

مجموعه سوالات نمونه الکترونیک نوری ۲

Lecture 1: Recombination (بخش ۱ - باز ترکیب)	
ص ۱	<p>[1] Pallab Bhattacharya, “<i>Semiconductor Optoelectronic Devices</i>”, Prentice Hall, (2nd ed. 1997)</p> <p>[2] Jacques I. Pankove, “<i>Optical Processes In Semiconductors</i>”, Dover Publications, Inc.(1971)</p>
۱	انواع کلی باز ترکیب را نام برده، مشخصه هر کدام را تعریف نمایید.
۲	سه نوع باز ترکیب غیر تشعشعی (NonRadiative) را نام ببرید. هر کدام را بطور خلاصه (یک خط) تشریح نمایید.
۳	باز ترکیب شاگلی-رد-هال (Shockley-Read-Hall) را توضیح دهید.
۴	منظور از ترازهای انرژی عمیق چیست؟ مکانیزمهای مختلف ایجاد این ترازها در نیمه هادی را بیان نمایید
۵	سطح مقطع برخورد تسخیر (Capture Cross Section) چیست؟ واحد آن کدام است؟ مقدار نوعی آن؟
۶	باز ترکیب سطحی (Surface Recombination) را توضیح دهید. روش های کاهش آنرا نام ببرید.
۷	باز ترکیب اوزه (Auger Recombination) را توضیح دهید.
۸	شکل (۳-۲۳) اسلاید صفحه ۲۳، مربوط به "فرایندهای باز ترکیب اوزه باند به باند مختلف ممکن، در یک نیمه هادی مستقیم" را توضیح دهید.
۹	از میان باز ترکیب های غیر تشعشعی، کدامیک از آنها، اثر منفی بیشتری برای افزاره های نوری دارد؟
Lecture 1.2: Carrier Transport (بخش ۱-۲- انتقال حامل)	
<p>[1] Joachim Piprek, “<i>Semiconductor Optoelectronic Devices: Introduction to Physics and Simulation</i>”, Academic Press, An imprint of Elsevier Science, 2003. [Chap.3: Carrier Transport]</p>	
۱۰	<p>برای یک نیمه هادی نوع p می توان طول عمر حامل های اقلیت (τ_n) آنرا بصورت زیر نوشت: هر یک از پارامترها در این رابطه را تعریف کنید. مهمترین عامل تعیین کننده، معمولا کدام پارامتر است؟</p> $\frac{1}{\tau_n} \approx \frac{R}{n} = \frac{R_{SRH} + R_{Aug} + R_{spon} + R_{stim}}{n}$ $= \frac{1}{\tau_n^{SRH}} + \frac{1}{\tau_n^{Aug}} + \frac{1}{\tau_n^{spon}} + \frac{1}{\tau_n^{stim}}$
۱۱	یونیزاسیون برخوردی را در مقایسه با باز ترکیب اوزه تشریح کنید. به چه عواملی وابسته است؟
۱۲	شرایط تونل زدن باند به باند را بیان کنید.
۱۳	انواع انتقال حامل را با استفاده از مدل موازنه انرژی (Energy Balance Model) تشریح کنید. (شکل 3.17 اسلاید صفحه ۲۵).
۱۴	معادله انتقال بولتزمن (Boltzmann Transport Equation) را بنویسد. منظور از تقریب زمان واهلش (Relaxation Time Approximation) را بیان کنید.

