعكس اتجاهها فيصبح سبين كل من التيار وعزوم الطبقة الأولى للخلية في نفس (الاتجاه) ومنه يمر التيار إلى جهاز الإنذار محدثا تنبيه.

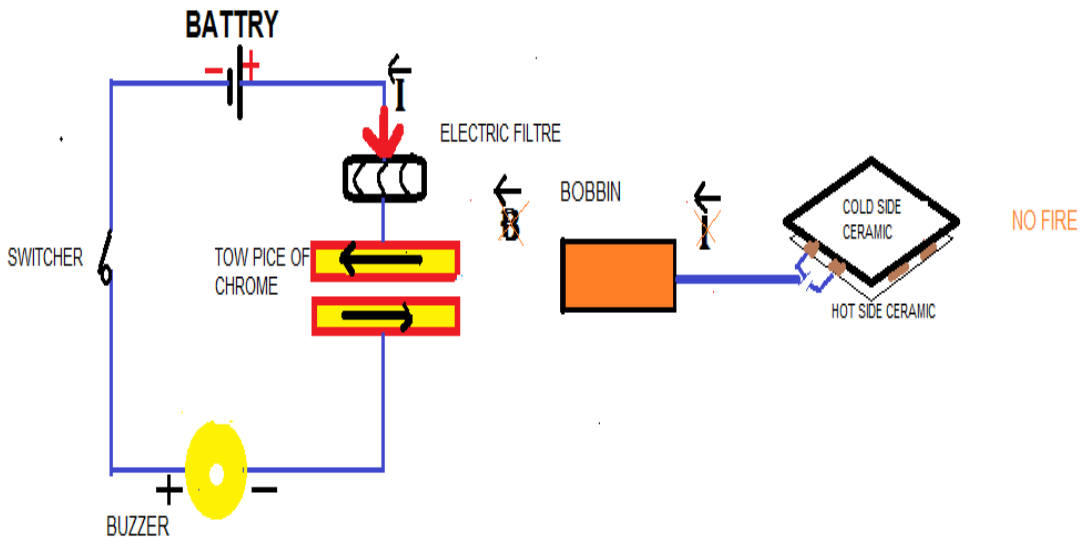
III-4 التركيب التجريبي لنظام التأمين والإنذار ضد الحريق بتقنية GMR

في هذا النظام نستعمل مزدوجة بلتيير الحرارية التي تقوم بتحويل الاختلاف في درجة الحرارة بين سطحيها إلى تيار كهربائي، وبمرور هذا التيار في وشيعة يتولد حقل مغناطيسي حولها، من الجهة الأخرى لدينا دارة مكونة من مولد للتيار الكهربائي مربوط مع مرشح إلكتروني يسمح بمرور الإلكترونات ذات اللف العلوي فقط، مربوط بخلية مكونة من طبقات من الكروم والحديد Fe-Cr حيث يكون تمغنط الطبقة الأولى لهذه الخلية عكس اتجاه الإلكترونات ذات اللف العلوي، تتصل هذه الخلية بجهاز إنذار.



الشكل III– 7:مخطط نظام تأمين وإنذار ضد الحريق بتقنية GMR.

III-4-1 الحالة الأولى (قبل حدوث الحريق)

