P- ISSN 1991-8941 E-ISSN 2706-6703 (JUAPS) مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة Open Access
2013,(7), (1) :218-224

دراسة بعض العيوب السطحية لشرائح السليكون الاحادية التبلور.

ساريـة ذيـاب محمد* حاتم عبد الرزاق طه** اريج رياض سعيد*

*الجامعة التكنولوجية – قسم العلوم النطبيقية
**جامعة بغداد - كلية التربية - ابن الهيثم

معلومات البحث:
تاريخ التسليم: 2012/3/13
تاريخ القبول: 2012/11/27
تاريخ النشر: 30/ 11 / 2013
DOI:10.37652/juaps.2013.83053

الكلمات المفتاحية:
الاظهار الكيماوي،
العيوب السطحية،
شرائح السيليكون،
مستويات التبلور الاحادية.

الخلاصة:

ان البلورات الأحادية لأشباه الموصلات لاتكون مثالية بل تحوي فى بنيتها بعض العيوب السطحية والمتمثلة بالتوأمية، التركيب السلالي، الحدود الحبيبية. تضمن البحث اعتماد تقنية الاظهار الكيميائي الفحوصات المجهرية لتحديد العيوب السطحية على ا لشرائح السليكونية وللمستويات (111)، (0 11) بعد المعاملات الميكانيكية وأستخدام محاليل الاظهار المفضلة .استخدم خلال هذا البحث محلول أوكسيد الكروم الحامضي في أظهار التركيب السلالي على شرائح السليكون الأحادية للمستويات(111)، (110) حيث أظهرت الفحوصات المجهرية هيئات هندسية على شكل مصفوفة مثلثات متتالية، مصفوفة مستطيلات متتالية في اتجاه واحد وعلى التوالي . يظهر التركيب السلالي بسبب تحرك الانخلاعات بشكل تسلقي مؤدية الى ازاحة الشبيكة البلورية بأتجاه متجه بركر. لقد تم اعتماد محلول CP–4 في اظهار التوأمية على شرائح السليكون الأحادية للمستويات(111)، (110). حيث اظهرت الفحوصات المجهرية الاختلاف في انعكاسية الضوء للسطح الواحد بسبب الاختلاف في الأتجاهية ولنفس المستوي البلوري، وتصنف تلك الاشكال الى انواع من التوأمة السطحية والتوأمة التماسية وذلك لتكوين أتجاهين متناظرين في المستوي الواحد. بينما أدى محلول CP–4 المضاف اليه ايونات النحاس الى اظهار التركيب المتعدد البلورات على سطوح بلورات السليكون، حيث تظهر الفحوصات المجهرية انعكاسات ضوئية مختلفة ومتعددة على شرائح البلورة.

المقدمة

يعد تكوين التوأمة Twining نمطاً من أنماط التشويهات اللدنة وتتكون في أشباه الموصلات بسبب التغيرات في درجات الحرارة و احتمالية التلوث أثناء عمليات الانماء البلوري، وهي أن تنمو بلورتان أو أكثر في المادة وتتداخل في مستوٍ واحد ولكن باتجاهات مختلفة، يظهر المستوى المشوه في البلورة كأنه انعكاس للمستوي الغير مشوه عبر الحد الفاصل بينهما ويطلق عليه مزدوج التوأمية Twining Plane وكما موضح في الشكل (1) حيث يمثل الجزء الأيسر الشبيكة الأصلية بينما يمثل الجزء الآخر شبيكة توأمية والحد الفاصل يمثل مستوى الانعكاس Reflection Plane [1] .

تستخدم عادة المصطلحات التالية في تصنيف التوأمة في البلورات :

1– التوأم البسيط Simple twin وهو التوأم الذي تكون البلورة المتوأمة Twinned crystal فيها متكونة من جزئين فقط.

2 – التوأم المضاعف Multiple twin وتتكون البلورة المتوأمة Twinned crystalمن أكثر من جزئين تتميز باتجاهات مختلفة لبنياتها البلورية المتماثلة.

3 – التوأم التماسي Contact twin وهو النوع الذي يكون فيه مستوى التركيب Composition plane الذي يفصل بين جزئي البلورة المتوأمة واضحاً ومحدداً ويوصف قانون التوأمة Twin law فيها من خلال مستوى التوأمة.

