آزمایشگاه فیزیک پیشرفته

آشنايي با آشكارسازهاي نوري

هدف: آشنايي با آشكارسازهاي مقاومت نوري CdS،

پديده فتوكانداكتيويته در نيمه رساناها

وقتي پرتو نور به يك نيمه هادي مي‌تابد ممكن اســـت باعث افزايش هدايت الكتريكي شـــود. اين امر وقتي اتفاق مي‌افتد كه hv>Eg باشد كه Eg شكاف انرژي و v فركانس فوتون تابش شده است. اين پديده مورد استفاده در ساخت انواع آشكارســازها است. اگرσ هدايت الكتريكي ماده‌اي با دانسيته الكترون و حفره به اندازه n_0 وp_0 و قابليت تحرك هر كدام به ميزان μ_h, μ_e باشــد در اثر جذب نور تعداد الكترونها و حفره‌ها تغيير مي‌كند به گونه‌اي كه $\Delta n = \Delta p$ و هدايت الكتريكي عبارتست از:

$$\sigma = \sigma_0 + e\Delta P(\mu_e + \mu_n)$$

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{\Delta n\mu_n(1+b)}{\sigma_0} \qquad b = \frac{\mu_e}{\mu_n}$$

با تابش نور، پيوســـته زوجهاي الكترون وحفره تشـــكيل شـــده اما از طرفي با تركيب با يكديگر از بين مي‌روند بنابراين اگر زمان دوباره جذب τ باشد تغيير حاملها با زمان عبارتند از:

$$\frac{dn}{dt} = g\,\frac{n-n_0}{\tau}$$

كه g ميزان توليد الكترونها در واحد حجم بدليل جذب نور است، در حالت پايا $\frac{dn}{dt} = 0$

$$\Delta n = g\tau \qquad \Rightarrow \Delta n = n - n_0$$

اگر d ضـــخامت نمونه نيمرســـانا و $N(\nu)$ تعداد فوتونهايي كه فركانس ν داشـــته و در واحد زمان به جســـم برخورد مي‌كند و a ضريب جذب باشد داريم

$$g = \frac{adN(\nu)}{V}$$

در اینجا V حجم است. با دانستن اینکه $N(\nu) = \frac{I(\nu)A}{h\nu}$ سطح است و $I(\nu)$ شدت فوتونها داریم

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} = \frac{aI(\nu)\tau\mu_n(1+b)}{h\sigma_0} \qquad \text{و} \qquad \Delta n = \frac{aI(\nu)}{h\nu}\tau$$

آزمایش 1

ثبت جریان- ولتاژ آشکارساز نوري CdS

هدف: اندازه‌گيري جريان فوتوني I_{ph} بعنوان تابعي از ولتاژ V در تابش φ ثابت و به عنوان تابعي از تابش φ در V ثابت

اصـول آزمایش: اثر فتوکانداکتیویته تغییر هدایت الکتریکي جسـم بر اثر جذب نور اسـت. این تغییر بدلیل افزایش حامل ها بدلیل جذب نور و انتقال الکترونها به نوار هدایت و یا ایجاد زوجهاي الکترون و حفره اســـت. بنابراین تغییر مقاومت الکتریکي به تغییر تعداد حفره ها ΔP، الکترونها Δn ، تحرك الکترونها و حفره ها μ_h, μ_e و بار الکترون بستگي دارد. وقتي ولتاژ V به دو سر مقاومت اعمال شود جریان برابر است با:

$$I_{ph} = \frac{A}{d} \times (\sigma)V$$

و این یك رابطه خطي است و d فاصله دو الکترود و A سطح است. مقاومت نیمه‌هادي بعنوان سوئیچ نوري در نورسنج بکار مي‌رود که لایه CdS از انواع مناسب است.

