

تأثير انخفاض درجة الحرارة على انهيار نبائط أشباه الموصلات

محمد رشاد سالم* ليلي أحمد طلعت*

الخلاصة

يقدم هذا البحث دراسة عن تأثير درجات الحرارة المنخفضة على انهيار نبائط أشباه موصلات القدرة . نتيجة للاختلاف الكبير في المعاملات الحرارية لكل من شريحة السليكون والكترود التوصيل لهذه النبائط وفي بعض الأحيان في مادة اللحام المستخدمة ، فإن إجهادا ميكانيكيا كبيرا يحدث مسبباً شروخاً في الطبقات الداخلية لبعض هذه النبائط ، هذه الشروخ تسبب تغيراً كبيراً في منحنى خواص التيار والجهد العكسي الذي يؤدي في نهاية الأمر إلى عجز هذه النبائط عن العمل .

وتستخدم عدة طرق لفحص تلك النبائط وتحديد أسباب عجزها ، ولكن في هذا البحث استخدمت طريقة معملية بسيطة تعتمد أساساً على الاتزان الميكانيكي للمجموعة المكونة من شريحة السليكون والكترود التوصيل .

ولدراسة ذلك تم اختيار عدد من فئات عينات الموحدات اختياراً عشوائياً من مجموعات إنتاج مختلفة في التصنيع وفي المواصفات أيضاً ، وتم تبريدها تدريجياً من صفر درجة مئوية إلى - 196 درجة مئوية ، مع تحديد العينات المنهارة كهربائياً ودرجة الحرارة المناظرة لهذا الانهيار ، وقد تم تحليل النتائج التي تم الحصول عليها تحليلاً إحصائياً باستخدام احتمالية دالة الكثافة وأيضاً باستخدام احتمالية دالة التوزيع المتراكم .

* قسم الهندسة الإلكترونية والكهربية ، كلية الهندسة ، جامعة عمر المختار - ص . ب 919 البيضاء - ليبيا .
© للمؤلف (المؤلفون)، يخضع هذا المقال لسياسة الوصول المفتوح ويتم توزيعه بموجب شروط ترخيص إسناد المشاع الإبداعي CC BY-NC 4.0

وقد بينت نتائج التحليل أن هناك علاقة وثيقة بين متوسطات درجات الحرارة الحرجة التي يحدث عندها الانهيار لعينات النبائط وبين النوع والتركيب البنائي لتلك النبائط هذا بالإضافة إلى جودة التقنيات المستخدمة في عمليات التركيب .

المقدمة

يعتمد إنتاج نبائط أشباه موصلات القدرة مثل الموحدات الثنائية (الدايودات) والموحدات السليكونية المحكومة (الثايرستورات) اعتماداً كبيراً على وسائل التقنية الحديثة وكذلك على المواد المستخدمة في التركيب البنائي ، وذلك في إنتاج شبه الموصل المطلوب . ويقصد من هذا المجال بالنسبة للتركيب البنائي كل من شريحة السليكون المستخدمة وأيضاً المعدن أو المعادن المستخدمة والمتصقة بشريحة السليكون التي تستعمل كالكتروود . ويتم عادة توصيل شريحة السليكون بالكتروودات التوصيل إما باستخدام سبيكة لحام صلدة ، وهي تتكون في معظم الأحيان من النحاس والزنك والفضة ، أو سبيكة لحام رخوة وهي تتكون من الرصاص والقصدير ، وبعضها يحتوي على الأنتيمون أو الكادميوم . ونتيجة لاختلاف معاملات التمدد الحرارية α للمجموعة المكونة من شريحة السليكون والكتروودات الغطاء وكذلك مواد اللحام المستخدمة ، فإنه يحدث إجهاد ميكانيكي ينتج عنه تشويه لتلك المجموعة ، وهناك أيضاً إجهاد ميكانيكي إضافي يحدث لهذه المجموعة بسبب عمليات التحضير النهائية للحصول على هذه النبائط ، وهي تتم عند ظروف حرارية مختلفة ومنها عملية الانضغاط التي تحدث للمجموعة لتغليفها .

وللإجهاد الميكانيكي تأثير كبير على الخواص الكهربائية لهذه النبائط ، سواء أكانت لها وصلة كهربائية واحدة أو عدة وصلات (Graff & Kleinman , 1963; Vortman et al., 1964; Kanada , 1973) إن هذا التغير في الخواص الكهربائية لتلك النبائط الناتج من هذا الإجهاد إنما يعود أساساً للتغير في نطاقات الطاقة (Graff & Kleinman, 1963) وهذا يظهر جلياً بسبب التغير في حوامل الشحنة ذات

التركيز القليل ، الإزاحة في مستويات الطاقة والتغير في حركية وفترة عمر هذه الحوامل ، ونتيجة لتأثير الإجهاد الميكانيكي على الخواص الكهربائية لتلك النبائط وخصوصاً على منحني خواص الجهد والتيار في الجزء السالب منه التي تؤدي بالتالي إلى تقليل قيمة الجهد العكسي .

ومعاملات التمدد الحرارية للمواد المكونة للمجموعة تختلف عن بعضها البعض اختلافاً كبيراً فهي على النحو التالي في أكثر المواد استخداماً :

Silicon (Si)	= 4.1×10^{-6}	K ⁻¹
Copper (Cu)	= 16.5×10^{-6}	K ⁻¹
Molybdenum (Mo)	= 5.1×10^{-6}	K ⁻¹
Solder	= 28×10^{-6}	K ⁻¹

ونظراً لاختلاف معامل التمدد الحراري على جانبي شريحة السليكون فإن ذلك يسبب إجهاداً ميكانيكياً عالياً يترتب عليه زيادة احتمالية عجز هذه النبائط عن العمل . ونتيجة لكل ما ذكرنا فإنه من الضروري التقليل من هذه الاجهادات الميكانيكية التي تؤدي في النهاية إلى تجنب أحد الأسباب الرئيسية في عجز هذه النبائط ، ويمكن الوصول إلى ذلك باستخدام الكترودات تمديدية مصنوعة من الموليبدنوم (Mo) أو التنجستن (W) بسمك يتراوح ما بين 0.1 مم إلى 4 مم .

