

دراسة بعض الخواص الكهربائية لأغشية $\text{CuIn (Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8})_2$ و $\text{CuIn (Se}_{0.8}\text{Te}_{0.2})_2$ الرقيقة

د. صباح انور سلمان د.تحسين حسين مبارك اسعد احمد كامل
جامعة ديالى/ كلية العلوم

الخلاصة:

تم قياس المقاومة لأغشية $\text{CuIn (Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8})_2$ و $\text{CuIn (Se}_{0.8}\text{Te}_{0.2})_2$ الرقيقة والمحضرة بطريقة التبخير الحراري في الفراغ بسمك قدره $(225 \pm 5 \text{ nm})$ ضمن المدى الحراري $(300-473 \text{ K})$ للعينات كما تم ترسيبها وللعينات التي خضعت الى عملية التلدين عند درجات الحرارة (373 K) و (473 K) لمدة ساعة بوجود الفراغ (10^{-2} Torr) .
تم حساب طاقات التنشيط لهذه الاغشية قبل التلدين وبعده.

Abstract:

It had been measuring the resistivity for the $\text{CuIn (Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8})_2$ and $\text{CuIn (Se}_{0.8}\text{Te}_{0.2})_2$ thin films which perpetrated by vacuum thermal evaporation with a thickness of $(225 \pm 5 \text{ nm})$ in the thermal range of $(300-473 \text{ K})$ for both as deposited and annealed samples at temperatures $(373 \text{ K}, 473 \text{ K})$ for one hour in the existence vacuum (10^{-2} Torr) .

It had been calculation activation energies for these films before and after annealing.

المقدمة

ان المركب $\text{CuIn (Se}_x\text{ Te}_{1-x})_2$ هو احد مركبات المجموعة I-III-VI₂ الشبه موصلة. وهو من المركبات المتبلورة على هيئة تركيب الجالكوبيرايت (Chalcopyrite)^[1].

تعتبر الاغشية الرقيقة المحضرة من المركب $\text{CuIn (Se}_x\text{ Te}_{1-x})_2$ ذات اهمية كبيرة لملائمة خواصها البصرية والكهربائية لحقل الخلايا

الشمسية^[٧] حيث استخدمت بشكل مكثف في مجال ابحاث الخلايا الشمسية (Heterojunction photovoltaic celled) بالاضافة الى ذلك تستخدم هذه الاغشية في تطبيقات الألكترونيات الضوئية (Photoelectronics) كاستخدامها كدايودات باعثة للضوء (L.E.D) (Light emission diodes).^[1,3]

الجانب العملي

تم تبخير اغشية $\text{CuIn (Se}_x\text{ Te}_{1-x})_2$ الرقيقة عند قيم (0.8, 0.2) باستخدام طريقة التبخير الحراري في الفراغ (Vacuum thermal evaporation) حيث تم تبخير مسحوق المركب $\text{CuIn (Se}_x\text{ Te}_{1-x})_2$ المتعدد التبلور باستخدام حويض موليبيديوم (Mo). لقد تم تحضير المسحوق بواسطة مزج نسب ذرية معينة من عناصر النحاس (Cu) والاندسيوم (In) والسلينيوم (Se) اضافة الى التليريوم (Te) حيث كانت هذه العناصر نقية بدرجة (99.999%) وبموجب قيمة (x) امكن تحديد وزن الخليط ومن ثم وزن كل من العناصر الاربعة اعلاه ثم وضع هذه العناصر في انبوبة من زجاج الكوارتز (Quartz) مفرغة من الهواء.

تم وضع هذه الانبوبة داخل فرن كهربائي انبوبي عند درجة حرارة (1373K) لمدة (٢٤) ساعة^[٧]، ثم تبريد الانبوبة تدريجيا الى درجة حرارة الغرفة (R.T).

تم استخدام قواعد من زجاج البايركس (Pyrex) لترسيب اغشية $\text{CuIn (Se}_x\text{ Te}_{1-x})_2$ وتم قياس سمك هذه الاغشية باستخدام الطريقة الوزنية. تم اجراء عملية التلدين (Annealing) لاغشية $\text{CuIn (Se}_x\text{ Te}_{1-x})_2$ الرقيقة عند درجات الحرارة (373k) و (473k) لمدة ساعة بوجود الفراغ.