وسايل آزمايش:

1- منبع نور سفيد با منبع تغذيه 6 ولتي

2- قطبشگر 2 عدد

3- آشكارساز CdS (LEYBOLD 27802)

4- آشكارساز فوتوولتايي (BPY 47)

5- پايه آشكارساز

6- مولتي‌متر با سيمهاي رابطه 2 عدد

7- توري پراش 600 خط در ميلي‌متر با نگهدارنده

8- عدسي به فاصله كانوني 150 mm دو عدد

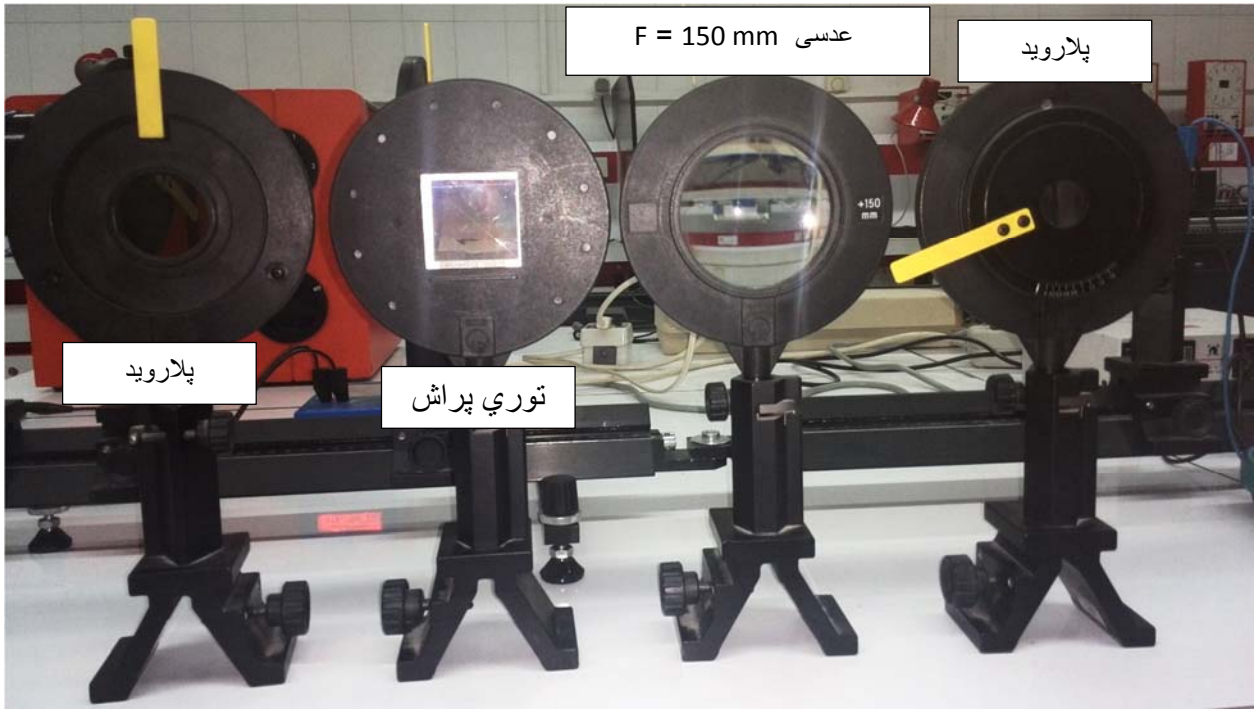
9- شكاف با پايه

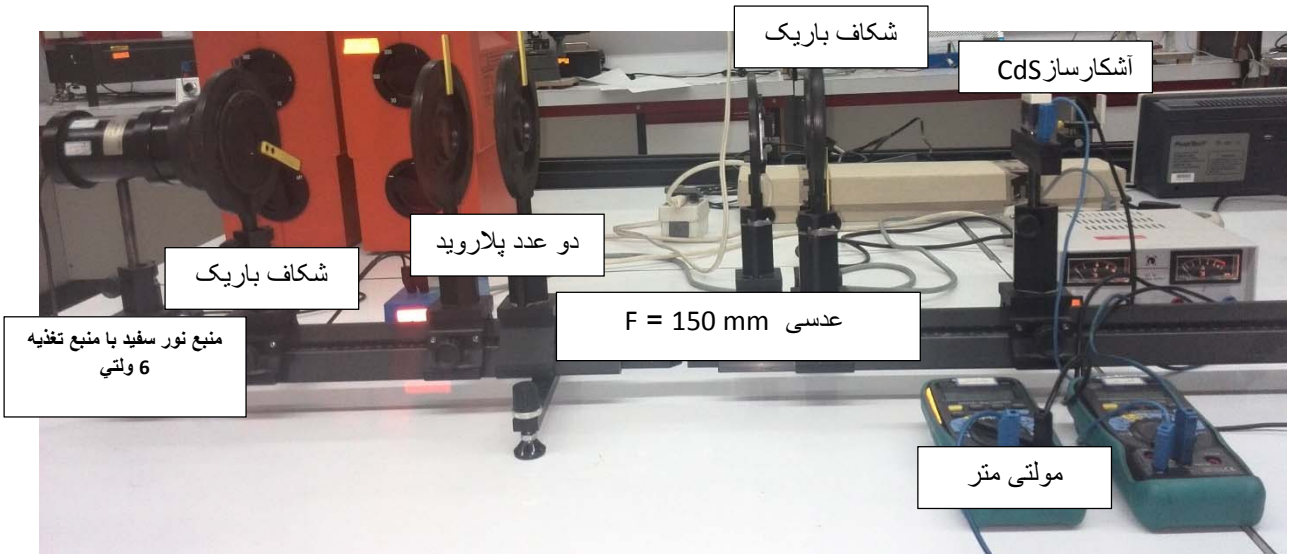
10- ريل اپتيكي

11- ليزر

12- خط كش و متر

13- منبع تغذيه DC





شکل 1: وسايل و چينش دستگاههاي آزمايش

وسائل را مطابق شكل 1 بهم متصل نمائيد.

مرحله 1:

با اعمال ولتاژ كمتر از 40 ولت به دو سر مقاومت نوري (از صفر تا 30 ولت به تعداد پله‌هايي مناسب مثلاً دو ولتي) مقادير جريان را اندازه‌گيري كنيد. **ولتاژ اعمالی به مقاومت نوري نبايستي از V 40 تجاوز كند.** در اين آزمايش شدت تابيده به مقاومت را بايستي ثابت بگيريد و زاويه دو پولاروید را نسبت به هم صفر اختيار كنيد تا شدت عبوري از دو پولاروید ماكزيمم شود.

جدول شماره 1. ثبت جريان فوتوكانداكتور در شدت نور ثابت $\Theta=0$

جريان (ميلی آمپر)	ولتاژ (ولت)	جريان (ميلی آمپر)	ولتاژ (ولت)
	16		2
	18		4
	20		6
	22		8
	24		10
	26		12
	28		14

سپس شدت نور را با استفاده از دو پولاريزور كه با هم زاويه a قابل تغيير مي‌سازند، تغيير دهيد وجدول شماره 2 را تكميل نماييد.

جدول شماره 2. ثبت جريان فوتوكانداكتور در شدت نور ثابت $\Theta=45$