4 –التوأم المتداخل Penetration twin و في هذا النوع تخترق أجزاء البلورة المتوأمة Twinned crystal بعضها البعض وتؤدي الى عدم وضوح وانتظام مستوى التركيب Composition plane فيها[2]

* Corresponding author at: University of Technology - Department of Applied Sciences;
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5859-6212 .Mobil:777777
E-mail address:

إن كلا التوأمين التماسي Contact والمتداخل Penetration يمكن ان يكونا من النوع البسيط Simple twin أو المضاعف Multiple twin . وعندما تكون مستويات التوأمة Twin planes موازية لبعضها البعض، تسمى التوأمة في هذه الحالة بتوأمة متعددة التركيب Polysynthetic twin وفي التوأمة الرقائقية Lamellar twinning تكون أجزاء البلورة المتوأمة بهيئة رقائق دقيقة جداً وهو نوع خاص من توأمة متعددة التركيب. أما إذا كانت اجزاء البلورة المتوأمة Twinned crystal مرتبطة مع بعضها البعض من خلال مستويات توأمة Twin Planes غير متوازية فإن هذا سيمثل التوأمية الدائرية Cyclic twinning [3] .

يتكون السطح البلوري أحياناً من عدة مناطق موزائيك Mosaic Regions كل منطقة تمثل بلورة تامة ويوجد عدم توافق في الاتجاهات بين منطقة و أخرى. فإذا كان الانحراف الزاوي بين المناطق طفيفاً وكانت المنطقة صغيرة الحجم أطلق عليها قالب الموزائيك Mosaic Blocks وقد يطلق على الجزء المنحرف بمصطلح التركيب السلالي Lineage Structure وكما موضح في الشكل (2). يعزى سبب تكون هذا النوع من العيوب في البلورات ذات الحدود الحبيبية للزوايا الصغيرة في أشباه الموصلات الى عدم التوافق بين البذرة والبلورة المنماة في تقنية الانصهار وبين القاعدة والسطح للبلورة المنماة في تقنية الانماء الفوقي والى العيوب في البذرة التي تنتقل الى البلورة لتكوين التركيب السلالي [4].

تظهر الحدود الحبيبية Grain Boundaries في المواد العديدة التبلور وهي بذلك تمثل الحدود الفاصلة بين هذه البلورات الداخلة ضمن تركيب المادة (البلورات ذات التركيب الكيميائي نفسه، أنظر الشكل (3) أو بين تلك البلورات ذات التراكيب الكيميائية المختلفة.إن وجود ظاهرة تعدد التبلور Polycrystalline في المواد شيء مألوف فقطعة من الحديد أو النحاس لا تكون في العادة بلورة واحدة . إن ظاهرة تعدد التبلور في المواد تحدث أثناء عملية التصلب Solidificationوخلال عملية اعادة التبلور Recrystallization . [5]

الجانب العملي

اعتمدت شرائح السليكون الاحادية والمتعدد البلورات المصنعه في شركة المنصور العامة والمنماة بتقنية السحب البلوري(C Z) وللمستويات (111), (110) تم تقطيع قضيب بلورات السيليكون الاحادية الى شرائح بسمك 30µm وذلك بأستخدام ماكنة قطع البلورات لنوع :(Meger .& Burugeragel 36/3 St Effis barg state).

استعملت عمليات التجليخ (Grinding) والتنعيم (Polishing) وذلك لازالة تشوهات القطع والحصول على مستويات موازية للسطح وأزالة اخطاء القطع للمستويات البلورية المحددة . لقد تم تثبيت الشرائح على مساند هشة (Brittle Support) لغرض تجاوز مشاكل تكسر الشرائح قبل المباشرة بعمليات الصقل .

تلصق النماذج فوق شرائح زجاجية مجهرية (Microscopic Slide) وأحاطتها بأسطوانه زجاجية بأبعاد 25X30 mm . يصهر الكبريت الاصفر ثم يصب فوق العينه حيث سيتصلب الكبريت بعد دقائق قليلة ويأخذ شكل اسطواني. توضع اوراق السنفرة (Emerge paper) المستخدمة ولدرجات تتراوح بين (5-30 µm) رعلى قرص دوار لمنظومة الصقل نوع Flat Cast Iron Lamp .تحرك مساند النموذج يدوياً وبشكل عامودي وعلى هيئة دائرية او رقم (8) وبأتجاه واحد ولمدة تتراوح بين (15-30 min) حتى نحصل على سطوح ناعمة خالية من التجلخات .