ويتكون البحث من ثلاثة فصول رئيسية :

يصف الفصل الأول الاجهادات الميكانيكية والتشويه الذي يحدث للمجموعة المكونة من شريحة السليكون والكترودات التوصيل وتأثير هذه الاجهادات في الاهيار الميكانيكي والكهربائي للمجموعة ، ويصف الفصل الثاني طريقة الاختبار المستخدمة لقياس نقاط منحني خواص الجهد مع التيار لفئات مختلفة من العينات عند درجات حرارة منخفضة جداً تصل إلى - 196 درجة مئوية ؛ أما الفصل الثالث من هذا البحث فإنه يقدم النتائج العملية التي تم الحصول عليها ، وكذلك التحليل الإحصائي لتلك النتائج باستخدام احتمالية

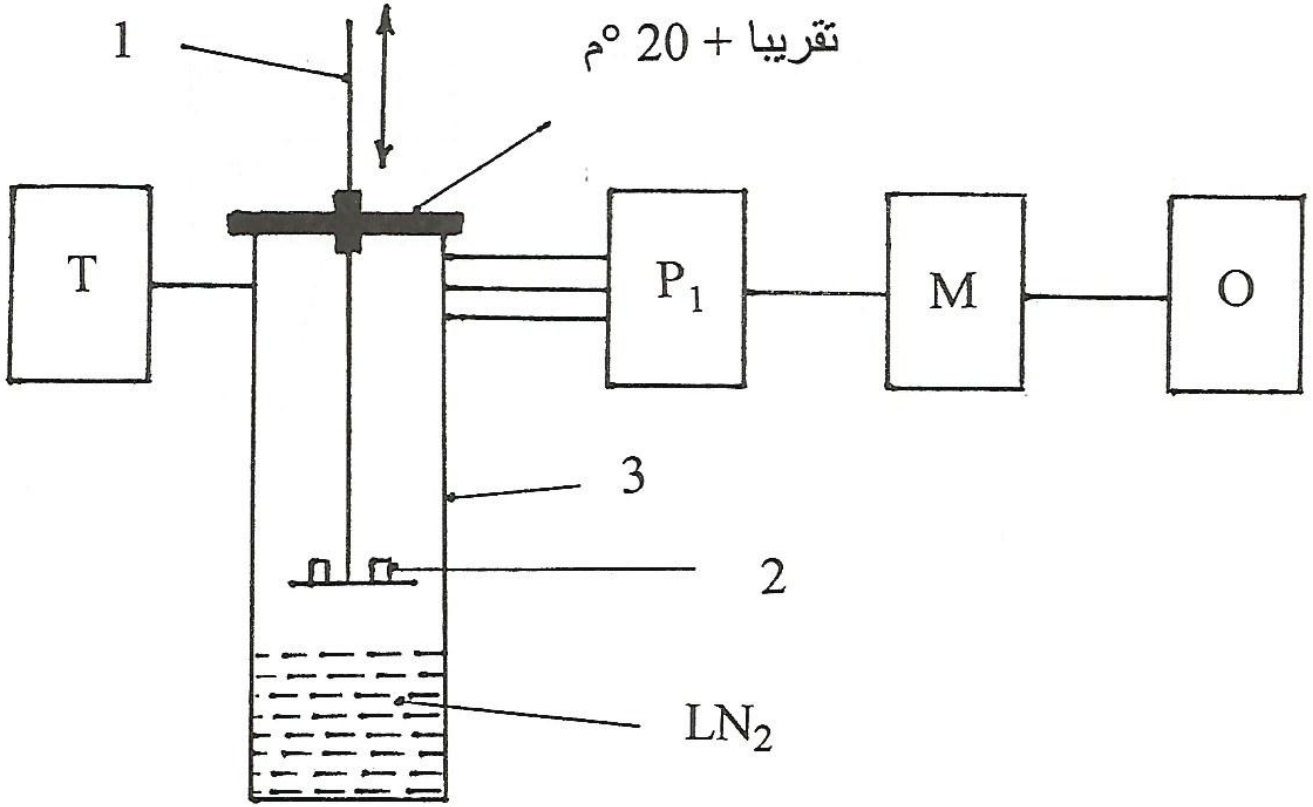
دالة الكثافة وأيضاً باستخدام احتمالية دالة التوزيع المتراكم وذلك لتحديد الاحتمال المتراكم لانهيار تلك العينات .

الإجهاد الميكانيكي والتشويه لمجموعة مكونة من شريحة من السليكون والكترودات توصيل مصنوعة من الموليبدنوم

إن تحليل الإجهاد الميكانيكي ، والتشويه وكذلك ثبات المجموعة المكونة من شريحة السليكون والكترودات التوصيل المصنوعة من الموليبدنوم باستخدام سبيكة لحام صلده قد تمت دراسته (Harman et al., 1989) . إن العلاقات بين الاجهادات الداخلية لكل من شريحة السليكون والكترودات التوصيل يمكن استنتاجها كما سوف نوضح لاحقاً . وفي هذا المجال سوف نوضح هذه العلاقات على أساس وجود طبقتين ؛ الطبقة الأولى وهي العلوية تمثل شريحة السليكون ، بينما الطبقة السفلية تمثل الكترود التوصيل السفلي ، وكلاهما يوضعان في أبرد جزء من الجهاز المستخدم في إجراء التجربة الذي يسمى كرىوستات وهو موضح في شكل 1 .

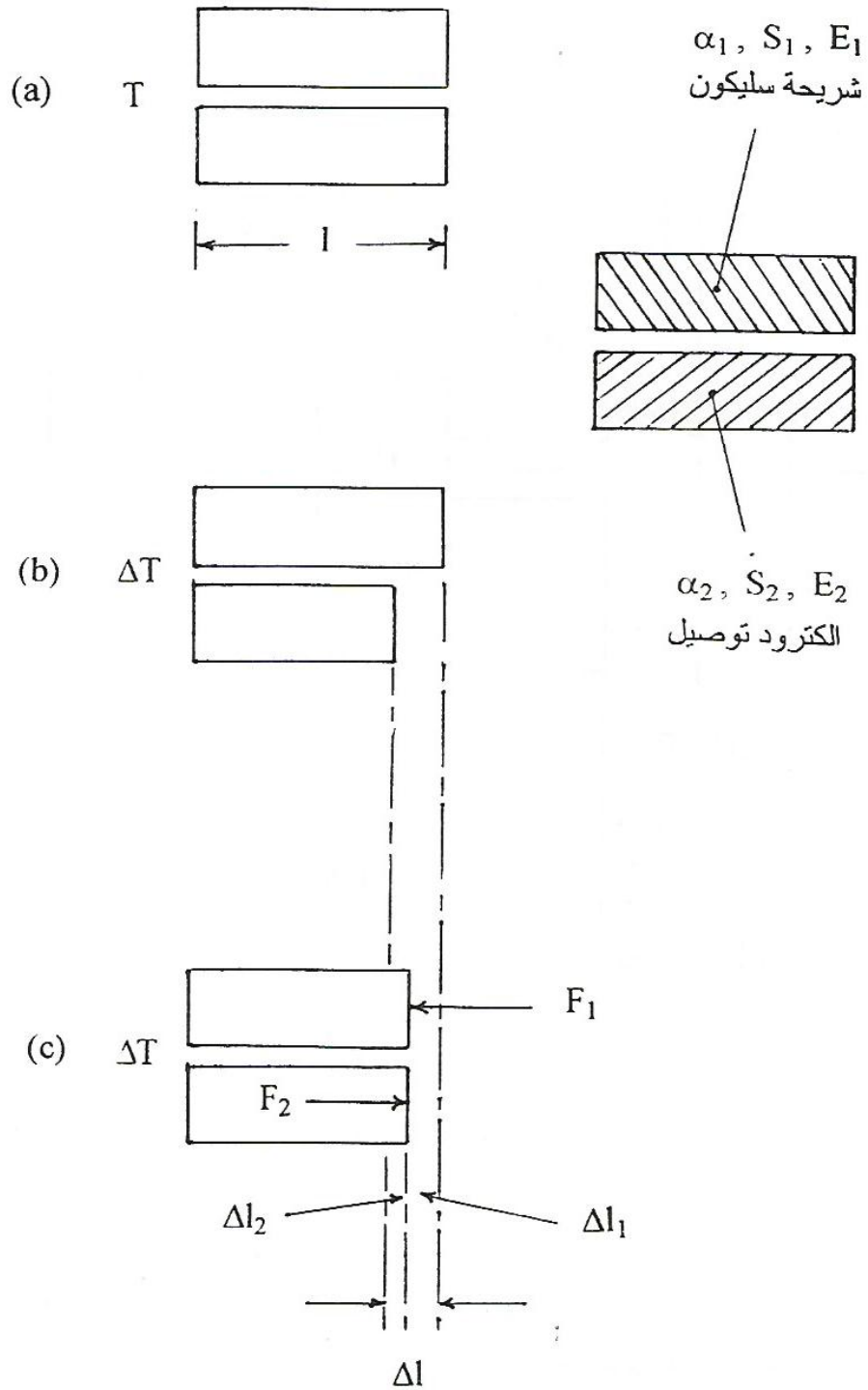
معلوم أن معاملات التمدد الحرارية لكل من مادة السليكون المستخدمة كشريحة ومادة الكترود التوصيل α_1 ، α_2 على الترتيب ولكل منهما طول 1 (شكل 2-a) وبالتالي سوف يكون الفارق في التمدد لكل من الطبقتين متناسباً طردياً مع الفرق في درجة الحرارة ΔT (شكل 2-b) . إن الانفعال الناتج ΔI_1 ، ΔI_2 كما هو مبين في شكل 2 هو ناتج من تأثير القوي F_1 ، F_2 لكي تكسب الطبقتان نفس الاستطالة (شكل 2-c) .