جريان (ميلی آمپر)	ولتاژ (ولت)	جريان (ميلی آمپر)	ولتاژ (ولت)
	16		2
	18		4
	20		6
	22		8
	24		10
	26		12
	28		14

سپس با ثابت نگه داشتن V، شدت نور تابيده شده بر روي نمونه فتوكانداكتيو (CdS) را تغيير داده و مقادير I_{ph} بر حسب (mA) اندازه‌گيري كنيد. شدت نور با استفاده از دو پولاريزور كه با هم زاويه a قابل تغيير مي‌سازند قابل تغيير است. **تأكيد مي‌شود ولتاژ اعمالي به مقاومت نوري نبايستي از V 40 تجاوز كند.** ولتاژ را بر روي سه مقدار 1و10و20 ولت ثابت نگه داشته و مقدار جريان را با يكي مولتي‌متر با تغيير زاويه دو پولاروید به مقادير 0 تا 90^0 مطابق با جدول 3 ثبت كنيد (يك منحني براي هرانتخاب ولتاژ).

جدول شماره 3. جريان بر حسب شدت نور

Θ درجه	10	20	30	40	50	60	70	80	90
V=1V									
V=10V									
V=20V									

اگر D ضريب عبور صفحه پولاروید و ϕ_0 تابش اوليه باشد، تابش عبوري عبارت است با:

$$\phi = \phi_0 D \cos^2 a$$

توجه: توان اعمال شده به مقاومت نوري CdS از W 0/2 تجاوز نكند. يعني به عنوان مثال در ولتاژ اعمالي 20V نور تابشي در حدي نباشد كه جريان آشكارساز از 10 mA تجاوز كند. توان بالاتر آشكارساز را خراب مي‌كند.

1. منحني I_{ph} بر حسب V براي زواياي داده شده رسم كنيد جدول 1 و 2 با هم و جدول 3 جداگانه براي زواياي مختلف.
2. منحني I_{ph} بر حسب $\cos^2 a$ براي ولتاژهاي 1و10و20 ولت رسم كنيد.

