

فهرس المحتويات

ت	قائمة المحتويات	
الفصل الاول		
2	ظاهرة الازدواج الحراري	1.1
4	انواع التقاطع في المزدوجات الحرارية	1.2
5	مزايا وعيوب المزدوج الحراري	1.3.1
6	العيوب الشائعة للمزدوجات الحرارية	1.3.2
6	تطبيقات المزدوجة الحرارية	1.4
7	اشباه الموصلات	1.5
8	العناصر المكونة لأشباه الموصلات	1.6
8	انواع أشباه الموصلات	1.7
10	أشباه الموصلات الداخلية	1.7.1
11	أشباه الموصلات الخارجية	1.7.2
11	أشباه الموصلات السالبة	1.7.3
11	أشباه الموصلات الموجبة	1.7.4
12	استخدامات أشباه الموصلات	1.8
13	تأثير سيببيك	1.9
15	معامل سيببيك	1.10
16	أهداف البحث	1.11
الفصل الثاني		
18	مقدمة	2.1
18	الادوات التجريبية	2.2
18	خطوات العمل	2.3
20	النتائج والمناقشة	2.4
23	الاستنتاج	2.5
23	التوصيات	2.6
25,24	المراجع	-

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	قائمة الأشكال	ت
2	الازدواج الحراري	(1.1)
9	أنواع أشباه الموصلات	(1.2)
10	التركيبية الالكترونية لشبه موصل داخلي	(1.3)
12	شبه الموصل الخارجي	(1.3)
19	الدائرة المستخدمة في ايجاد ظاهرة الازدواج الحراري	(2.1)
20	العلاقة بين T, V في حالة سلك النحاس قطره 0.15mm	(2.2)
21	العلاقة بين T, V في حالة سلك النحاس قطره 0.20mm	(2.3)
22	العلاقة بين T, V في حالة سلك النحاس قطره 0.26mm	(2.4)

قائمة الرموز

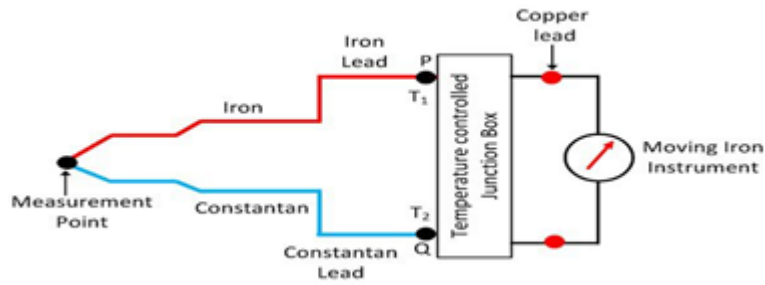
قائمة الرموز	الرمز
درجة الحرارة (c)	T
الجهد	v

الفصل الاول

المقدمة

1.1 ظاهرة الازدواج الحراري

ظاهرة الازدواج الحراري تتولد في الدائرة الكهروضوئية عندما يتم ربط سلكين من معدنين مختلفين في كلا الطرفين ويتم تسخين أحد الطرفين كما مبين بالشكل (1.1)، و اكتشفت هذه الظاهرة من قبل *توماس سيبك* في عام 1821 ف ، و استخدم هذا التأثير في المزدوجات الحرارية التي تستخدم بشكل كبير في العديد من التطبيقات، نظرا لنطاقها الواسع من النماذج والمواصفات الفنية، [1 & 2].
علية فإن ، يمكن تعريف المزدوج الحراري هو جهاز كهربائي يتكون من اثنين من الموصلات الكهربائية غير المتماثلة التي تشكل تقاطع كهربائي، وتنتج المزدوجة الحرارية الجهد الذي يعتمد على درجة الحرارة نتيجة للتأثير الكهروضوئي [3 & 1].



شكل (1.1) الازدواج الحراري [4]

هناك أنواع عديدة من المزدوجات الحرارية ومن أشهرها المزدوجات التجارية والتي تتميز بانها ذات كلفة منخفضة وقابلة للتبديل ويتم توفيرها مع الموصلات القياسية، ويمكنها قياس مجموعة

كبيرة من درجات الحرارة. أيضا، المزدوجات تعمل بالطاقة الذاتية ولا تتطلب أي تأثير خارجي [2]. لهذا، يتم تصنيع المزدوجات الحرارية في مجموعة متنوعة من الأساليب، مثل المزدوج الحراري ذو المجسمات، المزدوج الحراري بالموصلات، المزدوج الحراري المشترك، المزدوج الحراري للأشعة تحت الحمراء، وغيرها وبالتالي عندما يتم ربط سلكين مكونين من معادن متباينة في كلا الطرفين ويتم تسخين أحد الطرفين يكون هناك تيار مستمر يتدفق في الدائرة الكهرو حرارية، أي أنه عند تسخين أو تقاطع مفصلين يتم إنتاج جهد يمكن ربطه مرة أخرى بدرجة الحرارة [3].