النتائج والمناقشة

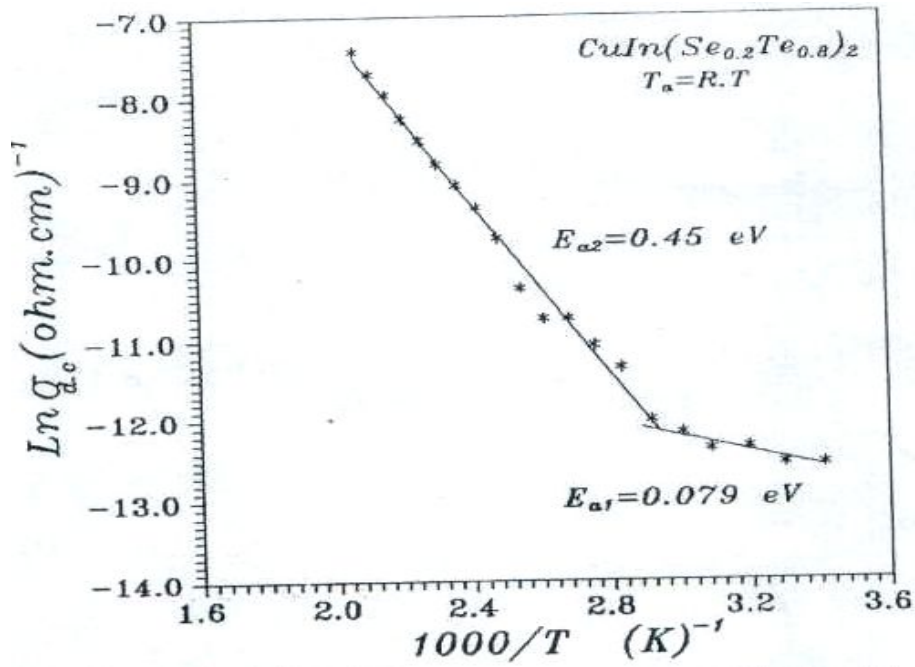
تم اجراء القياسات الكهربائية لأغشية $\text{CuIn (Se}_{0.2}\text{ Te}_{0.8})_2$ و $\text{CuIn (Se}_{0.8}\text{ Te}_{0.2})_2$ الرقيقة والتي تتضمن قياس المقاومة (ρ) خلال مديات حرارية من درجة حرارة الغرفة (R.T) الى درجة حرارة (473K) والتي من خلالها تم حساب طاقات التنشيط باستخدام المعادلة الاتية:

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-E_a/K_B T) \dots\dots\dots(1)$$

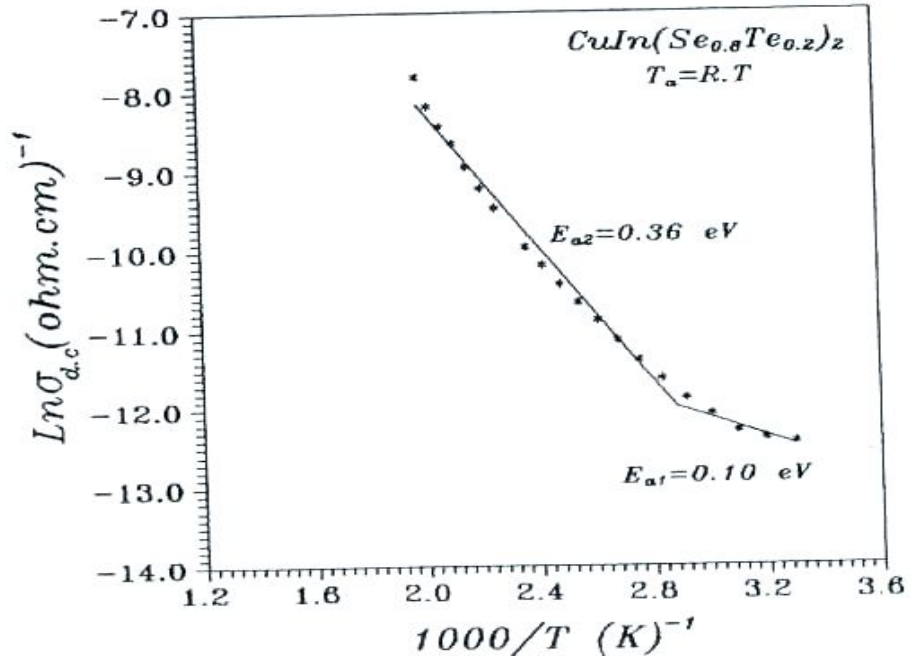
حيث: σ التوصيلية (Conductivity)
 σ_0 : ثابت
 E_a : طاقة التنشيط