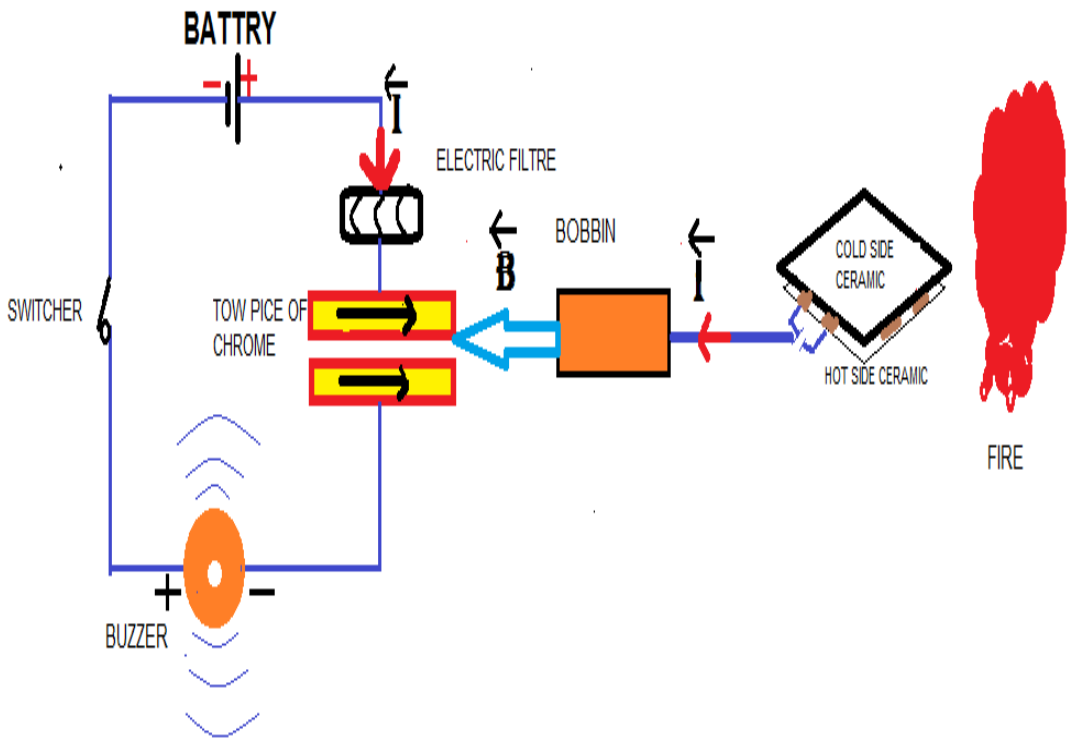


الشكل III– 8:مخطط نظام تأمين وإنذار قبل حدوث الحريق .

شرح عمل النظام

في حالة عدم وجود حرارة (حريق)، لا يكون هناك فرق في درجة الحرارة بين سطحي مزدوجة بلتيير ، وبالتالي لا تولد تيار كهربائي ومن ثم لا يتولد حقل مغناطيسي حول الوشيعة، أي أن اتجاه تمغنط الطبقة الأولى للخلية يبقى عكس اتجاه الإلكترونات ذات اللف العلوي لتيار، وبالتالي لا يمر هذا التيار عبر الخلية ،أي عدم تغذية جهاز الإنذار وبالتالي لا يحدث تنبيه.

III-4-2 الحالة الثانية (عند حدوث حريق)



الشكل III- 9:مخطط نظام تأمين وإنذار عند حدوث الحريق.

شرح عمل النظام

في حالة حدوث حريق يكون هناك اختلاف في درجة الحرارة بين سطحي المزدوجة فيتولد تيار كهربائي، وبمروره في وشيعة ينشأ حقل مغناطيسي يعمل على تدوير اتجاه تمغنط الطبقة الأولى للخلية في اتجاه الإلكترونات ذات اللف العلوي لتيار، وبالتالي يمر التيار عبر هذه الخلية فيغذي جهاز الإنذار محدثا تنبيه.

الخاتمة العامة

خلال هذه المذكرة أنجزنا مخططات تأمين وإنذار فائقة الدقة سواء ضد السرقة أو ضد الحريق، وذلك بالاعتماد على احدث التكنولوجيات الحديثة للنانو والمتمثلة في تقنية GMR.

ومن أجل الوصول الى هذا الهدف تطرقنا خلال الفصل الأول الى كل ما يتعلق بالمادة واكتشافاتها، وكذا كل ما نحتاج من اجل انجاز وتفسير المخططات الأمنية المقترحة كالمفعولين الكهروضوئي و الكهروحراري بالإضافة الى الحقل المغناطيسي وخصائصه، كما قمنا خلال الفصل الثاني من هذه المذكرة بعرض أهم ما توصلت إليه تكنولوجيا النانو من اكتشافات وبالأخص تكنولوجيا اللف المغزلي الالكتروني وتقنية GMR التي هي أحد ركائز عملنا هذا.

انطلاقا من توظيف إحدى ظواهر اللف المغزلي الإلكتروني وظواهر المادة، قمنا بإنجاز مخطط نظام تأمين وإنذار بتقنية GMR حيث اقترحنا نظامين للتأمين : نظام تأمين وإنذار ضد السرقة يعتمد على هذه التقنية ومبدأ الفعل الكهروضوئي، حيث استعملنا فيه خلية من الكروم والحديد Fe-Cr طبقاتها ممغنطة في نفس اتجاه الإلكترونات ذات اللف العلوي spin up أثرنا على الطبقة الأولى للخلية بحقل مغناطيسي عمل على عكس اتجاهها، كما قمنا بانجاز مخطط نظام تأمين وإنذار ضد الحريق، يعتمد أيضا على هذه التقنية وكذا مبدأ الفعل الكهروحراري، كما استعملنا فيه نفس الخلية السابقة ذات طبقات مختلفة التمغنط، حيث تمغنط الطبقة الأولى عكس اتجاه الإلكترونات ذات اللف العلوي spin up، وخلاصة هذا العمل هو توظيف هذه التقنية للحصول على نظام أكثر أمانا ودقة.