تتكون أجهزة الاستشعار الحرارية المزدوجة من الأسلاك التي تسمى غالبا العناصر الحرارية، والعزل، والغمد، وختم الطرف، ووسيلة التوصيل (أسلاك التمديد، والموصلات، وما إلى ذلك)، ويتم توصيل الأسلاك معا على طرف واحد لتشكيل التقاطع، ويجب توصيل المستشعر بجهاز القراءة الذي يعوض درجة الحرارة المرجعية، وتعد أنواع المزدوجات الحرارية J : K و T و E و N التي تسمى مزدوجات "المعادن الأساسية"، والأنواع R و S و B والتي يطلق عليها مزدوجات "المعادن النبيلة"، والنوعان C و D والتي تسمى المعادن الحرارية [6].

2.1 أنواع التقاطع في المزدوجات الحرارية

بناء المزدوج الحراري يتألف المزدوج الحراري من سلكين مختلفين من المعادن متصلان معا عند طرف التقاطع، ويعتبر التقاطع نهاية القياس، ويتم تصنيف نهاية التقاطع إلى ثلاثة أنواع، وهم [7] :

- تقاطع غير مؤرض ومثبت ومعروف.
 - تقاطع غير مؤرض - في هذا النوع من الوصلات، يتم فصل الموصلات تماما عن غطاء الحماية، وتتضمن تطبيقات هذا التقاطع بشكل أساس أعمال التطبيق ذات الضغط العالي، والفائدة الرئيسية من استخدام هذه الوظيفة هي تقليل تأثير المجال المغناطيس.
 - تقاطع مثبت - في هذا النوع من الوصلات، يتم توصيل الأسلاك المعدنية وكذلك غطاء الحماية معا، وتستخدم هذه الوظيفة لقياس درجة الحرارة في الجو الحمض، وتوفر مقاومة للضوضاء.
 - تقاطع مكشوف ينطبق التقاطع المكشوف في المناطق التي تتطلب استجابة سريعة، ويستخدم هذا النوع من الوصلات لقياس درجة حرارة الغاز .
- يعتمد حجم القوة الكهرومغناطيسية المحرصة في الدائرة على أنواع المواد المستخدمة في صنع المزدوجات الحرارية، ويتم احتساب التدفق الكامل للتيار عبر الدائرة باستخدام أدوات القياس، وتحسب القوة الكهرومغناطيسية المستحدثة في الدائرة بالمعادلة التالية :

$$E = a (\Delta\theta) + b (\Delta\theta) \quad (1.1)$$

حيث $\Delta\theta$ هو الفرق في درجة الحرارة بين نهاية الوصلة الحرارية المزدوجة وكذلك نهاية الوصلة

الحرارية المزدوجة المرجعية، a & b ثوابت [7].

3.1 مزايا وعيوب المزدوج الحراري

1.3.1 مزايا وعيوب المزدوج الحراري هي [8]:-

بالضافة لما تم ذكره سابقا، تتميز المزدوجات الحرارية بعدة مميزات منها:

- استخدامها لقياس درجات الحرارة مباشرة حتى 2600 درجة مئوية.
- تقاطع مفصل المزدوج وتلامسه مباشرة مع المادة المقاسة.
- منخفضة التكلفة ودقة عالية.
- قوية ويمكن استخدامها في بيئات مثل الاهتزاز العالي.
- التفاعل الحراري سريع ونطاق واسع لتشغيل درجة الحرارة.

2.3.1 العيوب الشائعة للمزدوجات الحرارية تشمل:

- قياس درجة الحرارة باستخدام المزوج الحراري قياس درجتي حرارة، الوصلة الساخنة، والوصلة الباردة، ولتجنب الخطأ يتم تعويض درجة حرارة الوصلة الباردة بشكل عام في الأجهزة الإلكترونية عن طريق قياس درجة الحرارة في الكتلة الطرفية باستخدام أشباه الموصلات، الترمومتر، أو RTD.
- تعتبر الأنشطة الحرارية ذات المصادر المحتملة للخطأ معقدة نسبياً، والمواد التي تنتج منها الكابلات الحرارية غير خاملة ويمكن للتآكل أن يؤثر على الجهد الكهربائي الحراري الناتج على طول سلك الأسلاك الحرارية المزوجة.
- يجب إجراء معايرة المزوجات الحرارية أثناء الاستخدام، وإذا تمت إزالة المزوج الحراري ووضعه في حمام المعايرة، فإنه لا يعيد إنتاج نفس الناتج بالضبط، وتعد هذه أيضاً مشكلة من مشكلات المزوجات الحرارية.[7].

4.1 تطبيقات المزوجات الحرارية

والمزوجات الحرارية تستخدم على نطاق واسع في العلوم والصناعة، ويمكن استخدامها في قياس درجة الحرارة للأفران، وعادم التوربينات الغازية، ومحركات الديزل، والعمليات الصناعية الأخرى، وتستخدم المزوجات الحرارية أيضاً في المنازل والمكاتب والشركات كمستشعرات للحرارة في منظمات الحرارة، وأيضاً كأجهزة استشعار اللهب في أجهزة الأمان للأجهزة التي تعمل بالغاز [2].