K_B : ثابت بولتزمان
T: درجة الحرارة

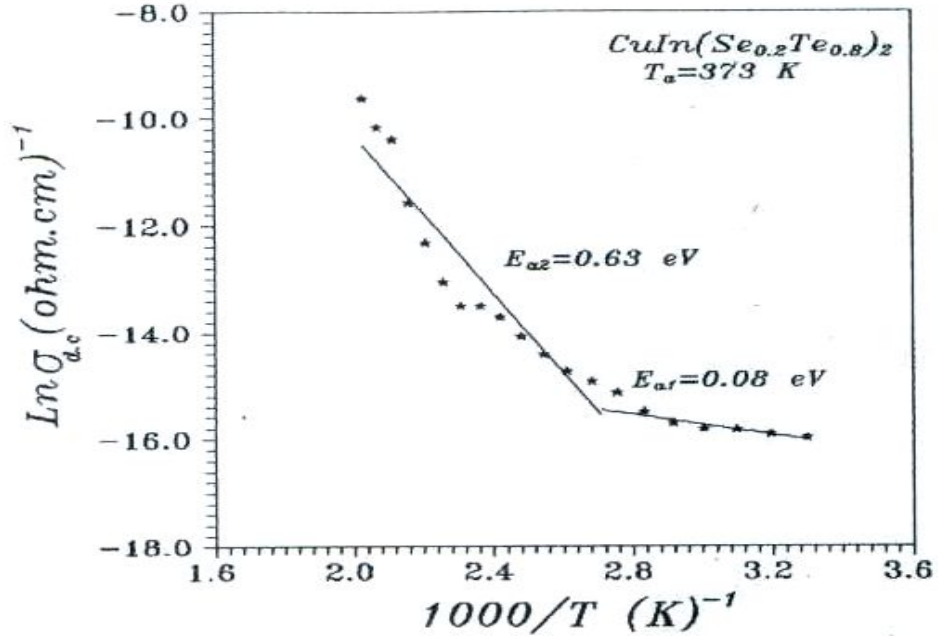
توضح الأشكال من (١) الى (٦) ميكانيكية الانتقال الالكتروني وطاقات التنشيط لاغشية $CuIn (Se_{0.2} Te_{0.8})_2$ و $CuIn (Se_{0.8} Te_{0.2})_2$ الرقيقة قبل التلدين وبعده عند درجات الحرارة (373K) و (473K) لمدة ساعة. نلاحظ من خلال هذه الأشكال وجود اليتين للانتقال الالكتروني، الاولى هي عند درجات الحرارة الواطئة والتي عندها تم حساب طاقة التنشيط الاولى ($E_{\sigma 1}$) حيث يكون التوصيل هنا بطريقة القفز او الانتقاع (Tunneling) بين المستويات الموضعية داخل فجوة الطاقة الممنوعة واما الية الانتقال الالكتروني الثانية فكانت عند درجات الحرارة العالية نسبيا والتي عندها تم حساب طاقة التنشيط الثانية ($E_{\sigma 2}$) حيث ان التوصيل هنا يكون بطريقة القفز او التهيج الحراري (Thermal Excitation)^[٤].



