جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي كلية العلوم الدقيقة قسم الفيزياء

أولى ماستر فيزياء كهر وضوئية متقدمة

التصحيح النموذجي - الفرض -

الأسئلة

- في شبه ناقل مطعم موجب P ، أين تقع المستويات الطاقوية للذرات الكاسبة ؟ (0.5 ن) .

تقع المستويات الطاقوية للذرات الكاسبة فوق E_V .

- في شبه ناقل مطعم سالب N ، مالذي يتحكم في وضعية المستوى الطاقوي (مستوى فرمي) E_{FN} ؟ (0.5 ن) .

نسبة التطعيم بالذرات المانحة هي التي تتحكم في وضعية المستوى الطاقوي (مستوى فرمي) E_{FN} .

- في شبه ناقل مطعم سالب N ، ماهو الفرق بين الالكترونات المتواجدة في حزمة التوصيل والالكترونات المتواجدة في المستويات الطاقوية للذرات المانحة ؟ (1 ن) .

الالكترونات المتواجدة في حزمة التوصيل تكون حرة والالكترونات المتواجدة في المستويات الطاقوية للذرات المانحة تنتمي لذرة لكنها غير مرتبطة .

- ماهو العنصر الذي يحدد شدة الحقل الذاتي في ثنائي الوصلة (م - س) N - P ؟ (0.5 ن) .

الذي يحدد شدة الحقل الذاتي نسبة تركيز الذرات المانحة و الذرات الكاسبة.

- كيف يتعامل الحقل الذاتي مع حاملات الشحنة الحرة في ثنائي الوصلة (م - س) N - P ؟ (1ن) .

يدفع الحقل الذاتي الالكترونات الحرة نحو N والفجوات الحرة نحو P .

- كيف يؤثر الإستقطاب (المباشر و العكسي) على ثنائي الوصلة (م - س) N - P ؟ (1ن) .

الإستقطاب المباشر : يتقلص عرض منطقة النضوب وتنتقل حاملات الشحنة الحرة الناتجة عن التطعيم ، الالكترونات نحو P والفجوات نحو N .

الإستقطاب العكسي : يزداد عرض منطقة النضوب وتنتقل حاملات الشحنة الحرة الناتجة عن الحرارة ، الاضواء ، الالكترونات نحو N والفجوات نحو P .

تمرين

1. احسب في درجة حرارة 300 K الحاجز الكموني في ثنائي الوصلة PN من السيليسيوم علما أن :

$N_a = 10^{18}\,cm^{-3}$ ، $N_d = 10^{15}\,cm^{-3}$ و $n_i = 1.5 \cdot 10^{10}\ cm^{-3}$ ، (1ن) .

2. من خلال العلاقة ، أدرس كيف يؤثر إرتفاع درجة الحرارة على الحاجز الكموني ، (1.5 ن) .

3. هل يمكن حساب الحاجز الكموني بنفس المعطيات إذا تغيرت درجة الحرارة ؟ (1ن) .

$$V_{bi} = \frac{kT}{e}\ln\left(\frac{N_a N_d}{n_i^2}\right) = 0.75\ V$$

تؤثر الحرارة مباشرة على V_{bi} وكذلك غير مباشرة عن طريق تغير n_i .....

لا يمكن حساب الحاجز الكموني بنفس المعطيات إذا تغيرت درجة الحرارة لان تغير T يؤدي الى تغير n_i .

الأسئلة

- في منطقة النضوب لثنائي الوصلة P - N ، لماذا لا تستعيد الذرات ، المتواجدة قرب المنطقتين N و P ، والفاقدة لحاملة شحنة اكتساب هذه الاخيرة من جديد بالرغم من وجودها قرب ذرات لديها حاملة شحنة حرة ؟ (1ن).

يدفع الحقل الذاتي الالكترونات الحرة نحو N والفجوات الحرة نحو P وبالتالي يمنع الذرات ، المتواجدة قرب المنطقتين N و P ، والفاقدة لحاملة شحنة من اكتسابها من جديد .

- أي الالكترونات تنتقل في حالة الإستقطاب العكسي لثنائي الوصلة P - N ؟ وكيف تنتقل طاقويا ؟ (1ن)

الالكترونات التي تنتقل في حالة الإستقطاب العكسي لثنائي الوصلة N - P هي تلك المولدة بواسطة الحرارة ، الاضواء ...، حيث تنتقل طاقويا في BV في الجهة P وفي BC في الجهة N وعند انتقالها من الجهة P الى الجهة N تمتص الطاقة التي توفرها لها الحرارة او الاضواء .