5.1 أشباه الموصلات

سيتم هنا التطرق لأشباه الموصلات حيث ان ظاهرة الازدواج الحراري او ظاهرة سيبيك تحدث في اغلب اشباه الموصلات. أشباه الموصلات هي مجموعة من المواد الصلبة البلورية، التي تمتلك قدرة متوسطة على التوصيل الكهربائي (جدول 1)، بحيث لا توصل الكهرباء بكفاءة المواد الموصلة , لكنها ليست أيضًا من المواد العازلة، وتمتاز أشباه الموصلات بكفاءتها في مجال الطاقة، وبانخفاض أسعارها؛ لذلك فهي تستخدم على نطاق واسع في مجال صناعة الأجهزة الإلكترونية، بما في ذلك الديودات (Diodes)، والترانزستورات والدوائر المتكاملة [10].

جدول 1 قيم معامل التوصيل الحراري للمواد

المادة	معامل انتقال الحرارة بالتوصيل K (w / m °C)	المادة	معامل انتقال الحرارة بالتوصيل K (w / m °C)
الالمامس	2300	الطوب	0.72
الفضة	429	الماء	0.613
النحاس	401	الأمونيا	0.54
الذهب	317	خشب	0.17
الالومنيوم	237	هليوم	0.153
الحديد	80	مطاط ناعم	0.13
الزنيق	8.9	فريون 12	0.072
الزجاج	0.78	هواء	0.026

6.1 العناصر المكونة لأشباه الموصلات

تتكون أشباه الموصلات من مجموعة متنوعة من العناصر والمركبات، نذكر أبرزها فيما يأتي

[11]:

- عنصر السيليكون.
- عنصر الجرمانيوم.
- مركب زرنيخيد الغاليوم
- مركب كبريتيد الرصاص.
- مركب فوسفيد الإنديوم.
- مواد أخرى كـ بعض أنواع البلاستيك، التي تُستخدم لتصنيع الصمامات الثنائية الباعثة للضوء وذلك لأن البلاستيك عبارة عن مادة مرنة قابلة للتشكّل بـصور مختلفة.

7.1 أنواع أشباه الموصلات

استُخدم مصطلح أشباه الموصلات للمرة الأولى من قبل العالم ألساندرو فولتا (Alessandro

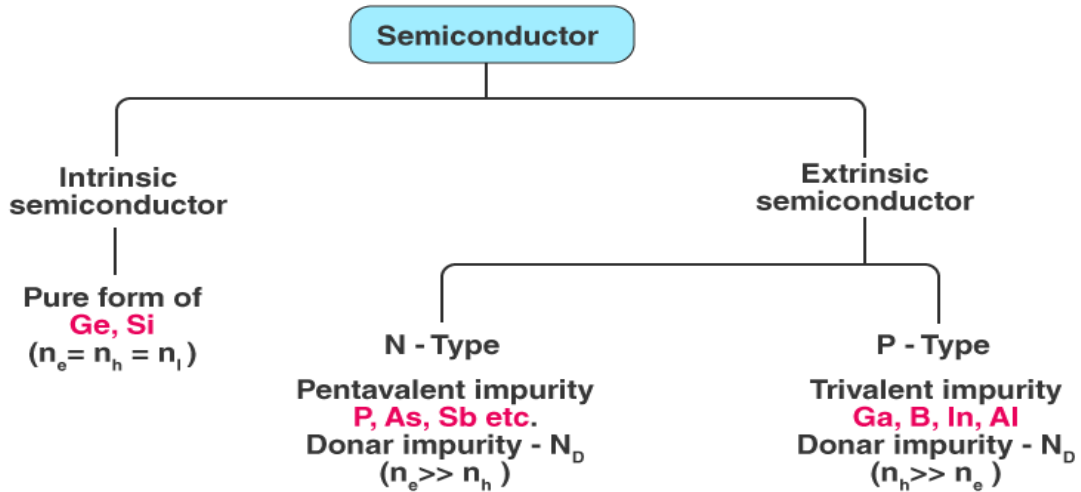
Volta) عام 1782م، وفي عام 1833م لاحظ العالم مايكل فارادي (Michael Faraday) طبيعة

أشباه الموصلات، وتأثير الحرارة على موصليتها؛ إذ لاحظ انخفاض المقاومة الكهربائية لكبريتيد

الفضة مع زيادة درجة الحرارة، وفي عام 1874م اكتشف العالم Karl Brau مبدأ عمل الديودات

المصنوعة من أشباه موصلات، عندما لاحظ تدفق التيار بحرية في اتجاه واحد فقط، وقام بتوثيقه. [11].

وفي عام 1901م اخترع العالم جاجاديش تشاندرا بوس (*Jagadish Chandra Bose*) أول جهاز أشباه موصلات وأسماه شعيرات القطط (*Cat whiskers*) وهو جهاز مُعدّل للتيار الكهربائي يُستخدم كمقوم لأشباه الموصلات للكشف عن موجات الراديو [11]. تمتاز أشباه الموصلات بضعف قدرتها على نقل التيار الكهربائي، لذلك يتم إضافة بعض الشوائب إليها لتحسين موصليتها ويُسمى هذا بعملية التطعيم، ويعتمد مقدار زيادة موصلية العنصر أو نقصانه على مقدار الشوائب المضافة إليها ونوعها [12]، لذلك، تُصنّف أشباه الموصلات إلى عدة أنواع هي كما موضحة بالشكل (1.2).