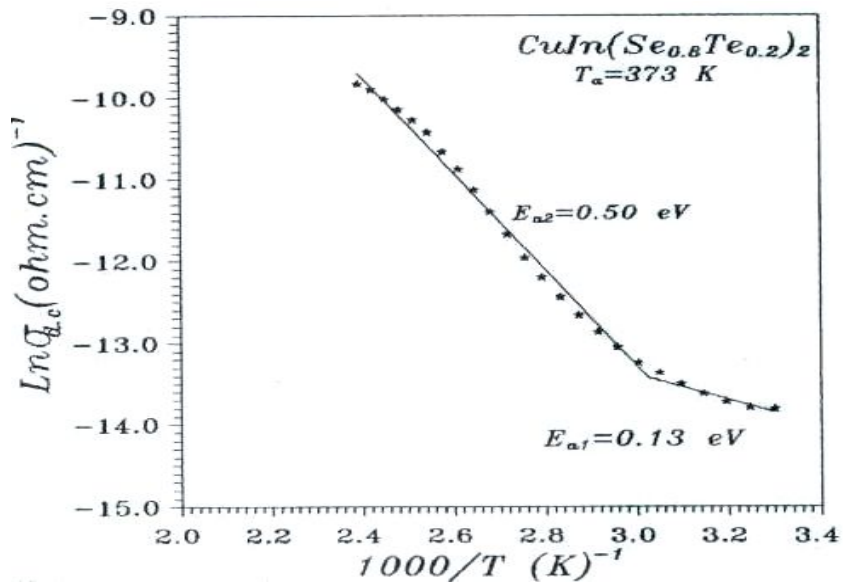
شكل (١) العلاقة بين $\ln \sigma_{d.c.}$ و $1000/T$ لغشاء $\text{CuIn}(\text{Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8})_2$ الرقيق قبل التلدين



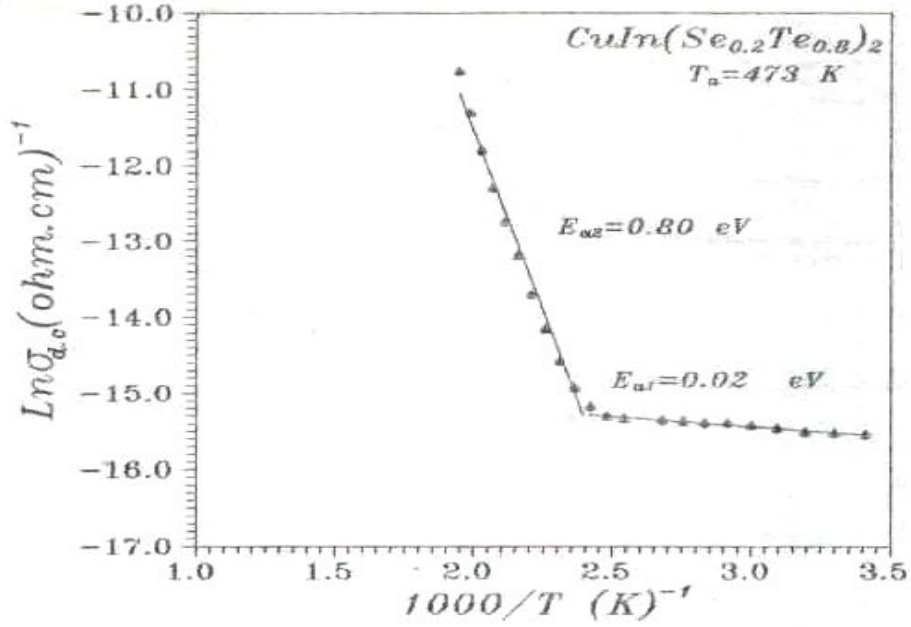
شكل (٢) العلاقة بين $\ln \sigma_{dc}$ و $1000/T$ لغشاء $CuIn(Se_{0.8}Te_{0.2})_2$ الرقيق قبل التلدين