إن القيمة المتوسطة للاجهادات الداخلية في شريحة السليكون σ_1 والكترود التوصيل السفلي σ_2 يمكن استنتاجها كما يلي تحت شرط تساوي القوي F_1 ، F_2 وهو مبين في شكل 2 (Molt , 1996) .



- 1- ذراع لتحديد موضع العينات عند مستويات درجات الحرارة المطلوبة
- 2- ففة العينات المختبرة موضوعة على لوح من الألومنيوم
- 3- جهاز الاختبار (الكريوستات) وبداخله النيتروجين السائل
- T مبيّن لدرجات الحرارة مع ازدواج حراري
- P1 مفتاح توصيل لعينات التجربة متعدد النقاط
- O أوسيليكوب لتمثيل منحني الجهد والتيار العكسي
- M أجهزة قياس نقاط منحني الجهد والتيار العكسي

شكل 1 : الجهاز المستخدم في إجراء التجارب .



شكل 2 : الإجهادات الداخلية في شريحة السليكون والكتروود التوصيل السفلي

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 \quad (1)$$

بالقسمة على 1 .

$$\frac{\Delta l}{1} = \frac{\Delta l_1}{1} + \frac{\Delta l_2}{1} \quad (2)$$

القيمة $\frac{\Delta l}{1}$ هو ما يعبر عنه بالانفعال ε .

$$\therefore \varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \quad (3)$$

$$\varepsilon = \Delta T(\alpha_1 - \alpha_2) \quad (4)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E_1} \quad (5)$$

حيث σ هو الإجهاد ، E هو معامل المرونة .

$$\varepsilon_2 = \frac{\sigma_2}{E_2} \quad (6)$$

بالتعويض من المعادلات (4) ، (5) ، (6) في المعادلة (3)

$$\Delta T(\alpha_1 - \alpha_2) = \frac{\sigma_1}{E_1} + \frac{\sigma_2}{E_2} \quad (7)$$

$$\Delta T(\alpha_1 - \alpha_2) = \frac{\sigma_1 E_2 + \sigma_2 E_1}{E_1 E_2}$$

$$\Delta T(\alpha_1 - \alpha_2) E_1 = \sigma_1 + \sigma_2 \frac{E_1}{E_2} \quad (8)$$

وطبقا للشرط السابق $F_1 = F_2$, $F = \sigma S$

حيث S مساحة مقطع الشرائح

$$\therefore \sigma_1 S_1 = \sigma_2 S_2 , \sigma_2 = \sigma_1 \frac{S_1}{S_2} \quad (9)$$

بالتعويض من المعادلة (9) في المعادلة (8) ينتج أن :

$$\Delta T (\alpha_1 - \alpha_2) E_1 = \sigma_1 + \sigma_1 \frac{S_1 E_1}{S_2 E_2}$$

ومنه :

$$\sigma_1 = \frac{\Delta T (\alpha_1 - \alpha_2) E_1}{1 + \left(\frac{S_1 E_1}{S_2 E_2} \right)} \quad (10)$$

وهو إجهاد الضغط الواقع على شريحة السليكون ، وأيضاً .

$$\sigma_2 = \frac{\Delta T (\alpha_1 - \alpha_2) E_2}{1 + \left(\frac{S_2 E_2}{S_1 E_1} \right)} \quad (11)$$

وهو إجهاد الشد الواقع على الكترود التوصيل .

وتعامل المجموعة التي تحتوي على لحام تماماً مثل أشباه المعادن لأنها تسبب نفس الانحناءات والتقوس للمجموعة . وهذا الوصف أمكن توضيحه في الشكل 3 a, b على الترتيب الذي يبين نظامين . الأول مجموعة مكونة من سليكون - موليدنوم والثاني مكون من سليكون - لحام - موليدنوم ، ويلاحظ من هذه الدراسة أنه إذا وصل إجهاد القص في المناطق الداخلية للمجموعة إلى أقصى قيمة له فإنه نتيجة لذلك تحدث شروخ وتزداد هذه الشروخ اتساعاً موازياً لاتجاه سطح لحام التوصيل (شكل 3-b) ، ويوضح شكل (4) تأثير عزم اللي على أطراف شريحة السليكون مما يؤدي في نهاية الأمر إلى تمزق معدن لحام التوصيل ونظراً لأنه من طبيعة معدن السليكون أن قيمة إجهاد الشد له قليلة ، فإن قدرته على التشويه تكون بالتالي قليلة أيضاً ، وبالتالي فإن ازدياد إجهاد الشد على شريحة السليكون سوف يؤدي في النهاية إلى الإهيار الميكانيكي والكهربائي للمجموعة ، والشروخ التي تحدث للمجموعة تزداد أو تنقص تحت تأثير :