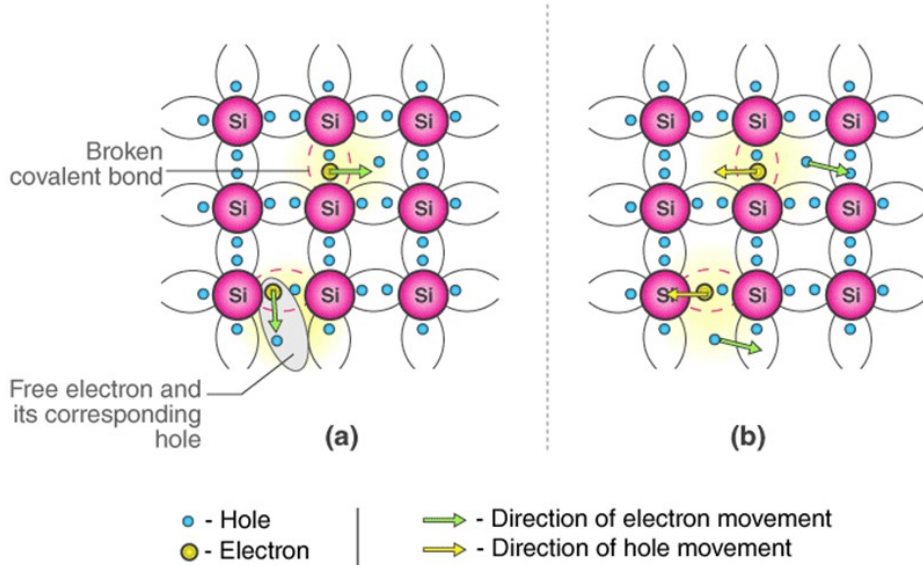
© Byjus.com

شكل (1.2) أنواع اشباه الموصلات [13]

1.7.1 أشباه الموصلات الداخلية تُصنع المادة المكوّنة لأشباه الموصلات الداخلية لتكون نقية

للاغاية كيميائياً، وتجدر الإشارة إلى أن هذا النوع يتكوّن من عنصر واحد فقط، أما عن أكثر عناصر أشباه الموصلات الداخلية شيوعاً؛ فهما: عنصري الجرمانيوم (Ge)، والسيليكون (Si)، إذ يمتلك كل منهما 4 إلكترونات في المستوى الأخير (مستوى التكافؤ شكل 1.2)، الأمر الذي يدفعهما إلى تشكيل رابطة تساهمية مع الذرة عند تعريضها لدرجة حرارة الصفر المطلق وبما أن عدد حاملات الشحنة السالبة والموجبة يكون متساوياً، فإن الطاقة الحرارية الناجمة عن توصيل الكهرباء في شبه الموصل تستطيع تأيين عدد قليل فقط من الذرات في النظام، الأمر الذي يجعلها تتمتع بموصلية

قليلة [14].



© Byjus.com

شكل (1.3) التركيبية الالكترونية لشبه موصل داخلي [8]

2.7.1 أشباه الموصلات الخارجية تُصنع المادة المكوّنة لأشباه الموصلات الخارجية عن طريق

إضافة كمية قليلة من الذرات البديلة المعروفة باسم الشوائب إلى العنصر الأساسي المكون لشبه

الموصل لتحسين موصليته بشكل يفوق موصلية أشباه الموصلات الداخلية [6]. وتجدر الإشارة إلى

أنه يُطلق على طريقة إدخال ذرات الشوائب تلك اسم التطعيم، إذ يجري استبدال ذرة واحدة فقط بذرة

شائبة من كل 10^7 ذرات، أما الشوائب فهي إما أن تكون خماسية التكافؤ مثل عنصر الألومنيوم

(Al) والبورون (B) ، أو ثلاثية التكافؤ مثل عنصر الجاليوم (Ga) ، والإنديوم (In) ، وتشمل أشباه

الموصلات الخارجية نوعان [15] هما:

3.7.1 أشباه الموصلات السالبة شبه الموصل من النوع N (N- type) أو يُطلق عليها

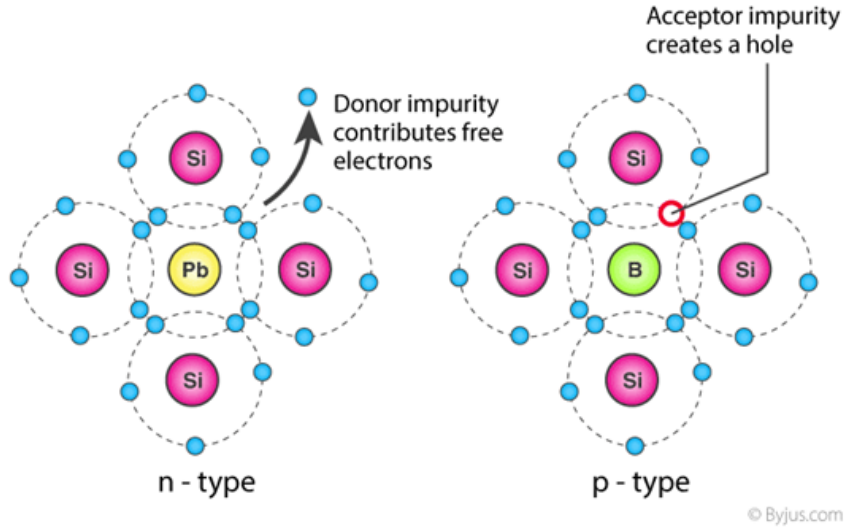
أنصاف النواقل السالبة، وهي أشباه الموصلات التي تحتوي على كمية أكبر من الإلكترونات الحرة،

ما يعني أنها ذات موصلية أعلى [12].