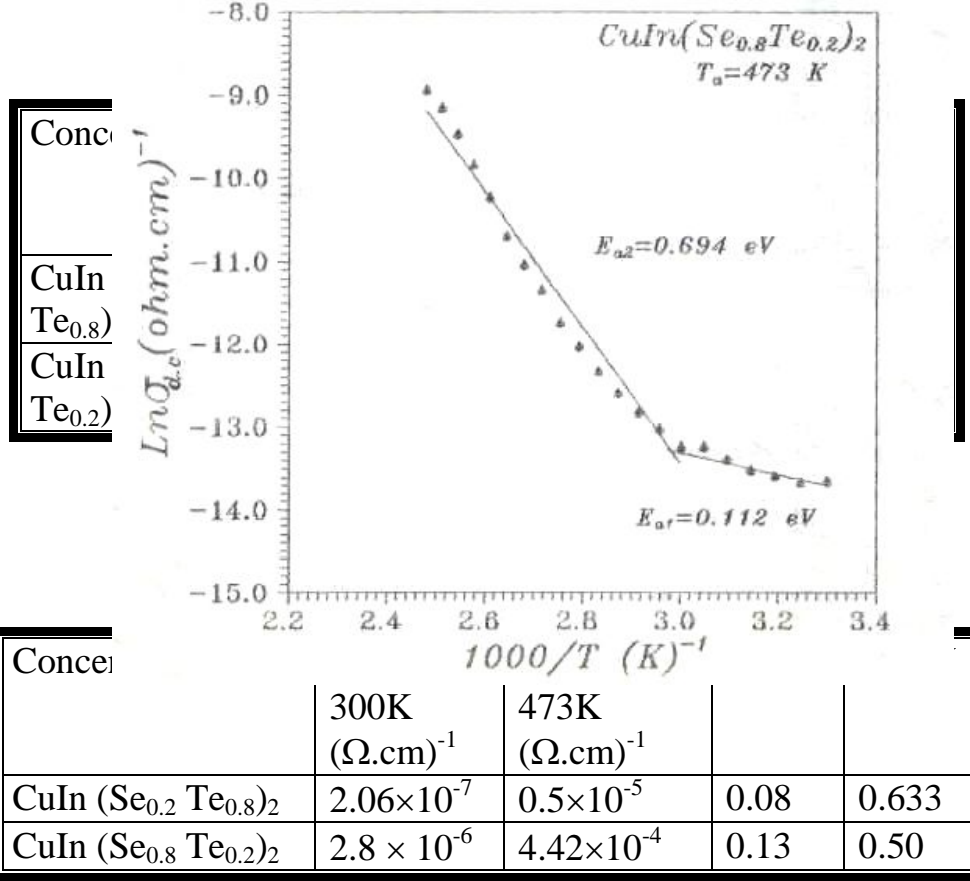
شكل (3) العلاقة بين $\ln \sigma_{dc}$ و $1000/T$ لغشاء $\text{CuIn}(\text{Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8})_2$ الرقيق بعد التلدين عند درجة حرارة (373K)



شكل (4) العلاقة بين $\ln \sigma_{d.c}$ و $1000/T$ لغشاء $\text{CuIn}(\text{Se}_{0.8}\text{Te}_{0.2})_2$ الرقيق بعد التلدين عند درجة حرارة (373K)



شكل (5) العلاقة بين $\ln \sigma_{d.c}$ و $1000/T$ لغشاء $\text{CuIn}(\text{Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8})_2$ الرقيق بعد التلدين



شكل (6) العلاقة بين $\ln \sigma_{d.c}$ و $1000/T$ لغشاء $\text{CuIn}(\text{Se}_{0.8}\text{Te}_{0.2})_2$ الرقيق بعد التلدين عند درجة حرارة (473K)

جدول (١) يوضح قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة وطاقات التنشيط لاغشية $\text{CuIn}(\text{Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8})_2$ و $\text{CuIn}(\text{Se}_{0.8}\text{Te}_{0.2})_2$ الرقيقة قبل التلدين

جدول (٢) يوضح قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة وطاقات التنشيط لاغشية $\text{CuIn}(\text{Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8})_2$ و $\text{CuIn}(\text{Se}_{0.8}\text{Te}_{0.2})_2$ الرقيقة بعد التلدين بدرجة حرارة (373K)

جدول (3) يوضح قيم التوصيلية الكهربائية المستمرة وطاقات التنشيط لاعشوية
 الرقيقة بعد التلدين $\text{CuIn (Se}_{0.8}\text{Te}_{0.2})_2$ و $\text{CuIn (Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8})_2$
 بدرجة حرارة (473K)