يثبت قماش التنعيم على القرص الدوار ويستخدم مسحوق الالومينا Al2O3 لقطر (5 µm) ثم يضاف سائل الكلسريين او الماء اللاآيوني لغرض تنعيم الشرائح الى مرحلة ادق ثم يضاف معجون الماس(0.25 µm) ثم تصقل النموذج حتى يصبح بنعومة سطح المرآة. يغسل النموذج ثم تزال مساند الكبريت بأستخدام سكينة حادة او ماء حار ثم نستخدم مزيج من المحاليل الكيميائية التالية لتنعيم شرائح السيليكون الاحادية عند درجة حرارة الغرفة ثم يغسل بالماء اللاأيوني وتجفف بالهواء :

9ml HNO3 + 9ml HF + 5CH3COOH

تم اعتماد المحاليل الكميائية المدونة في الجدول (1) لأظهار العيوب البلورية على شرائح السلكون للمستويات(111)،(110) مثل عيوب التوأمية،الحدودية،تعدد البلورات. بعد ذلك اجريت الفحوصات المجهرية باستخدام مجهر ضوئي عاكس لنوع3Metall UXولقدرات تكبير واطئة تتراوح من (50-1000) مرة.

النتائج والمناقشة

1-نتائج فحوصات الاشعة السينية

توضح الاشكال (4)،(5)، نتائج فحوصات الاشعة السينية لشرائح السليكونيةالاحادية البلورات وللمستويات (110)،للمستويات(111) على التوالي والمعتمدة في شركة المنصور العامة. يظهر من خلال الشكل(4) ان قمة المستويات (110) تظهر عند الزاويا (2θ) وبالتقريب(° 48) وحسب زوايا براك لحيود الاشعة السينية للشعاع (CuKα) لاشباه الموصلات وكما مدرج في في الجدول [2]، يظهر في الشكل (5) قمة المستويات (111) عند الزاوية (2θ) وبالتقريب(°29) وحسب زوايا براك لحيود الاشعة السينية للشعاع (CuKα) لاشباه الموصلات وكما مدرج في الجدول [2].

2-نتائج الفحوصات المجهرية لتحديد التوأمة البسيطة

تتكون التوأمة في البلورات الاحادية ذات التركيب الماسي للاوجه (f.c.c) عند انقطاع الترتيب المنتظم للذرات في المراحل الاولى لعمليات الانماء البلوري لقضيب السليكون المشوب بنوع n- type ,p- type . حيث ستحتل الذرات المشوبة مواقع جديدة وتؤدي الى تغيير اتجاه البنية التركيبية للبلورات المنماة , فتتكون التوأمة المتميزة بجزئين ذات اتجاهين مختلفة ولنفس المستوي في البنية البلورية المتماثلة .

يوضح الشكل (6) صور مجهرية للانماط مختلفة من التوأمة البسيطة على سطوح بلورات السيليكون الاحادية وللمستويات (111) عند التكبير (X300), (X500) وعلى التوالي، ويوضح الشكل (7) صور مجهرية للانماط مختلفة من التوأمة البسيطة على سطوح بلورات السيليكون الاحادية وللمستويات (110) عند التكبير (X500) بعد عمليات الاظهار باستخدام المحاليل الكميائية المدونة في جدول (1) و لزمن تعرض مختلف حيث ان معدلات الاظهار للمستويات (110) اسرع من معدلات الاظهار للمستويات (111) [6] .

يظهر من خلال الاشكال الاختلاف في انعكاسية الضوء للسطح الواحد بسبب الاختلاف في الأتجاهية ولنفس المستوي البلوري، وتصنف تلك الاشكال الى انواع من التوأمة السطحية والتوأمة التماسية وذلك لتكوين أتجاهين متناظرين في المستوي الواحد. تعوى عيوب التوأمة في بلورات السليكون الاحادي من انواع العيوب السطحية ذات الانماط والتشوهات اللدنة وتعزالى الاجهادات الميكانيكية والتذبذبات المرافق لعمليات الانماء البلوري، حيث يؤدي ذلك الى انزلاق المستويات الذرية في اتجاهات الموازية لاتجاه الجهد المسلط على البلورة، تنمو التؤمة في القضيب البلوري للسلكون الاحادي ايضاً بسبب الانخفاض المفاجئ في الدرجات الحرارية للمنصهر خلال عمليات الانماء البلوري، وتعزى كذلك الى عمليات تشويب المنصهر بالشوائب المختارة[7] . لاتؤثر عيوب التؤئمة في شرائح البلورات الاحادية، للسليكون على النوعية البلورية من حيث بالامكان استخدامها في الصناعات الالكترونيات .