4.7.1 أشباه الموصلات الموجبة شبه الموصل من النوع P (P-type Semiconductor) أو

يُطلق عليها أنصاف النواقل الموجبة، وهي أشباه الموصلات التي تحتوي على كمية أقل من

الإلكترونات الحرة، ما يعني أنها ذات موصلية أقل [12].



شكل (1.3) شبه الموصل الخارجي [9]

8.1 استخدامات أشباه الموصلات تُستخدم أشباه الموصلات في الكثير من المجالات والتطبيقات

العملية، نذكر أبرزها فيما يأتي: [15]

- صناعة مستشعرات درجة الحرارة.
- صناعة بعض قطع الطابعات ثلاثية الأبعاد.
- صناعة الرقائق الدقيقة التي تدخل في المركبات ذاتية القيادة.
- صناعة الأجهزة الإلكترونية، كالألات الحاسبة، ولوحات الطاقة الشمسية، وأجهزة الكمبيوتر.
- صناعة قطعة الترانزستورات التي تُستخدم كمفتاح في الدوائر الكهربائية.

9.1 تأثير سيبيك: هو تراكم الجهد الكهربائي عبر تدرج درجة الحرارة في مختلف الموصلات

الكهربائية أو أشباه الموصلات , أي ان فرق الجهد المقاس يتناسب مع اختلاف درجة الحرارة بين

الأطراف الساخنة والباردة [2]. اكتشف هذه الظاهرة الفيزيائي الألماني "توماس سيبيك"، (1770-

1831) و ذلك بملاحظة ان إبرة بوصلة انحرفت عندما تتشكل حلقة مغلقة بين معدنين مختلفين

أو أشباه الموصلات، اعتقد "سيبيك" في البداية أن ذلك ناتج عن المغناطيسية الناتجة عن الاختلافات

في درجات الحرارة ووصف التأثير بأنه تأثير مغناطيسي حراري، ومع ذلك، أدرك الفيزيائي

الدنماركي، هانز كريستيان أورستد، أنه تيار كهربائي مستحث، والذي يحرف المغناطيس بسبب

"قانون أمبير". فيما بعد اتضح ان إلكترونات التكافؤ في الجزء الأكثر دفئاً من المعدن هي المسؤولة

وحدها عن ذلك والسبب وراء ذلك هو الطاقة الحرارية، أيضاً بسبب الطاقة الحركية لهذه الإلكترونات،

تهاجر إلكترونات التكافؤ هذه بسرعة أكبر نحو الطرف الآخر "الأكثر برودة"، في المقابل، بالجزء

الأكثر برودة تهاجر الإلكترونات نحو الجزء الأكثر دفئاً، المفهوم الكامن وراء حركتهم هو [2]:

1- في الجانب الساخن، يكون توزيع فيرمي ضعيفاً، أي التركيز الأعلى للإلكترونات فوق طاقة فيرمي

ولكن في الجانب البارد، يكون توزيع فيرمي قوياً، أي أن لدينا عدداً أقل من الإلكترونات فوق طاقة

فيرمي.

2- تذهب الإلكترونات إلى حيث تكون الطاقة أقل، وبالتالي ستنتقل من الطرف الأكثر دفئاً إلى الطرف

الأكثر برودة مما يؤدي إلى نقل الطاقة وبالتالي موازنة درجة الحرارة في النهاية.

هنا يمكن أن نستنتج أن الإلكترونات الموجودة في الطرف الأكثر دفئاً لها متوسط زخم مرتفع مقارنة

بالإلكترونات الأكثر برودة، لذلك سوف تأخذ الطاقة معها مقارنة بالطرف الآخر، ينتج عن هذه

الحركة شحنة سالبة في الجزء الأكثر برودة من الجزء الأكثر دفئاً، مما يؤدي إلى توليد جهد

كهربائي، إذا كان هذا الزوج متصلاً من خلال دائرة كهربائية، ينتج عنه توليد تيار مستمر ، ومع

ذلك، فإنّ الجهد الناتج هو بضعة ميكرو فولت لكل فرق درجة حرارة "كلفن"، الآن يمكن معرفة

حقيقة أنّ زيادة الجهد في حالة التوصيل على التوالي وزيادة التيار في حالة التوصيل على التوازي،

و نظرية او مبدأ ظاهرة سيبك بشكل عام يكمن كما ذكر سابقا في انه عندما يتلامس خيطين

معدنيين ولهما طاقة فيرمي E_g مختلفة , فإن الإلكترونات تتحرك من سلك لأخر. المعدن الذي له