آزمايش 2

اندازه‌گيري بستگي پاسخ فركانسي (طول موجي)

دو پولاروید را برداريد و توري پراش را كه برنگهدارنده مناسب نصب شده در نزديكترين مكان به محل اتصال دو ريل اپتيكي قرار دهيد. بررسي كنيد كه توري پراش عمود بر باريكه نور باشد. در مقابل منبع نور از شكاف

خطي استفاده نماييد تا باريكه نوري با پهناي كم به توري پراش برسد. در مقابل آشكارساز هم شكافي قرار دهيد تا پهناي طيف دريافتي كوچك شـــود. با حركت ريل اپتيكي كوچكتر كه منبع نور بر آن قرار دارد طول موجهاي مختلف كه بوسيله توري پراش تفكيك شدند به آشكارساز مي‌رسند. فاصله آشكارساز از توري پراش را تا حد ممكن افزايش دهيد تا طول موجهاي مختلف به نحو مناسبي از هم تفكيك شوند و در عين حال شدت نور در حدي باشد كه آشكارساز بتواند تشخيص دهد. ولتاژ اعمالي به آشكارساز را روي 10 ولت قرار دهيد. بازوي كوچكتر را حركت دهيد و براي اولين مرتبه پراش، جريان آشـكارســاز را بر حســب زاويه ميان دو ريل ثبت كنيد. براى اندازه‌گيري زاويه مي‌توانيد از خط كش و متر و يك ليزر قلمي كه به ريل متحرك مي‌توانيد متصـــل كنيد كمك بگيريد. با استفاده از رابطه

$$d\sin\theta = n\lambda$$

كه d فاصـــله ميان خطوط توري پراش، n مرتبه پراش و در اين آزمايش برابر يك مي‌باشـد و θ زاويه ميان دو ريل و λ طول موج نور است. براي حذف نور محيط مي‌توانيد آشكارساز را داخل جعبه‌اي با دريچه كوچك قرار دهيد.

جدول شماره 4. اندازه‌گيري بستگي پاسخ فركانسي (طول موجي)

قرمز	**زرد**	**سبز**	**بنفش**	**رنگ يا طول موج نور تابيده**
				زاويه بين دو ريل
				جريان (ميلى امپر)

- منحني I_{ph} بر حسب λ را رسم و توصيف نمائيد.

آزمايش 3

آشنائي با سلول فوتوولتايي (BPY47)

در اين دسته از آشكارسازها تابش نور منجر به ايجاد ولتاژي مي‌شود كه در صورت بسته بودن مدار منجر به عبور جريان مي‌گردد. اين آشكارساز، بصورت سلول خورشيدي مورد استفاده قرار مي‌گيرند. آشكارساز مورد استفاده در آزمايش ويفر سيليكن نوع n ساخته شده است.

آشكارساز فوتوولتايي را جايگزين آشكارساز CdS كنيد. براي اندازه‌گيري جريان در آزمايش كافي است كه ميكروآمپرمتر را به دو سر آشكارساز متصل نماييد. **<u>دقت كنيد ديگر نيازي به اعمال ولتاژ نيست.</u>** فاصله بين

آشکارساز و توري پراش را به نحوي تنظيم کنيد که اندازه‌گيري با دقت مناسب امکان‌پذير باشد. سعي کنيد شدت نور لامپ مطابق آزمايش قبل باشد. جريان آشکارساز را بر حسب زاويه بين دو ريل اندازه‌گيري کنيد. با توجه به حساسيت اين آشکارساز بر حسب طول موج به اين ترتيب مي‌توان طيف لامپ التهابي را اندازه‌گيري کرد.

جدول شماره 5. اندازه‌گيري بستگي پاسخ فرکانسي (طول موجي)

قرمز	**زرد**	**سبز**	**بنفش**	**رنگ يا طول موج نور تابيده**
				زاويه بين دو ريل
				جريان (ميلی امپر)

طيف لامپ التهابي را با توجه به منحني جدول 5 بدست آوريد.

بررسي نتايج و سئوالات

1- با استفاده از نتايج آزمايش اول و دوم و آزمايش بستگي I_{ph} به λ منحني مشخصه آشکارساز CdS را بدست آوريد.

2- آيا رفتار مقاومت CdS اهمي است؟

3- کاربردهاي CdS را بنويسيد.