3-نتائج الفحوصات المجهرية لتحديد التركيب السلالي

يتكون السطح البلوري أحياناً من عدة مناطق موزائيك كل منطقة تمثل بلورة تامة ويوجد عدم توافق في الاتجاهات بين منطقة او اخرى، فأذا كان الانحراف الزاوي بين المناطق طفيفاً وكانت المنطقة صغيرة الحجم اطلق عليها قالب الموزائيك، ويطلق على هذا الجزء المنحرف مصطلح التركيب السلالي [1].

توضح الاشكال (8)،(9)، صور مجهرية للتركيب السلالي المظهرة على السطوح بلورة السيليكون الاحادية وللمستويات (111)،(110) عند التكبير (X500) وعلى التوالي باستخدام المحلول الكيميائي المذكورة في الجدول(1) و لزمن تعرض مختلف حيث ان معدلات الاظهار للمستويات (110) اسرع من معدلات الاظهار للمستويات (111) [6] . يظهر من خلال الشكلين هيئات هندسية على شكل مصفوفة مثلثات متتالية في اتجاه واحد، تطهر تلك المصفوفة الهندسية على الشرائح البلورية بسبب تحرك الانخلاعات بشكل تسلقي مؤدية الى ازاحة الشبيكة البلورية بأتجاه متجه بركر Burgers Vector .

الشكل (9) يوضح في صور مجهرية للتركيب السلالي لسطوح بلورة السليكون الاحادي (110) وللتكبيرة (X500) حيث يظهر هيئات هندسية على شكل مستطيلات متتالية في اتجاه واحد . تظهر تلك المصفوفة الهندسية على الشرائح البلورية بسبب تحرك الانخلاعات بشكل تسلقي مؤدية الى ازاحة الشبيكة البلورية بأتجاه متجه بركر Burgers Vector . يعزى سبب تكوين التركيب السلالي في بلورات اشباه الموصلات ذات الحدود الحبيبية للزوايا الصغيرة بين قوالب الموزائيك الى عدم التوافق بين البذرة المستخدمة في عمليات الانماء البلوري والبلورة المنماة في تقنية الانصهار . والى عيوب سطحية موجودة في البذرة تنتقل الى البلورة لتكوين التركيب السلالي . وتعتبر هذا نوع من العيوب اللدنة المحتملة الوجود في شرائح بلورات السليكون الاحادية ولا تؤثر على النوعية التامة [8].

4-نتائج الفحوصات المجهرية لتحديد الحدود الحبيبية

عند تعرض بلورات اشباه الموصلات الى اجهادات ميكانيكية عالية تزداد الزوايا بين قطع الموزائيك الى اكبر من 10°-15° فتتضاعف البلورات المتوأمة لمستويات متعددة واتجاهات مختلفة في المستوي الواحد فتظهر ظاهرة تعدد البلورات[2].

يوضح الشكل (10) صور مجهرية للتركيب المتعدد البلورات لشرائح السليكون المظهرة على السطوح بلورة السيليكون عند التكبير (X300), (X500) وعلى التوالي بااستخدام المحلول الكيميائي المشار اليه في الجدول .نلاحظ من خلال الاشكلين انعكاسات ضوئية مختلفة ومتعددة على شرائح البلورات السلكونية بسبب تعدد الاتجاهات البلورية لكل من الحبيبات وهذا يعطي انطباع فشل عمليات الانماء البلوري في الحصول على على بلورات احادية التبلور[9] . بعد استعراض النتائج الخاصة بتقنيات الاظهار الكيميائي لتحديد العيوب السطحية على شرائح السيليكون الاحادية نستنتج الاتي -:

1. البلورات الاحادية بصورة عامة تتكون من قطع من الموزائك ذات حدود حبيبة صغيرة يطلق عليها التركيب السلالي
2. يظهر التركيب السلالي على شرائح بلورة السليكون الاحادي و للمستويات (111), (110) على شكل مصفوفة مثلثات متتالية، مصفوفة مستطيلات متتالية و في اتجاه واحد وعلى التوالي .
3. تظهر التوأمية باختلاف انعكاسية الضوء للسطح الواحد بسبب الاختلاف في الأتجاهية ولنفس المستوي البلوري، وتصنف تلك الاشكال الى انواع من التوأمة السطحية وذلك لتكوين أتجاهين متناظرين في المستوي الواحد.
4. تظهر التوامية المضاعفة أو تعدد البلورات على شرائح السلكون بهيئة انعكاسات متعددة وذلك لأختلاف المستويات والأتجاهات في الشريحة الواحدة.