دالة شغل منخفضة W_A يبعث الكثرونات ويصبح موجبا . هنا الانتقالات لانتوقف حتى الجهد

يتصل وفقا للمعادلة:

$$U = \frac{W_{A,1} - W_{A,2}}{e}$$

حيث e شحنة الكترون

إذا ربط السلكين معا عند النهايتين ,وإذا نقاط الاتصال لهما فرق درجة في درجة الحرارة $T_1 - T_2$

$T = T_2$ الجهد الكهربائي والجهد الكهرو حراري سيتولد

$$U_T = U(T_1) - U(T_2)$$

هنا , الجهد الكهرو حراري التفاضلي يعتمد على ضم المعدنين معا

$$\alpha = dU_T / dT$$

في هذه التجربة , الجهد الكهرو الحراري U_T تم قياسه كدالة في الفرق في درجة الحرارة T بين

نقطتي التماس للمزدوج الحراري . احد نقاط الاتصال تركت متصلة عند درجة الحرارة الغرفة وسخنت

الثانية في حمام مائي . الفرق في الجهد الكهرو حراري تم تحديده عند طريق إيجاد الميل وفقا

للمعادلة:

$$U_T = \alpha \cdot T$$

10.1 معامل سيبيك يطلق على الجهد الناتج بين النقطتين على الموصل عند الحفاظ على اختلاف

ثابت في درجة الحرارة بمقدار (1) درجة كلفن بينهما “معامل سيبيك”، أحد هذه التوليفات من

النحاس الثابت له معامل سيبيك يبلغ (41) ميكرو فولت لكل كلفن في درجة حرارة الغرفة [2]

يستخدم تأثير سيبيك هذا بشكل شائع في المزدوجات الحرارية، لقياس الفرق في درجات الحرارة أو

لتحفيز المفاتيح الإلكترونية التي يمكنها تشغيل النظام أو إيقاف تشغيله، تشتمل التركيبات المعدنية

المزدوجة الحرارية المستخدمة بشكل شائع على الكستانتان، النحاس والكونستنتان (copper,

constantan)، الحديد والكونستانتان، الكروم والكونستانتان

11.1 أهداف البحث

الهدف من هذه الدراسة تحديد الجهد الكهرو حراري كدالة في درجات الحرارة.

الفصل الثاني

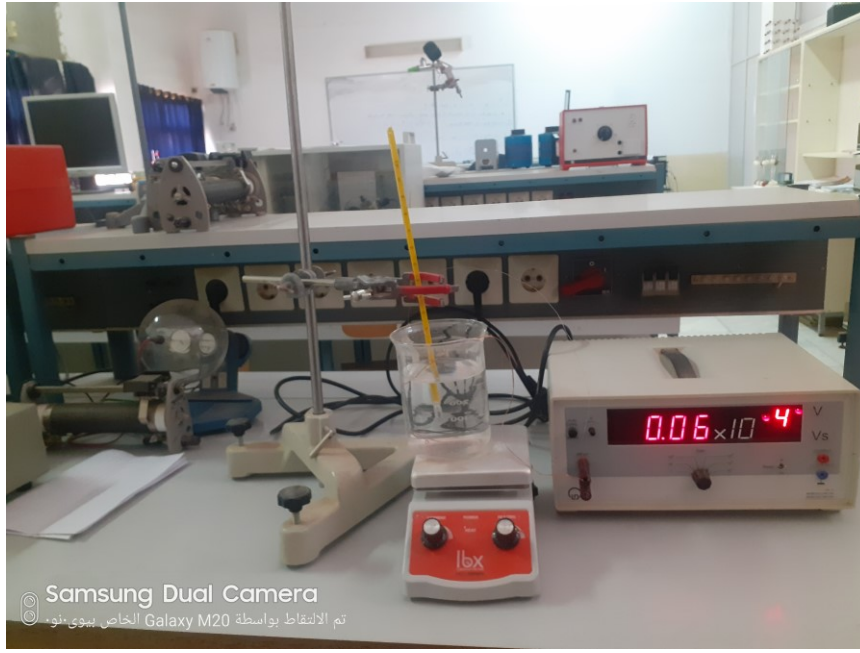
الجانب العملي

2.1 مقدمة

في هذا الفصل سيتم عرض خطوات العمل التي اتبعت لتحديد التيار الكهرو حراري وكذلك عرض

النتائج ومناقشتها.

2.2 الأدوات التجريبية



الشكل 2.1 يوضح الدائرة المستخدمة في دراسة التأثير الكهروحراري.