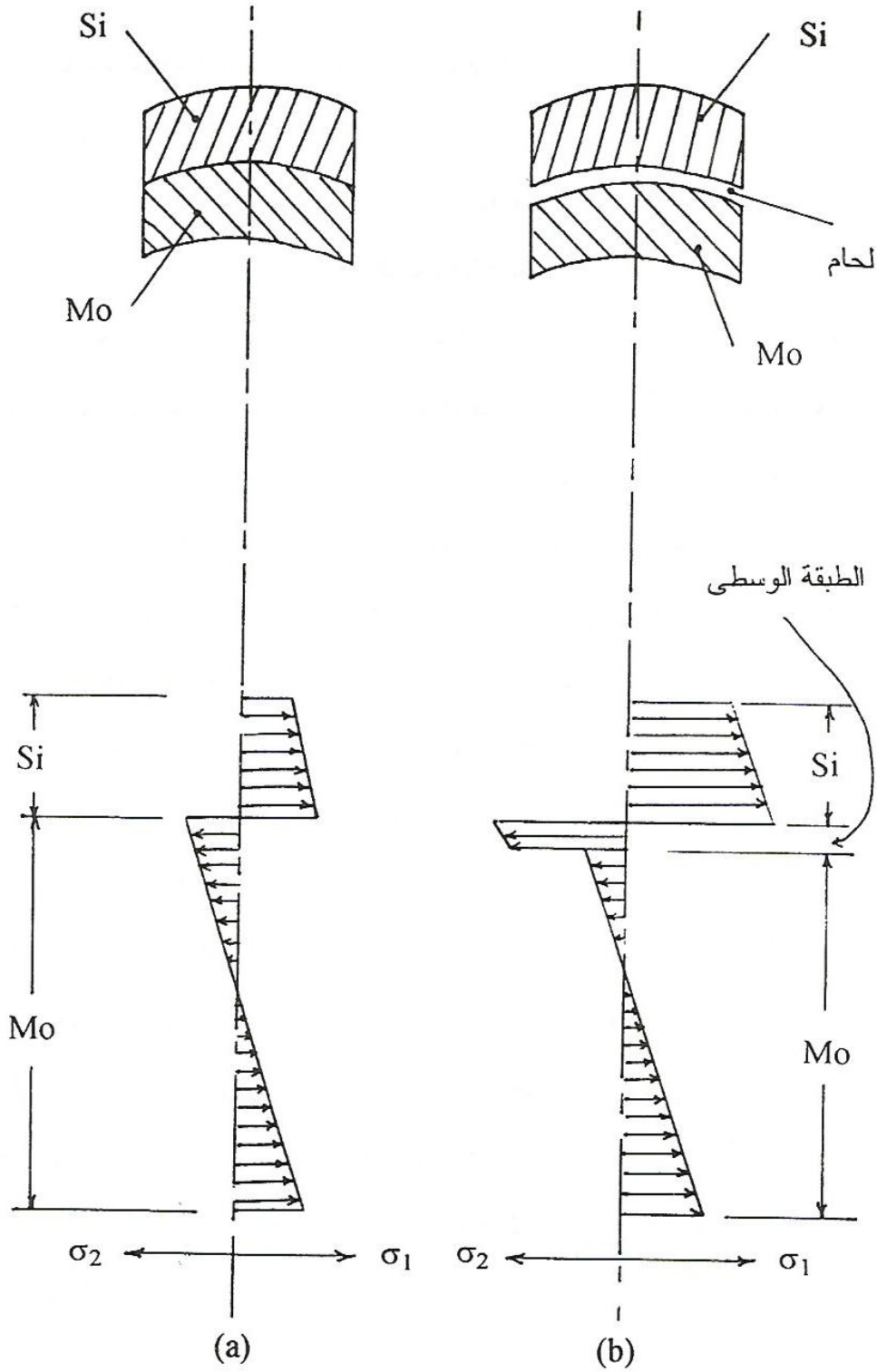
- أ- نوعية وجودة المعدن المستخدم في التوصيل .
- ب- تجانس سبيكة اللحام المستخدمة .
- ج- التقنيات المستخدمة في عمليات اللحام وتكوين المجموعة .

طريقة الاختبار

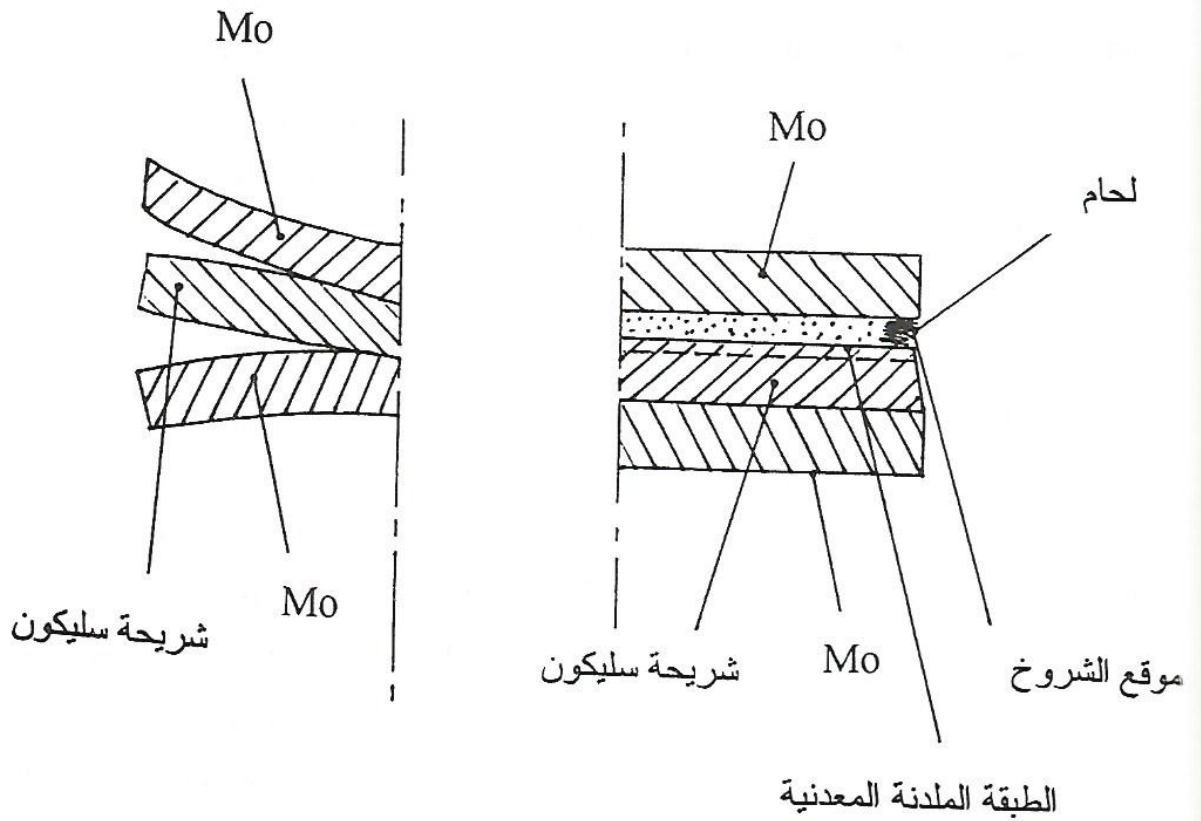
إن حالة المجموعة المكونة من شريحة السليكون والكترودات التوصيل ودلائل احتمال فشلها يمكن تحديدها ، وذلك بقياس خواصها على منحني التيار والجهد العكسي (Kubat , 1984) ، وهناك عدة طرق معملية يمكن استخدامها لتحديد ذلك الفشل ، ونسب احتمال الفشل أيضاً مثال ذلك طريقة الفحص البصري ، طريقة الرسم بأشعة الليزر ، طريقة البلورات المائية ، الفحص بطريقة الموجات فوق الصوتية إلخ ، ولكن في بحثنا هذا أمكن استخدام طريقة مبسطة وقليلة التكاليف تعتمد أساساً على الاتزان الميكانيكي للمجموعة عند درجات حرارة منخفضة تتراوح ما بين صفر و - 196 درجة مئوية . وقد أمكن الوصول إلى درجات الحرارة المنخفضة هذه عن طريق استخدام النيتروجين السائل كوسيلة لتخفيض درجات الحرارة إلى القيم المطلوبة تدريجياً داخل الوعاء المغلق الموضح في شكل 1 . وقد اخترنا في اختبارنا هذا مجموعتين من العينات :