المصادر:

[1] W. R. Runyan, T. J. Shaffner(1998). "Semiconductor Measurements and Instrumentation". 454 pages, McGraw-Hill, New York.

[2] W. R. Runyan (1965). "Silicon semiconductor technology" 277 pages, McGraw-Hill, - Technology & Engineering ,New York.

[3] D. K. Schroder (1998)." Semiconductor Material and Device Characterization" , p. 634, John Wiley &Sons, New York.

[4] K. Dornich, T. Hahn, and J.R. Niklas (2005). "Non destructive electrical defect characterization and topography of silicon wafers and epitaxial layers" Mater. Res. Soc. Symp. Proc.. Vol. .864 E11.2.1

[5] Robyn L. Woo, Rui Xiao, Yoji Kobayashi, Li Gao, Niti Goel (2008) "Effect of Twinning on the Photoluminescence and Photo electrochemical Properties of Indium Phosphate Nanowires Grown on Silicon (111)" Nano Lett.. VOL. 8.. NO .12, 4664-4669.

[6]R. Edwin Oosterbroek, J. W. (Erwin) Berenschot, Henri V. Jansen(2000)
"Etching Methodologies in <111 >Oriented Silicon Wafers" JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS..VOL. 9.. NO. 3, SEPTEMBER.

[7] Mingu KANG, Byeong-Eog JUN, Young H. KIM(2011) "Effect of orientation and size of silicon single crystal to Electro-Ultrasonic Spectroscopy" Korea Science Academy of KAIST, Korea.. International Workshop of NDT Experts

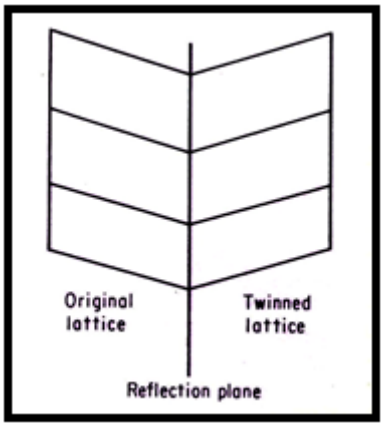
[8] V. Voronkova,z and R. Falsterb, (2002) Journal of The Electrochemical Society VOL.149 ..NO.3, G167-G174.

[9]Hirofumi Miyahara (2005) "Effect of Twin Growth on Unidirectional Solidification Control of Multicrystal Silicon for Solar Cells"Materials Transactions.. Vol. 46.. No. 5 pp. 935 to 943.

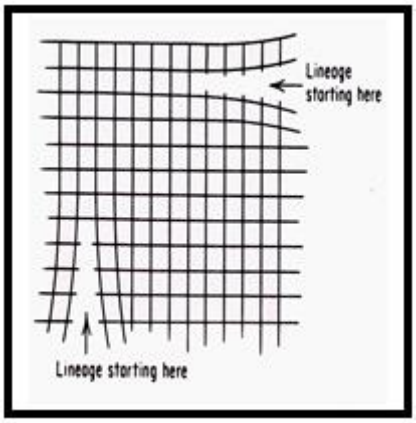
الجدول (1) المحاليل الكميائية المستخدمة في اظهار العيوب البلورية

مؤشرات عامة	ظروف العمل	محلول الاظهار
لاظهار عيوب التوائمة وللمستويات شرائح السلكونية (111)،(110)	at 2- 20 min	(CP-4) 3part HF:5 part HNO_3:3part CH_3COOH
لاظهار عيوب التركيب السلالي وللمستويات شرائح السلكونية (111)،(110)	at 10- 40 min	0.5mg Cr_2O_3:10 ml H_2O:7.5 ml HF
لاظهار التركيب المتعدد الحبيبات	at 20 min	(CP-4) 6HF: 3HNO_3:100 H_2O:0.3 mg C $U(NO_3)_2$