كما سنسعى مستقبلا الى التحقيق الميداني لهذه المخططات، أو تطبيق هذه التقنية في مجالات أخرى.

II

المراجع

[1]:د.بن مبروك لزهر،مدخل إلى علم اللف المغزلي الإلكتروني وتكنولوجيا النانو، ديوان المطبوعات الجامعية،2016م

[2]:د. حسين عبد الرحيم ،سارة بوهلال، بنية المادة، ديوان المطبوعات الجامعية، 2014م

[3]: د. غادة محمد نبيل، د. حنان حسين عامر ،الفيزياء الذرية، دار الكتاب الحديث، 2011م

[4]:أولاد سالم مريم، غرياني مروة، مذكرة ليسانس الظاهرة الكهروضوئية، 2015م

[5]: صلاح يحياوي، رشيد حراوبية "بنية المادة "ديوان المطبوعات الجامعية،1989م

[6]: بومعزة مارية، مذكرة ماستر أكاديمي، قياس المقاومية الكهربائية بدلالة درجة الحرارة السبيكة$Cu_{50}Zr_{45}Al_5$ 2016م

[7]: د .عبد الفتاح أحمد الشاذلي، فيزياء الجوامد الجزء3 ،كلية التربية جامعة عين الشمس.

[8]: د. أمينة الأحمدي، فيزياء الجوامد2، جامعة أم القرى قسم الفيزياء،2016م.

[9]: عصام سرحان ذياب، تعريف النانو وتقنيته (تقنية الصغائر)، 2013م

[10]: محمد ميمن، محمد الصباغ، ما هو اللف الذاتي spin

[11] :THESE Présentée A L'universite Paul. "Propriétésmécaniques et modélisation multiéchelle de l'effet de taille dans les poly cristaux nanométriques",

[12]: مشيش سمية، مذكرة ماستر أكاديمي، إنماء البلوات النانومترية في المحاليل حالة (ZnO) 2016م

[13]: د. محمد عبد الستار الشيخلي، حاتم النجدي، مدخل الى علم النانويات وتقانتها، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، المنظمة العربية لترجمة .

[14]: باسل الشوارب ،الفعل الكهروضوئي،المركز الوطني للمتميزين سوريا ، 2015 -20142م

الملخص : في عملنا هذا حاولنا إنجاز مخطط لنظام تأمين وإنذار جد حساس و مبني على تقنية GMR. حيث تعتبر هذه التقنية من إحدى ظواهر اللف المغزلي الإلكتروني وهي من العلوم التكنولوجية الحديثة. قمنا بتقسيم هذا العمل إلى مخططين مخطط لنظام تأمين وإنذار ضد السرقة يعتمد مبدأ عمله على الفعل الكهروضوئي وأخر للتأمين و الإنذار ضد الحريق مبدأ عمله يقوم على الفعل الكهروحراري وكل خطوة من خطوات الأنظمة المقترحة مدعمة بالتفسيرات الفيزيائية و العلمية المناسبة. وقد مكننا دمج تقنية GMR مع الفعل الكهروضوئي وكذا مع الفعل الكهروحراري من الحصول على أنظمة أكثر دقة وأمانا.

الكلمات المفتاحية : اللف المغزلي الالكتروني، النانو تكنولوجي، الحقل المغناطيسي ، الفعل الكهروضوئي، تقنية GMR.

Abstract: In this work we have tried to accomplish a planned for a security of and alarm system highly sensitive and based on GMR techniques. this technique is considered one of the phenomena of electronic spinning, related to modern technological science. the work was divided into two separated parts، one is conserved with burglar alarms based on photoelectric effect and the other is against fire based on the electro thermal principle each step of this reserve is supported by scientific and physical and explanations. The combination of GMR with both photoelectric and electro thermal effects allowed us to obtain systems with more security and precision.

Keywords: electronic spinning, nanotechnology, magnetic field, photoelectric, GMR technology.