أ- المجموعة الأولى وهي تحتوي على ست فئات كل فئة 10 عينات تم اختيارها عشوائياً من مجموعات إنتاج مختلفة وهي مقسمة كالتالي :

- الفئات التي تحمل أرقام 1 ، 2 ، 3 أستخدمت في توصيل الإلكتروودات مع شريحة السليكون سبيكة لحام رخوة مكونة من الرصاص والفضة (القسم الأول) .



شكل 3 : مخطط إجهاد القص لمجموعتين من النظام



شكل 4 : تأثير عزم اللي على أطراف شريحة السليكون .

- الفئات التي تحمل أرقام 4 ، 5 ، 6 أستخدمت في توصيل الإلكترونيات مع شريحة السليكون سبيكة لحام صلدة مكونة من الألومنيوم والسليكون ، ونتائج الاختبار موضحة في الجدول 1 .

جدول 1 : نتائج اختبار المجموعة الأولى .

الفئة	التكرار المتراكم للاهتبار (%)						
قطر وتركيب عينات الفئة	25-	50-	80-	110-	145-	175-	196-
	(م°)						
1 قطر 8 مم نحاس - سليكون - نحاس	0	0	0	0	40	90	100
2 قطر 10.5 مم موليبدينوم - سليكون - لحام (اللحام كطبقة توصيل)	0	0	0	10	70	100	100
3 قطر 28 مم موليبدينوم - سليكون - موليبدينوم	0	10	20	20	50	80	80
4 قطر 28 مم موليبدينوم - سليكون - ذهب (الذهب كطبقة توصيل)	0	0	0	0	0	50	60
5 قطر 16 مم موليبدينوم - سليكون - ذهب (الذهب كطبقة توصيل)	0	0	0	0	0	0	0
6 قطر 40 مم موليبدينوم - سليكون - ذهب (الذهب كطبقة توصيل)	0	0	0	0	0	0	0

ب- المجموعة الثانية وهي تحتوي أيضاً على ست فئات كل فئة 30 عينة تم اختيارها أيضاً عشوائياً من مجموعات إنتاج مختلفة وهي ليست من نفس المجموعات التي تم اختيار المجموعة الأولى منها وتم تقسيم فيئاتها بنفس ترتيب المجموعة الأولى ونتائج هذا الاختبار موضحة في الجدول 2 .

جدول 2 : نتائج اختبار المجموعة الثانية

الفئة	قطر وتركيب عينات الفئة	التكرار المتراكم للاهيار (%)					
		25-	50-	80-	110-	145-	175-
1	قطر 8 مم نحاس - سليكون - نحاس	0	0	0	10	50	90
2	قطر 10.5 مم موليبدينوم - سليكون - لحام (اللحام كطبقة توصيل)	0	0	10	20	80	100
3	قطر 28 مم موليبدينوم - سليكون - موليبدينوم	0	10	20	30	50	80
4	قطر 28 مم موليبدينوم - سليكون - ذهب (الذهب كطبقة توصيل)	0	0	0	0	10	60
5	قطر 16 مم موليبدينوم - سليكون - ذهب (الذهب كطبقة توصيل)	0	0	0	0	0	10
6	قطر 40 مم موليبدينوم - سليكون - ذهب (الذهب كطبقة توصيل)	0	0	0	0	0	10

ويوضح شكل 4 المخطط الصندوقي لجهاز الاختبار الذي استخدم لإجراء تجارب هذا البحث .

نتائج البحث وتحليلها الإحصائي

تحقيقاً للوصول إلى أنسب النتائج لهذا البحث فقد تمت متابعة منحني خواص التيار والجهد العكسي لكل عينة عند درجة الحرارة المختارة وهي الدرجات الموضحة في الجدولين 1 ، 2 آخذين في الاعتبار ثبات درجة الحرارة المختارة لفترة محددة وثابتة لكل عينة وعند كل قياس ، وقد تم حساب التكرار المتراكم للاختيار بالنسبة لجميع الفئات أثناء عملية التبريد التدريجي باستخدام بخار النيتروجين من صفر درجة مئوية حتى - 196 درجة مئوية وتم وضع هذه النتائج في الجدولين 1 ، 2 ، النتائج الموضحة في الجدولين 1 ، 2 أمكن تحليلهما إحصائياً باستخدام نوعين من التحليل (Billinton & Allan , 1983 ; Anders , 1990) .

أ- احتمالية دالة الكثافة .

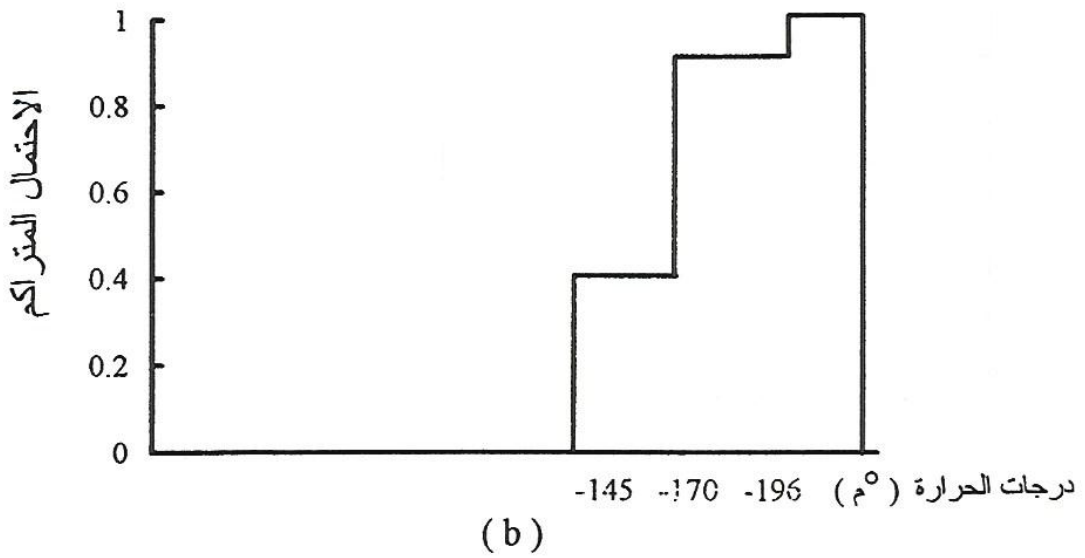
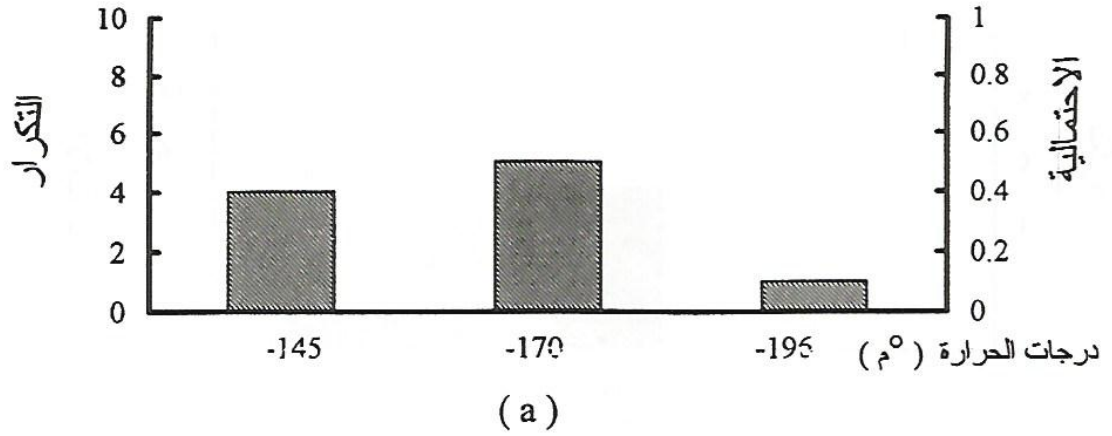
ب- احتمالية دالة التوزيع المتراكم .