- في ثنائي الوصلة المضيء ، المنطقة الأكثر فعالية في إصدار الأضواء ليست منطقة النضوب ، لماذا ؟ (1ن) .

يستقطب ثنائي الوصلة المضيء مباشرة فيتقلص عرض منطقة النضوب لذا يكون عدد الالتحامات فيها صغير .

- ما هي الظاهرة التي تحد من ارتفاع مردود ثنائيات الوصلة المضيئة ؟ ما هو السبب في ذلك ؟ (1ن) .

الظاهرة هي الانعكاس الداخلي والسبب الاختلاف الكبير بين قرينتي الانكسار لشبه الناقل والهواء (قرينة انكسار شبه الناقل اكبر بعدة مرات من قرينة انكسار الهواء) .

- ماهي آليات التفاعل الممكنة بين الفوتونات المولدة داخل الثنائي الباعث لأشعة الليزر والإلكترونات ؟ (2ن) .

يمكن ان يحفز الفوتون المولد داخل الثنائي الباعث لأشعة الليزر الإلكترون ؛

كما يمكن ان يمتص الإلكترون الفوتون وينتقل الى مستوى طاقوي اعلى في حزمة التوصيل.

- ما هو شرط الانقلاب السكاني في الثنائيات الباعثة لأشعة الليزر ؟ اشرح ذلك (2ن) .

$E_{FN} - E_{FP} > E_g$ ، يجب ان يكون التركيز عالي جدا حيث يدخل مستوى فرمي E_{FN} للذرات المانحة في حزمة التوصيل و مستوى فرمي E_{FP} للذرات الكاسبة في حزمة التكافؤ .

- ماذا نسمي عملية إدخال عنصر الألمنيوم Al لشبه الناقل Ga As ليصبح : $Al_x Ga_{1-x} As$ ؟ وما هو الفرق بينها وبين التطعيم ؟ (2ن) .

نسمي عملية إدخال عنصر الألمنيوم Al لشبه الناقل Ga As ليصبح : $Al_x Ga_{1-x} As$ بالاستبدال ، والغرض منها تغيير عرض الفاصل الطاقوي الممنوع وكذلك قرينة الانكسار ، اما التطعيم فيهدف الى تحسين الناقلية وجعل شبه الناقل مطعم موجب او مطعم سالب .

- ماذا يُحدث عنصر الألمنيوم Al لشبه الناقل Ga As عند إدخاله عليه ليصبح : $Al_x Ga_{1-x} As$ ؟ (2ن) .

زيادة عرض الفاصل الطاقوي الممنوع وتخفيض قرينة الانكسار .

- ماذا يمكن ان تحدث الزيادة المفرطة لذرات الألمنيوم Al لشبه الناقل $Al_x Ga_{1-x} As$ ؟ (1ن) .

تغيير طبيعة الفاصل الطاقوي الممنوع من مباشر الى غير مباشر .

- ماهي الفائدة من استعمال الوصلة غير المتجانسة المضاعفة في الثنائيات : المضيئة ، الباعثة لأشعة الليزر والضوئية ؟ (2ن) .

حصر حاملات الشحنة وحصر الفوتونات (زيادة المردود) .

- لماذا منطقة النضوب لثنائي الوصلة الضوئي ، هي المنطقة الأكثر فعالية في توليد حاملات الشحنة الحرة ؟ (1ن) .

لأنها خالية من حاملات الشحنة الحرة وبها حقل كهربائي ذاتي يمنع التحام حاملات الشحنة المولدة فيها .

<u>تمرين</u>

باستعمال المعطيات الموالية ، اشرح كيف تؤثر الحرارة على الفاصل الطاقوي الممنوع (E_g) لشبه الناقل .

تعطى الكثافة الذاتية لشبه الناقل Ga As في درجة حرارة 300 K : $n_i = 2.26\ 10^6\ cm^{-3}$ ثم في درجة 450 K : $n_i = 3.85\ 10^{10}\ cm^{-3}$ كما تعطى الكثافة الذاتية للحالات في حزمتي التكافؤ والتوصيل على التوالي : $N_v = 7.0\ 10^{18}\ cm^{-3}$ و $N_c = 4.7\ 10^{17}\ cm^{-3}$ (4ن).

$$E_g(300) = \mathrm{kT}.\ln\left(\frac{N_v N_c}{n_i^2}\right) = 1.41\ eV$$

$$E_g(450) = \mathrm{kT}.\ln\left(\frac{N_v N_c}{n_i^2}\right) = 1.37\ eV$$

تؤثر الحرارة مباشرة على E_g وكذلك غير مباشرة عن طريق تغير n_i ، نلاحظ زيادة T تؤدي الى انخفاض E_g ،

.....