2.3 خطوات العمل

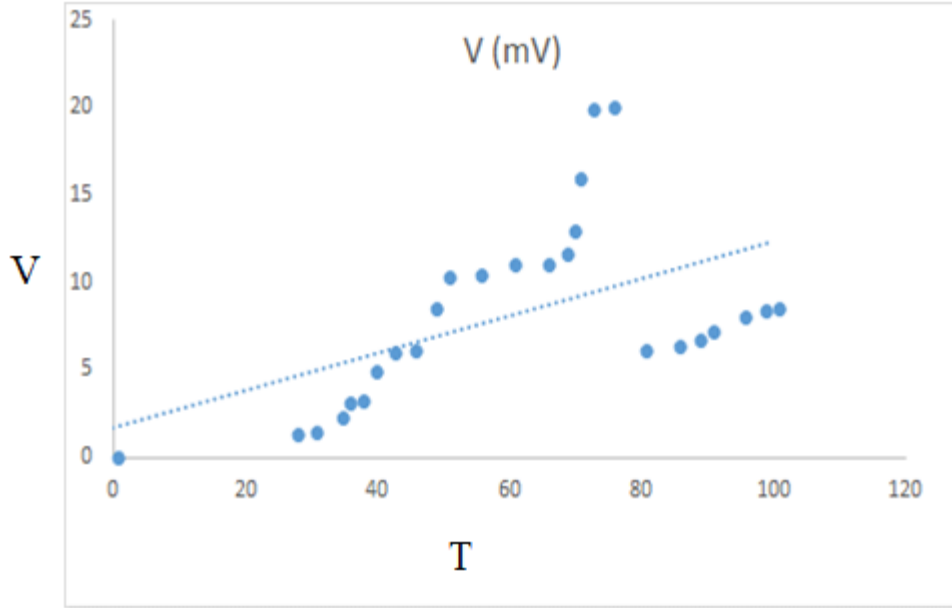
- ربط سلك من النحاس واخر من الومنيوم.
- تم تثبيت بواسطة الحامل ووضع أسفل الترمومتر كاس بسعة 100 مل.
- وضع الكاس فوق جهاز الحرارة ونقوم بتشغيل سخن الكهربائي وتشغيل مصدر جهد وهكذا نحصل على قيمة الجهد وقيمة درجة الحرارة وهذا نحصل على قيمة الفا من خلال درجة الحرارة ومصدر الجهد.

2.4 النتائج والمناقشة

أولاً: سلك من الومنيوم قطره (0.41mm) وسلك من النحاس قطره (0.15mm)

من الشكل (2.2) نلاحظ ان زيادة الجهد في ارتفاع درجة الحرارة وهناك الاستقرار فيه الجهد عند

درجة الحرارة عند 75 ونلاحظ نزول درجة الحرارة عند 80 ودرجة الغليان 100



الشكل (2.2) العلاقة بين V و T في حالة سلك النحاس قطره 0.15mm

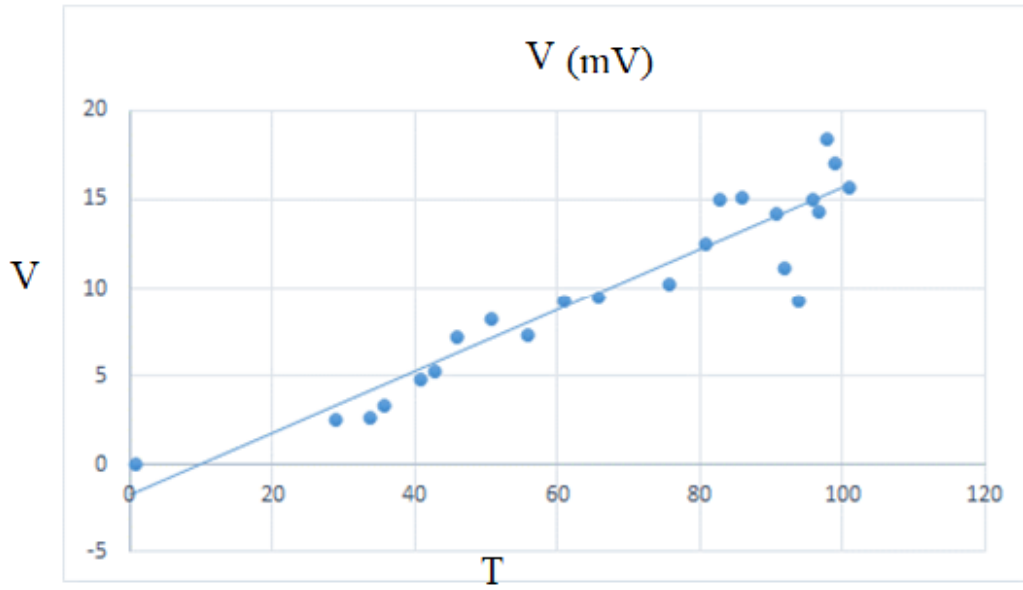
ثانياً: توصيل سلك من الومنيوم قطره (0.41mm) وسلك من النحاس قطره (0.20mm)

نلاحظ من الشكل (2.3) أن، تبدأ في زيادة درجة الحرارة وتكون هناك الاستقرار في درجة الحرارة

والجهد عند درجة الحرارة 80 وتكون قيمة الجهد 12.44 وتنزل درجة الحرارة عند $90, 91.93$

وقيمة الجهد تكون منخفضة 14.23 و 11.11 و 9.23 وترتفع درجة الحرارة عند درجة الغليان