الشكل a - 5 يوضح التوزيع التكراري واحتمالية الفشل للفئة 1 من المجموعة الأولى بينما الشكل b - 5 يوضح احتمالية دالة التوزيع المتراكم لنفس الفئة والمجموعة .

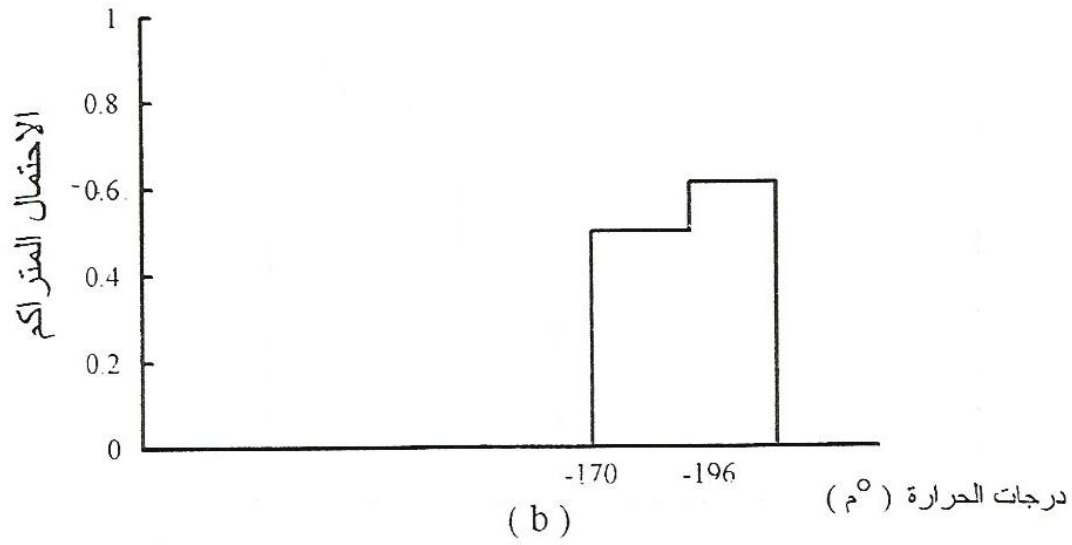
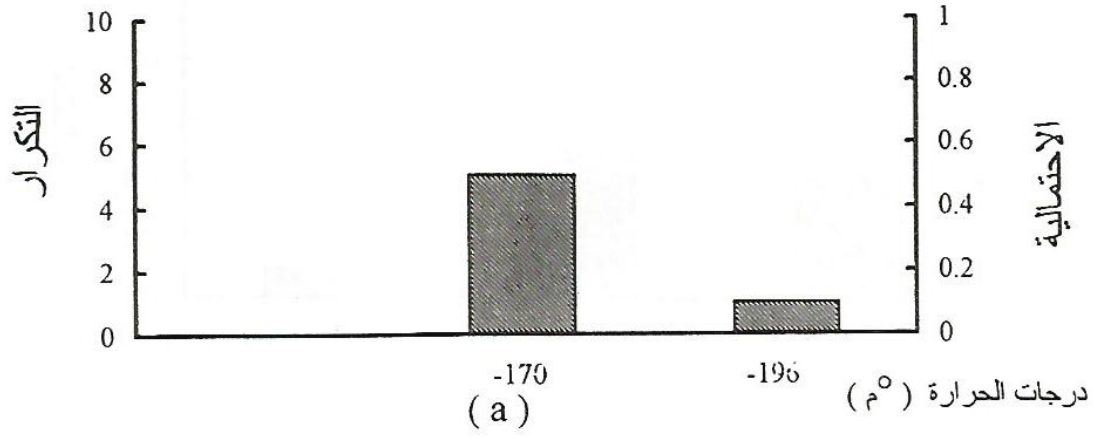
الشكل a - 6 يوضح التوزيع التكراري واحتمالية الفشل للفئة 4 من المجموعة الأولى بينما الشكل b - 6 يوضح احتمالية دالة التوزيع المتراكم لنفس الفئة والمجموعة .

الشكل a - 7 يوضح التوزيع التكراري واحتمالية الفشل للفئة 1 من المجموعة الثانية بينما الشكل b - 7 يوضح احتمالية دالة التوزيع المتراكم لنفس الفئة والمجموعة .