Lecture 2.2: Photodetectors (بخش ۲-۲ - آشکارسازهای نوری)		ص ۲
فیزیک الکترونیک: مقدمه ای بر افزاره های نیمه هادی، تالیف: جاسپریت سینگ ترجمه: دکتر مرتضی فتحی پور، مهندس علیرضا احسانی اردکانی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ۱۳۸۱ فصل ۱۰ کتاب: "افزاره های الکترونیک نوری: از فوتون تا الکترون"		
$L \rangle \frac{1}{\alpha(\hbar\omega)}, \quad E_{Photon} \rangle E_g$	برای جذب کامل نور در یک قطعه نیمه هادی چه شرایطی لازم است.	۱۵
$\eta_o = \frac{J_L/e}{P_{op}/\hbar\omega} = R_{ph} \frac{\hbar\omega}{e}$	بازده داخلی کوانتومی را در یک آشکارساز نوری تعریف کنید.	۱۶
شرط داشتن بهره در آشکارساز هدایت نوری (نوررسانا) (Photoconductive Detectors) را تشریح کنید.		۱۷
یک آشکارساز Ge از لیزر GaAs با انرژی 1.43 eV استفاده میکند. ضخامت برای جذب ۹۰٪ سیگنال نوری ورودی چقدر است؟ ($\alpha \cong 2.5 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$)		۱۸
نکات مهم در طراحی یک آشکارساز نوری پس از انتخاب ماده چیست؟ راه حل عملی این نکات را بیان کنید.		۱۹
ساختار یک دیود نوری بهمنی با ناحیه تکثیر و جذب جداگانه را بصورت نمونه تشریح کنید.		۲۰
SAGM-APD (Separated Absorption Graded Multiplication-APD)		
نکات مهم در یک آشکارساز نوری را ذکر کنید.		۲۱
Lecture 2.3: Optical Detectors (بخش ۳-۲ - آشکارسازهای نوری)		
[1]Richard S. Quimby, "Photonics and Lasers: An Introduction", JOHN WILEY & SONS, INC. 2006. (Chap.13)		
دوازده تمرین مربوط به انتهای فصل ۱۳ کتاب. (یک صفحه فرمول آزاد)		۲۲
آشکارسازهای نوری، بسته به اینکه سیگنال الکتریکی ناشی از تابش نور چگونه تولید می شود، به چند دسته تقسیم می شوند. مزایا و معایب هریک را بصورت کلی بیان نمایید.		۲۳
آشکارساز حرارتی از نوع نوری را بصورت خلاصه تشریح نمایید. آشکارساز ترموالکتریک (Thermoelectric) و پایروالکتریک (Pyroelectric) چه تفاوت هایی با یکدیگر دارند؟ موارد کاربرد هریک را بیان کنید.		۲۴
اثر فوتوالکتریک را توضیح دهید. اثر فوتوالکتریک داخلی (internal photoelectric effect) چیست؟		۲۵
$G = \frac{\tau}{t_{tr}}$	بهره در آشکارساز هدایت نوری (نوررسانا) (Photoconductive Detectors) را تشریح کنید.	۲۶
رابطه نویز ضربه ای (Shot Noise) و حرارتی (Thermal Noise) را اثبات کنید.		۲۷
$V_N = \sqrt{4k_B TRB}$ (Johnson noise voltage)	$\delta i = \sqrt{2eiB}$ (shot noise)	
مشخصه های مهم یک آشکارساز نوری را بیان کنید.		۲۸
انواع آشکارسازهای نوری را نام ببرید.		۲۹
مشکلات اساسی آشکارسازهای نوررسانا را ذکر کنید.		۳۰