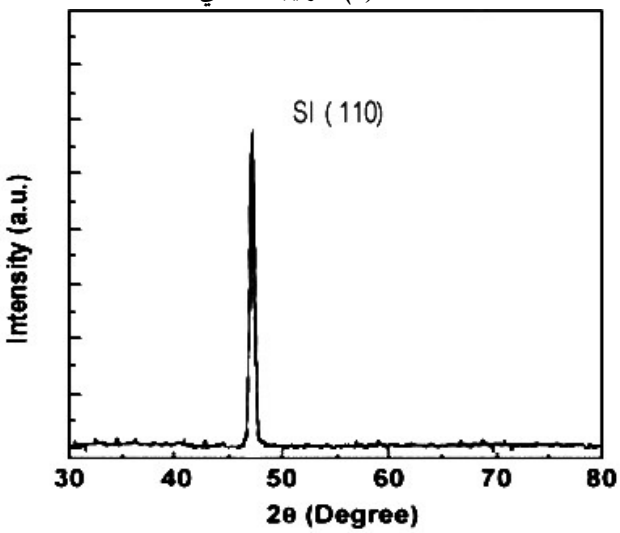
P- ISSN 1991-8941 E-ISSN 2706-6703 (JUAPS) مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة Open Access
2013,(7), (1) :218-224



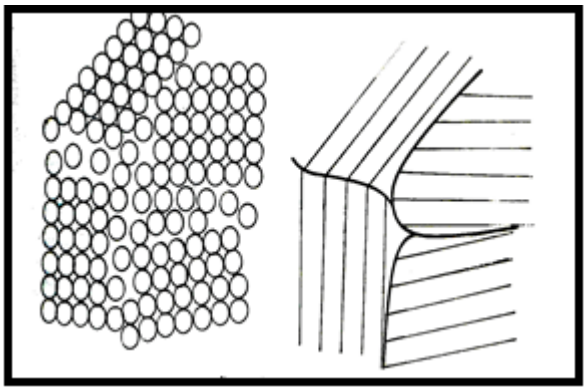
الشكل (1) المستوى التوأمي



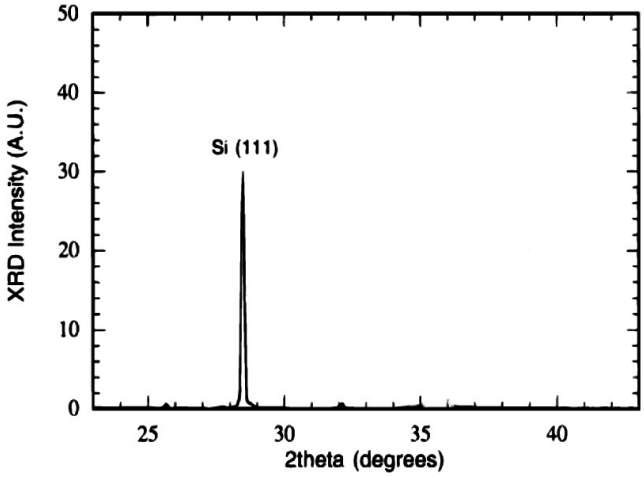
الشكل (2) التركيب السلالي



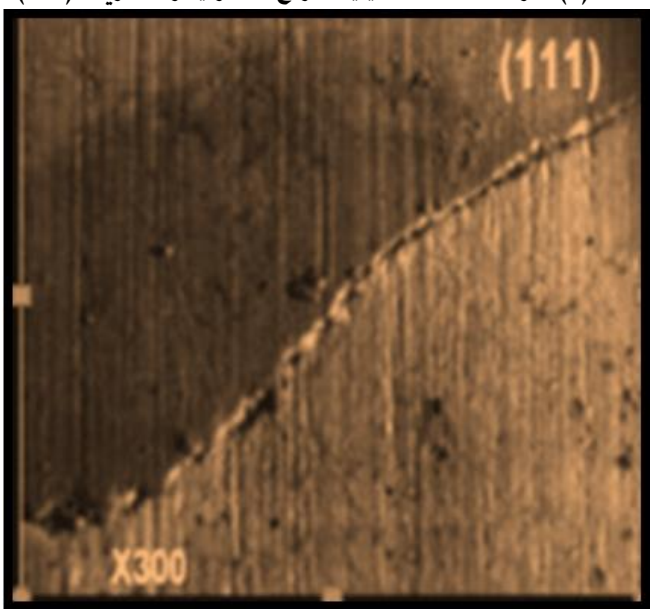
الشكل (3) ترتيب الذرات عند الحدود الحبيبية في الذرات