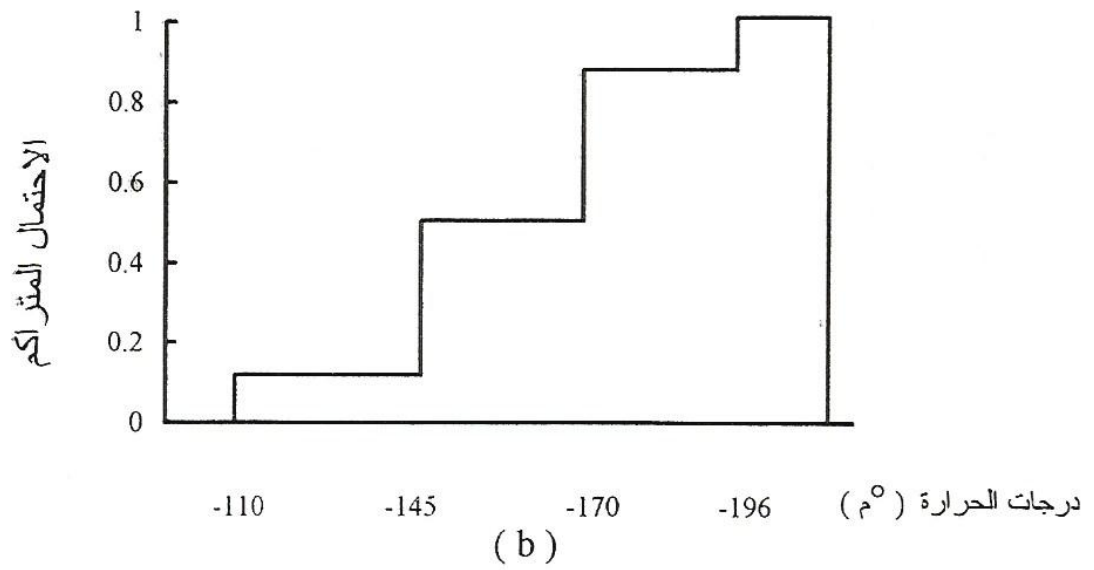
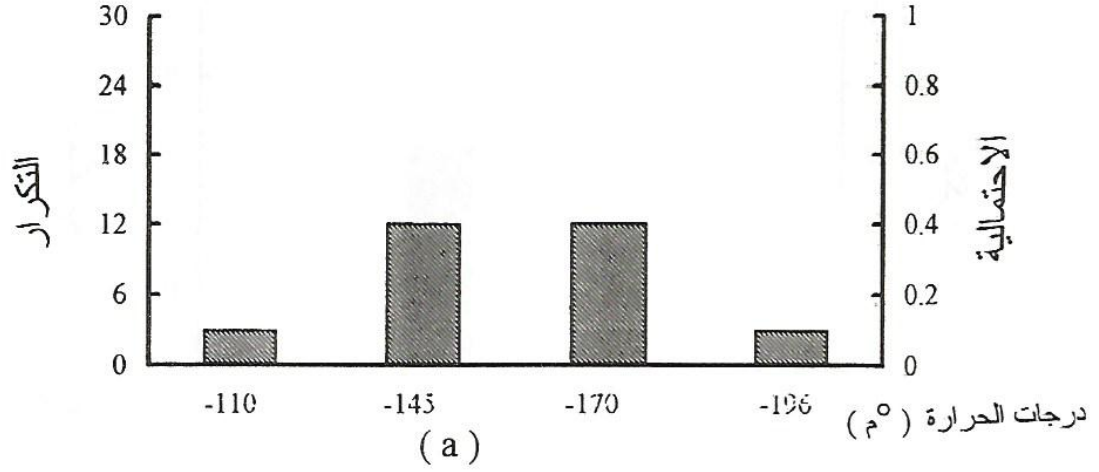
الشكل a - 8 يوضح التوزيع التكراري واحتمالية الفشل للفئة 4 من المجموعة الثانية بينما الشكل b - 8 يوضح احتمالية دالة التوزيع المتراكم لنفس الفئة والمجموعة .



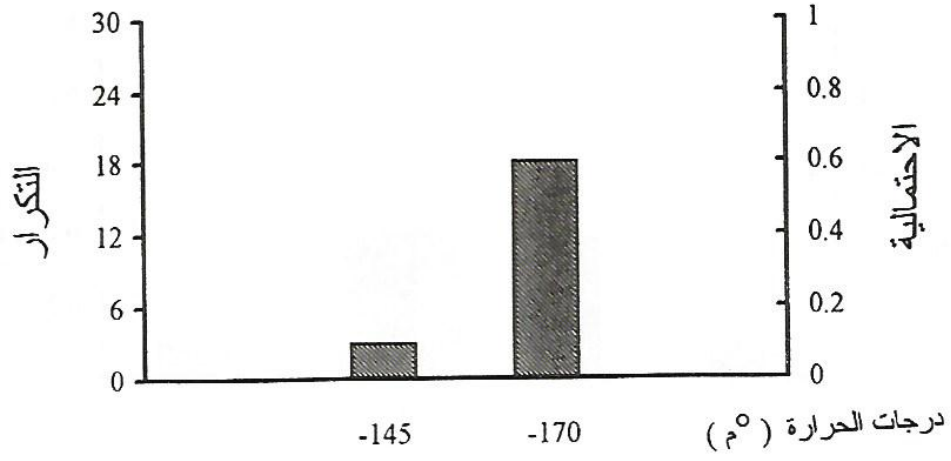
شكل 5 : التوزيع التكراري واحتمالية الفشل واحتمالية دالة التوزيع المتراكم لعينات الفئة الأولى من المجموعة الأولى .



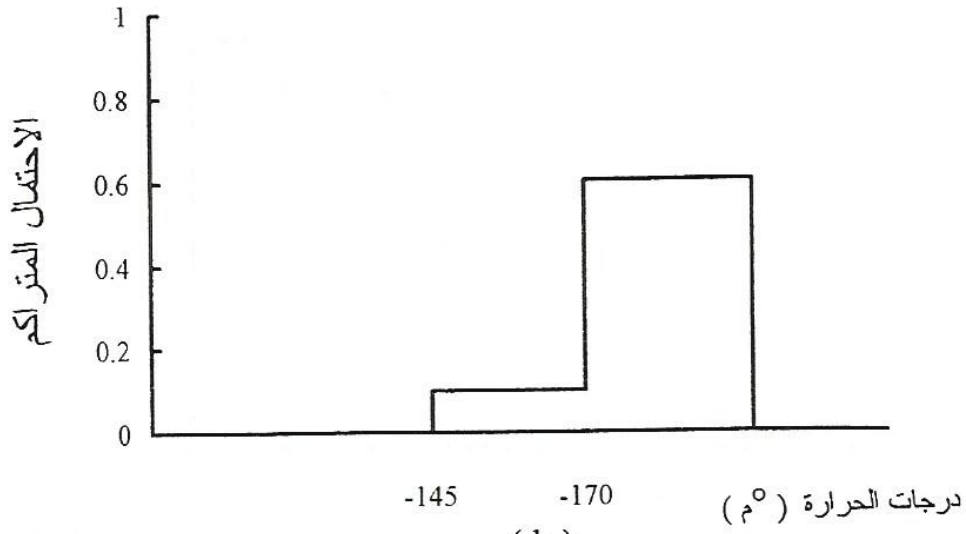
شكل 6 : التوزيع التكراري واحتمالية الفشل واحتمالية دالة التوزيع المتراكم لعينات الفئة الرابعة من المجموعة الأولى .



شكل 7 : التوزيع التكراري واحتمالية الفشل واحتمالية دالة التوزيع المتراكم لعينات الفئة الأولى من المجموعة الثانية .



(a)



(b)

شكل 8 : التوزيع التكراري واحتمالية الفشل واحتمالية دالة التوزيع المتراكم لعينات الفئة الرابعة من المجموعة الثانية .

ومن ذلك يمكن حساب متوسط درجة الحرارة المتوقعة بالدرجات المئوية لحدوث الانهيار لهاتين الفئتين باستخدام القانون التالي الذي يحدد المتوسط المتوقع لمجموعة من النتائج تأخذ شكلاً متدرجاً .

$$E(T) = \sum_{i=1}^n T_i P_i \quad (12)$$

حيث :

$E(T)$ هي القيمة المتوسطة المتوقعة لدرجة حرارة انهيار مجموعة النبائط .