Lecture 2.4: Photodiode Detectors (بخش ۲-۴- آشکارسازهای فوتودیود)	ص ۳
[1]Richard S. Quimby, “ <i>Photonics and Lasers: An Introduction</i> ”, JOHN WILEY & SONS, INC. 2006. (Chap.14)	
پانزده تمرین مربوط به انتهای فصل ۱۴ کتاب. (یک صفحه فرمول آزاد)	۳۱
مود فوتولتایی (photovoltaic mode) و مود نوررسانا (photoconductive) را در یک دیود نوری تشریح کنید.	۳۲
مزایا و معایب هر یک از مودهای بایاس دیود نوری چیست؟ موارد کاربرد هر یک را بیان کنید.	۳۳
منحنی مشخصه ولتاژ دوسر دیود نوری را برحسب توان نوری تابیده شده در <u>مود فوتولتایی</u> به ازای مقدار مقاومت بار متفاوت رسم کنید و راجع به حساسیت و محدوده دینامیکی آن بحث کنید.	۳۴
منحنی مشخصه ولتاژ خروجی یک آشکارساز دیود نوری را برحسب توان نوری تابیده شده در <u>مود نوررسانایی</u> به ازای مقدار مقاومت بار متفاوت رسم کنید و راجع به حساسیت و محدوده دینامیکی آن بحث کنید.	۳۵
روش‌های کاهش ظرفیت خازنی یک آشکارساز دیود نوری را برای بهبود پاسخ زمانی آن بیان کنید.	۳۶
انواع دیودهای نوری را نام ببرید. مشکل اساسی دیود نوری pn را توضیح دهید.	۳۷
شرط یونیزاسیون برخوردی در یک پیوند pn را توضیح دهید. چه برخوردهایی یونیزه کننده، و چه برخوردهایی غیر یونیزه کننده است؟	۳۸
ساختار یک دیود نوری بهمنی را ترسیم نکابید. میدان الکتریکی در این ساختار را رسم کنید. ناحیه جذب و تکثیر را مشخص کنید. روش عملکرد این دیود را توضیح دهید. در این ساختار، الکترون‌ها آغازکننده تکثیر بهمنی هستند یا حفره‌ها؟ توضیح دهید.	۳۹
کدامیک از ساختارهای n^+p ، ipn^+ و p^+nin^+ بیشتر برای ساخت APD استفاده می‌شود؟ چرا؟	۴۰
کاربرد ناحیه گیگر (Geiger mode regime) در یک APD را بیان کنید.	۴۱
سه نوع APD را نام ببرید. مزایا و معایب هر یک را ذکر کنید.	۴۲
سه مزیت و سه عیب از دیودهای نوری شاتکی را نسبت به دیودهای نوری pin بیان کنید.	۴۳
منظور از دیود نوری با سد مدوله شده را با رسم یک ساختار نمونه و نمودار باند انرژی آن توضیح دهید.	۴۴
ویژگی اساسی یک دیود نوری فلز- نیمه‌هادی- فلز (MSM) در مقایسه با دیود نوری pin بیان کنید.	۴۵
Lecture 2.5: Semiconductor photodetectors (بخش ۲-۵- آشکارسازهای نیمه‌هادی)	
[1] Emmanuel Rosencher, and Borge Vinter, “ <i>Optoelectronics</i> ”, Eng. Ed. Cambridge Univ. Press, 2004. (Chap. 11)	