100 وتكون قيمة الجهد 15.63



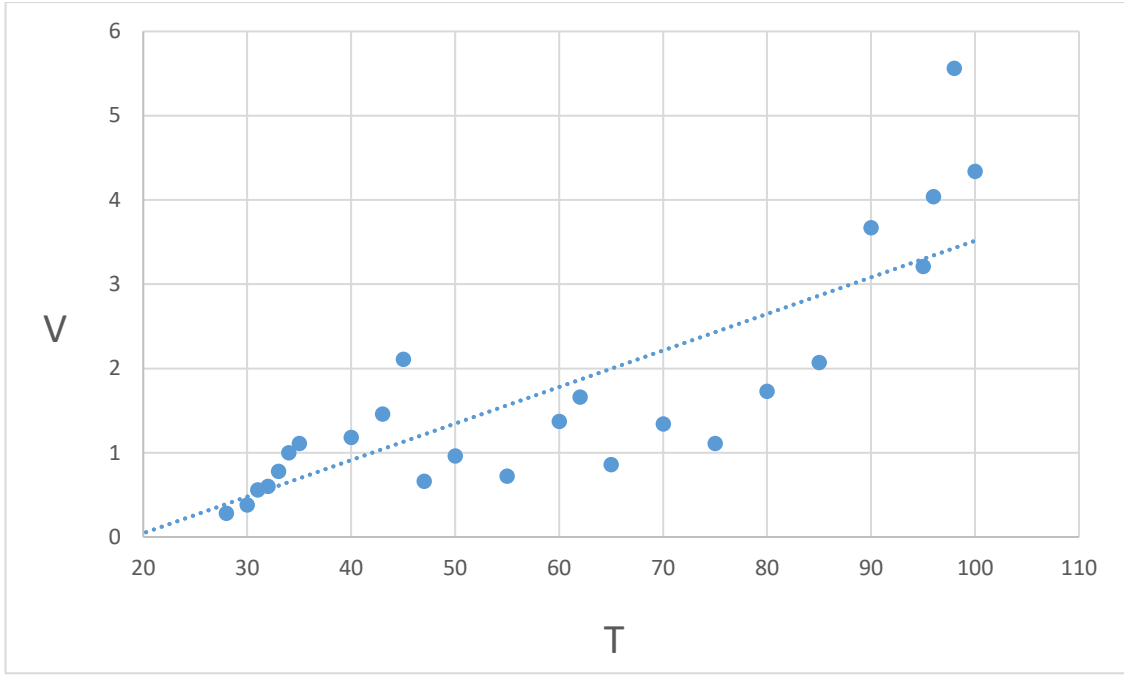
الشكل (2.3) العلاقة بين V و T في حالة سلك النحاس قطره 0.20mm

ثالثا. سلك من الومنيوم قطره 0.41mm وسلك من النحاس قطره 0.26mm

من الشكل (2.4) نلاحظ زيادة في الجهد في ارتفاع درجة الحرارة عند 28 بعدما نلاحظ تنذب في

قيمة الجهد مع زيادة درجة الحرارة الى 80 يزداد الجهد ازيد سريع قيمة الجهد 5.56 عند درجة

الغليان هي 100 عند درجة الغليان هي 100



الشكل (2.4) العلاقة بين V و T في حالة سلك النحاس قطرة 0.26 mm

2.5 الاستنتاج

فى هذا البحث تضمنت دراسة اجراء تجارب معملية لتحديد الجهد الكهروحراري كدالة فى درجات الحرارة المختلفة باستخدام ربط سلكين مختلفين احدهما من الالومنيوم والآخر من النحاس. ولقد اثبتت هذه الدراسة ان قطر سمك السلك كان له تأثيرا واضحا فى رفع الجهد كلما زاد رفع درجة الحرارة. وهذه دلالة على ان قطر السلك مهم جدا فى استقرار الجهد ودرجة الحرارة .

2.6 التوصيات

- استخدام اسلاك اخرى مخلوطة (نحاس مع الالومنيوم) مع النحاس و الالومنيوم.

- 1- "Semiconductor", www.britannica.com (2019).
- 2- Mary Bellis (2020), "What Is a Semiconductor and What Does It Do?",
.ThoughtCo.
- 3- "Semiconductor", techopedia,(2017).
- 4- <https://illustrationprize.com/ar/213-thermocouple.html>"Semiconductors",
BYJUS (2021).
- 5- Emma Ashely "What are semiconductors? definition, types, industries.",
DESIGNSPARK,(2021).
- 6- Pyromation, Inc. "Thermocouple theory.(2009) "
- 7- Kerlin, T.W. & Johnson, M.P. (2012). Practical Thermocouple
Thermometry (2nd Ed.). pp. 110–112. ISBN 978–1–937560–27–0.
- 8- <https://byjus.com/jee/semiconductors>.
- 9- <https://byjus.com/jee/semiconductors>
- 10- "Semiconductor", www.britannica.com,(2019).

- 11- Mary Bellis, "What Is a Semiconductor and What Does It Do? .ThoughtCo,
(2021).
- 12- "Semiconductor", techopedia,(2021).
- 13- <https://byjus.com/jee/semiconductors/>
- 14- "Semiconductors", BYJUS,(2021).
- 15- Emma Ashely. "What are semiconductors? definition, types, industries.",
DESIGNSPARK,(2021).