Concentration	$\sigma_{\text{d.c}}$ at 300K ($\Omega.\text{cm}$) ⁻¹	$\sigma_{\text{d.c}}$ at 473K ($\Omega.\text{cm}$) ⁻¹	E_{a1} eV	E_{a2} eV
$\text{CuIn (Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8})_2$	1.76×10^{-6}	2.98×10^{-6}	0.02	0.8
$\text{CuIn (Se}_{0.8}\text{Te}_{0.2})_2$	1.18×10^{-6}	1.79×10^{-4}	0.11	0.69

يتضح لنا من الجداول (١، ٢، ٣) نقصان التوصيلية الكهربائية المستمرة لهذه الاغشية مع ازدياد طاقات تنشيط الثانية بزيادة درجة حرارة التلدين وقد يعزى سبب ذلك الى ان عملية التلدين تؤدي الى زيادة انتظام الذرات في التركيب البلوري بشكل او بآخر والذي بدوره قلل من المستويات الموضعية عند حافة الحزم او زيادة فجوة الطاقة فيؤدي الى زيادة الطاقة التي تحتاجها حاملات الشحنة للانتقال الى حزمة التوصيل وبذلك تقل التوصيلية وتزداد طاقات التنشيط الثانية لأغشية $\text{CuIn (Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8})_2$ و $\text{CuIn (Se}_{0.8}\text{Te}_{0.2})_2$ الرقيقة بزيادة درجة حرارة التلدين [٤، ٥].

ونلاحظ ايضا من خلال الجداول (١، ٢، ٣) بان التوصيلية الكهربائية المستمرة تزداد بزيادة نسبة السلينيوم في الاغشية وللحالتين قبل التلدين وبعده مما يؤدي الى حاجة حاملات الشحنة الموجودة في حزمة التكافؤ الى طاقة قليلة لعبور فجوة الطاقة ووصولها الى حزمة التوصيل ولهذا فإن قيم طاقات التنشيط الثانية تقل بزيادة نسبة السلينيوم في الاغشية وللحالتين قبل التلدين وبعده [2, 6, 7].

الاستنتاجات

- ١- ازدياد التوصيلية الكهربائية المستمرة لاغشية $\text{CuIn (Se}_{0.2}\text{Te}_{0.8})_2$ و $\text{CuIn (Se}_{0.8}\text{Te}_{0.2})_2$ الرقيقة بزيادة درجة الحرارة وهذه ميزة من مميزات اشباه الموصلات حيث يزداد تركيز حاملات الشحنة بازدياد درجة الحرارة.
- ٢- لوحظ بوضوح وجود اليتين للانتقال الالكتروتي احدهما عند درجات الحرارة الواطئة نسبيا والاخرى عند درجات الحرارة العالية نسبيا للعينات التي لم تلدن وتلك التي تم تلدينها.
- ٣- نقصان التوصيلية الكهربائية المستمرة للاغشية كافة مصاحبا ذلك ازدياد طاقات التنشيط الثانية بزيادة درجة حرارة التلدين.
- ٤- ازدياد التوصيلية الكهربائية المستمرة للاغشية كافة مصاحبا ذلك نقصان طاقات التنشيط الثانية بزيادة نسبة السلينيوم في الاغشية وللحالتين قبل التلدين وبعده.

References

1. M. Leon "Preparation and some semiconducting properties of $\text{CuIn (Se}_x\text{Te}_{1-x})_2$ thin films grown by triode sputtering" Eighth E. C. photovoltaic solar energy conference. Proceedings of the international conference, held at Florence, Italy, 9-13 May, Vol. 2, (1988), P. 1077.

2. R. Diaz "Preparation and some semiconducting properties of CuIn (Se_x Te_{1-x})₂ Thin films grown by thermal evaporation" Eighth E.C. photovoltaic solar energy conference. Proceedings of the international conference, held at Florence, Italy, 9-13 May, Vol.2, (1988), P. 1075.
3. F. Rueda "Composition effects in flash evaporated of CuIn (Se_x Te_{1-x})₂ thin films" J. Vac. Sci. Technol. A 12 (6), Nov./ Dec., (1994), P. 3082.
4. R. A. Smith "Semiconductors" 2nd edition, (1987).
5. R. Fowles "Introduction to Modern Optics" 2nd edition, (1975).
6. R. J. Elliott and A. F. Gibson "Introduction to solid state physics and its applications" (1974).
7. C. Kittel "Introduction to solid state physics" 5th edition, (1976).