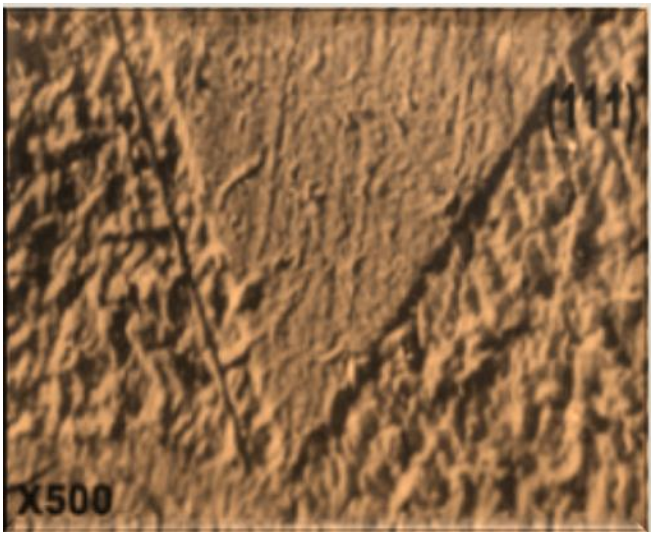
شكل (4) فحوصات الاشعة السينية لشرائح السلكونية وللمستويات (110)



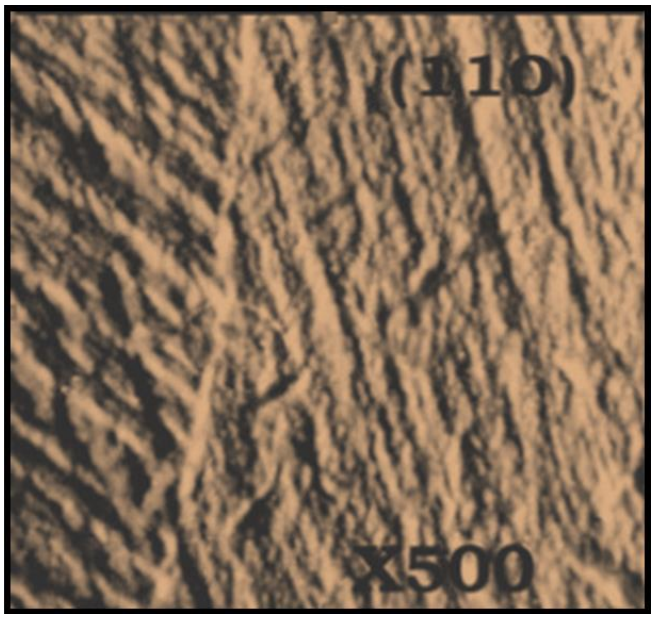
شكل (5) فحوصات الاشعة السينية لشرائح السلكونية وللمستويات (111)



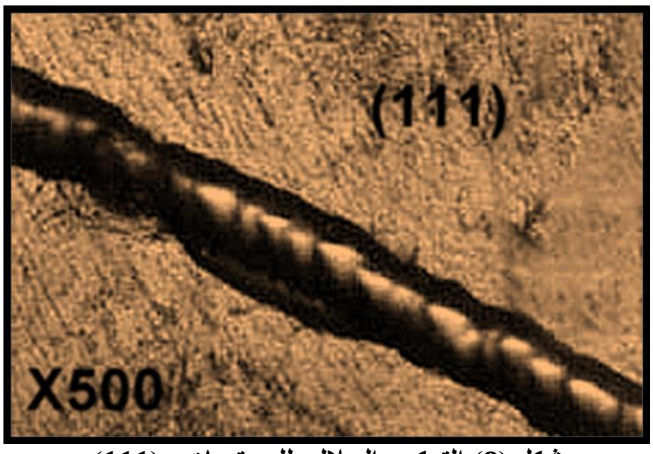
P- ISSN 1991-8941 E-ISSN 2706-6703 (JUAPS) مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة Open Access
2013,(7), (1) :218-224



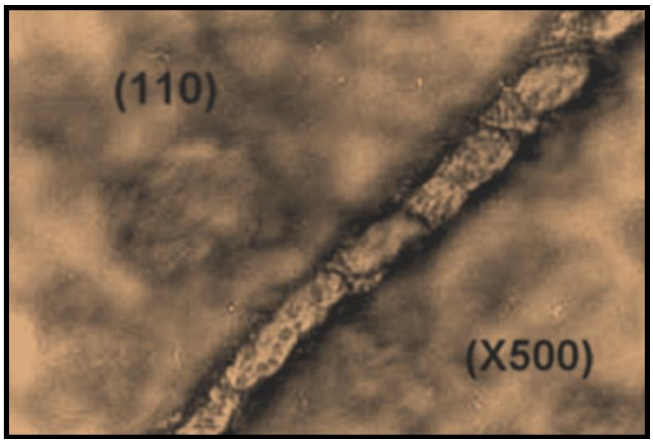
شكل (6) عيوب التؤامة للمستويات (111)