۴ فصل ۵- خواص نوری خطی نیمه‌هادی‌ها) Lecture 5: Linear Optical Properties of Semiconductors [1] Nasser Peyghambarian, Stephen W. Koch, Andre Mysyrowicz, "Introduction to Semiconductor Optics", (مقدمه‌ای بر اپتیک نیم‌رسانا، ترجمه: دکتر اکبر حریری، سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۷۵)	
۴۶	شرایط امکان گذار مستقیم (جذب یا گسیل)، را در غیاب برهمکنش کولنی بکمک اصل بقای انرژی و اندازه حرکت بیان کنید.
۴۷	"تقریب جرم موثر" در نیمه‌هادی‌ها چیست؟ بقای انرژی برای گذار مستقیم در غیاب برهمکنش کولنی را با استفاده از این فرض، بیان کنید.
۴۸	قانون بقای انرژی و اندازه حرکت برای گذار غیرمستقیم (جذب و گسیل) را در غیاب برهمکنش کولنی، بنویسید.
۴۹	جذب و نابودی فونون یعنی چه؟ توضیح دهید.
۵۰	نحوه تغییرات گاف انرژی را برای سه نیمه‌هادی GaAs, Ge, Si نسبت به دما و فشار با ذکر مقادیر نوعی آن بصورت تقریبی بیان کنید.
۶ فصل ۶- اکسایتون‌ها) Lecture 6: Linear Optical Properties of Semiconductors: EXCITONS [1] Nasser Peyghambarian, Stephen W. Koch, Andre Mysyrowicz, "Introduction to Semiconductor Optics", (مقدمه‌ای بر اپتیک نیم‌رسانا، ترجمه: دکتر اکبر حریری، سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۷۵)	
۵۱	اکسایتون را تعریف کنید. خصوصیات آنرا بیان کنید. تاثیر آن بر روی انرژی جذب و گسیل یک نیمه‌هادی چیست؟ انواع اکسایتون را نام ببرید.
۵۲	معادله شرودینگر را برای تابع پوش اکسایتونی که حرکت نسبی الکترون-حفره را توصیف کند، بنویسید و پارامترهای آنرا معرفی نمایید. (معادله وانیه) $\left[-\frac{\hbar^2}{2m_r} \nabla_r^2 - \frac{e^2}{\epsilon_0 r} \right] \phi(r) = \mathcal{E}_r \phi(r)$
۵۳	تفاوت اساسی بین جذب حامل آزاد (بدون برهم‌کنش کولنی بین الکترون‌ها و حفره‌ها) و جذب واقعی نیمه‌هادی را توضیح دهید.
۵۴	لومینسانس اکسایتون را توضیح دهید. انواع آنرا بیان کنید.
۵۵	منظور از اکسایتون مقید چیست؟ توضیح دهید.
۷ فصل ۷- خواص نوری نیمه‌هادی‌های کپه‌ای) Lecture 7: Linear Optical Properties of Bulk Semiconductors [1] Nasser Peyghambarian, Stephen W. Koch, Andre Mysyrowicz, "Introduction to Semiconductor Optics", (مقدمه‌ای بر اپتیک نیم‌رسانا، ترجمه: دکتر اکبر حریری، سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۷۵)	
۵۶	ساختار نواری GaAs را با ذکر مقادیر انرژی در نقاط ماکزیمم و مینیمم منطقه بریلوین رسم کنید. طیف جذبی این ماده را در دو دمای اطاق و نزدیک صفر درجه کلون با یکدیگر مقایسه کنید.
۵۷	ساختار نواری Si و Ge را با ذکر مقادیر انرژی در نقاط ماکزیمم و مینیمم منطقه بریلوین رسم کنید.

ص ۵ (فصل ۸ - نیمه‌هادی‌های شبه دوبعدی: چاه‌های کوانتومی و فراشبکه)

Lecture 8: Quasi Two-Dimensional Semiconductors: Quantum Wells and Superlattices

[1] Nasser Peyghambarian, Stephen W. Koch, Andre Mysyrowicz, "Introduction to Semiconductor Optics",

(مقدمه‌ای بر اپتیک نیم‌رسانا، ترجمه: دکتر اکبر حریری، سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۷۵)

یک سیستم شبه دوبعدی محدودشده کوانتومی را تعریف کنید. چاه کوانتوم چندتایی (MQW) و فراشبکه چه تفاوتی با یکدیگر دارند.	۵۸
تفاوت انرژی‌های کوانتیده و تابع موج را در یک چاه کوانتوم نوعی، نسبت به ضخامت چاه بحث کنید.	۵۹
چگالی حالات انرژی در یک سیستم صفر، یک، دو، و سه بعدی را رسم کنید.	۶۰
طیف جذب یک سیستم نیمه‌هادی دو بعدی و سه بعدی را با یکدیگر مقایسه کنید. هریک از این طیف را با حالت غیاب برهمکنش کولنی و با اثر کولنی مقایسه کنید.	۶۱
چاه‌های کوانتومی نوع I و II را بطور کامل توضیح دهید.	۶۲
.....	۶۳
.....	۶۴