T_i هي درجة الحرارة بالدرجات المئوية المناظرة لاحتمال انهيار عدد معين من النبائط .

P_i هي احتمالية حدوث انهيار لعدد معين من النبائط عند درجة حرارة T_i .

n عدد النتائج .

أ- بالنسبة للمجموعة الأولى :

$$E(T)_1 = \sum_{i=1}^3 T_i P_i = (-145)X \frac{4}{10} + (-170)X \frac{5}{10} + (-196)X \frac{1}{10}$$

$$= -162.6^\circ C$$

$$E(T)_4 = \sum_{i=1}^2 T_i P_i = (-170)X \frac{5}{6} + (-196)X \frac{1}{6} = -173.3^\circ C$$

ب- بالنسبة للمجموعة الثانية :

$$E(T)_1 = \sum_{i=1}^4 T_i P_i = (-110)X \frac{1}{10} + (-145)X \frac{4}{10} + (-170)X \frac{4}{10}$$

$$+ (-196)X \frac{1}{10} = -156.6^\circ C$$

$$E(T)_4 = \sum_{i=1}^2 T_i P_i = (-145)X \frac{1}{6} + (-170)X \frac{5}{6} = -165.8^\circ C$$

و بمقارنة متوسط درجتي الحرارة المتوقعة لحدوث الانهيار للفئة الأولى لكل من

المجموعتين يمكن حساب الخطأ المعوي في هذه النتائج كالتالي :

بالنسبة للفئة الأولى :

$$\begin{aligned} \%error &= \frac{E(T_1)_{G_2} - E(T_1)_{G_1}}{E(T_1)_{G_1}} \\ &= \frac{(-156.6) - (-162.6)}{-162.6} \times 100 = 3.7\% \end{aligned}$$

أما بالنسبة للفئة الرابعة فهي :

$$\%error = \frac{(-165.8) - (-173.3)}{-173.3} \times 100 = 4.3\%$$

ونسبة الخطأ هذه في حدود المسموح به بالنسبة لتعميم هذه التجربة لعدد أكبر من

العينات . من نتائج التحليل الإحصائي وأيضاً باستخدام النتائج التي حصلنا عليها من

التجارب العملية تبين أن العينات التي تنتمي إلى القسم الثاني من المجموعتين (الفئات 4،5،6)

يمكنها أن تقاوم الهبوط الشديد في درجات الحرارة حتى - 196 درجة مئوية مقارنة بالعينات

التي تنتمي إلى القسم الأول من المجموعتين (الفئات 1،2،3) مهما زادت عدد العينات ، ومن

ثم فإن احتمال حدوث شروخ وبالتالي الانهيار الكهربائي والميكانيكي للعينات يزيد بالنسبة

لعينات القسم الأول عنه بالنسبة لعينات القسم الثاني .

الاستنتاجات

بينت طريقة الاختبار التي استخدمت في هذا البحث إمكانية إيجاد درجات الحرارة

الحرجة التي يحدث عندها الانهيار الميكانيكي والكهربائي لنبائط أشباه موصلات القدرة

معملياً ، كما وضحت أيضاً العلاقة التي تربط النتائج بتركيب هذه النبائط من حيث القطر ،

اللحام ، نوع مادة الكترودات التوصيل ... إلخ ، وبطريقة الاختبار هذه أمكننا معملياً

وبسهولة إعطاء معلومات سريعة عن كفاءة التقنيات المستخدمة وأيضاً أنسب التركيبات التي يمكن استخدامها في نبائط أشباه موصلات القدرة تحت ظروف درجات الحرارة المنخفضة جداً وذلك منعاً لاحتمال تعرض تلك النبائط للاهتزاز الميكانيكي والكهربائي مما يؤثر في النهاية على أداء واعتمادية منظومة القدرة المستخدمة فيها تلك النبائط .

قائمة بالمصطلحات

Devices	نبائط
Semiconductor	شبه موصل
Diode	موحد ثنائي
Thyristor	موحد سليكوني محكوم
Wafer	شريحة
Junctions	وصلات
Energy bands	نطاقات الطاقة
Minority charge carriers	حوامل الشحنة القليلة
Mobility	الحركية
Lifetime	فترة العمر
Reverse voltage	الجهد العكسي
I – V characteristic	منحني خواص الجهد والتيار
Delatation electrode	الكتروود توصيل
Hard solder	لحام صلد
Soft solder	لحام رخو
Thermal coefficients	معاملات حرارية
Internal stress	إجهاد داخلي
Compressive stress	إجهاد ضغط
Tensile stress	إجهاد شد

Bimetallic	شبه معدن
Cracks	شروخ
Margin	أطراف (هوامش)
Tearing	تمزق
Homogeneity	تجانس
Bending moment	عزم اللي
Modulus of elasticity	معامل المرونة
Intermediate layer	طبقة وسطي
Annealing layer	طبقة ملدنة
Probability density function	احتمالية دالة الكثافة
Cumulative probability distribution function	احتمالية دالة التوزيع المتراكم
Cumulative failure frequency	التكرار المتراكم للاهتيار

Failure Dependence Of Semiconductor Devices On Low Temperatures

*M. R. Salem

*L. A. Talat

Abstract

The paper studies the effect of low temperatures on the failure of power semiconductor devices. Due to the high difference of thermal coefficient between the silicon wafer and dilatation electrodes , and in some cases in the solder connecting both ; a high mechanical stress occurs and results cracks in the intermediate layers. These cracks produce big change in the reverse I – V characteristic for some devices and finally an electrical failure occurs .

* Omer Al- Mukhtar University Faculty of Engineering Beida – Libya

المختار للعلوم العدد الخامس 1998م

There are different methods used for location of failure , this study uses a simple method based on mechanical stability of the system .

Different sets were chosen randomly from different groups of production . The samples were put in the cryostat and the temperature was adjusted from 0 °C to – 196 °C to determine the failure sample and its corresponding temperature. The data collected experimentally was analyzed using probability density function and cumulative probability distribution function .

The results indicate that there are a strong correlation between the critical temperature and the type, construction of system as well as the quality of the technological processes during the manufacturing of semiconductor devices .

المراجع

- Anders ,G.J. 1990 . Probability Concepts in Electric Power Systems . John Wiely and Sons .
- Billinton, R., and R. N. Allan, 1983. Reliability Evaluation of Engineering systems : Concepts and Technique. Pitman Books.
- Graff, I., and L. Kleinman , 1963. Deformation Potentials in Silicon. Effect of General Strain on Conduction and Valence Levels. Phys. Rev . 132 , No . 3.
- Harman , R. et al., 1989. Mechanical Stress on Hard Soldered Contact of the Systems Si- Mo. Research Report. Slovak Technical University . Bratislava. Slovak Republic.
- Kanada , Y., 1973. Effect of Compressive Stress on Silicon Bipolar Devices. J. Appl. Phys., 44, No. 1 .
- Kubat, M., 1984. Power Semiconductors. Springer Verlag .
- Molt, R. L., 1996. Applied Strength of Materials. Printice Hall.
- Vortman , J.; J. Hauser and R. Burger. 1964. Effect of Mechanical Stress on PN Junction Devices Characteristics. J. Appl. Phys. 37 , No. 7 .