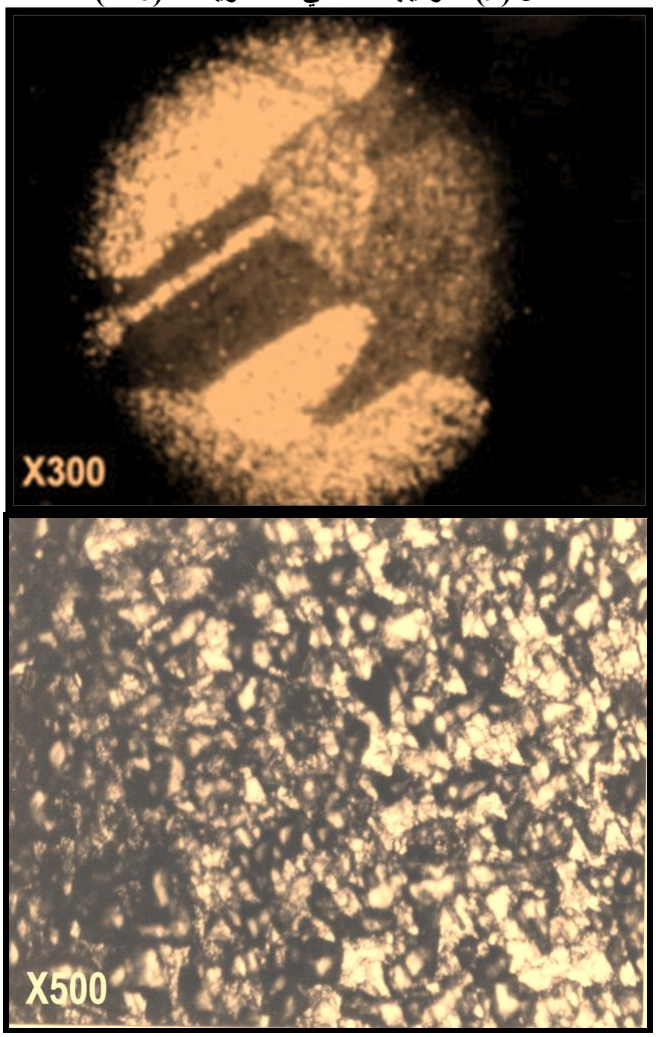
شكل (7) عيوب التؤامة للمستويات (110)



شكل (8) التركيب السلالي للمستويات (111)



شكل (9) التركيب السلالي للمستويات (110)



شكل (10) التركيب متعدد البلورات

P- ISSN 1991-8941 E-ISSN 2706-6703 (*JUAPS*) مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة Open Access
2013,(7), (1) :218-224

STUDY OF SOME SURFACE DEFECTS FOR SINGLE CRYSTAL SILICON WAFER

SARYA D. MOHAMED HATEM A. TAHA ARREJ R.SAEED

ABSTRACT

The single crystal of semiconductor no longer be perfect, but contains some defect in the structure and surface of twining, lineage structure, grain boundaries. Search included the adoption of technical betting that chemical and microscopic tests to determine defects on the surface of silicon wafer for the planes (111), (110) after the transactions mechanical and fluids through showing my favorites. Use this search chromium oxide solution in acid to show lineage structure on single silicon wafer with the planes (111), (110) showed microscopic examinations on the bodies of the geometric form of a matrix triangles in a row, a row matrix of rectangles in one direction and running. Shows the lineage structure by the movement of dislocations leading to the displacement of the crystal lattice toward Berger vector. Has been the adoption of CP-4 solution in a show on the twin single silicon chip with the levels (111), (110). Where tests showed microscopic differences in the reflectivity of light to the surface because of the difference in per vector for the same crystal plane, and classify the types of forms to surface twinning and contact twinning so as to form a two-way symmetrical in the same plane. While the CP-4 solution genitive copper ions show polycrystalline silicon crystals on the surface, where tests show the implications of different optical microscopy and multiple segments of the crystal.