کار با تداخل‌سنج فابری پرو

پارسا رنگریز
۹۷۱۱۰۳۱۴

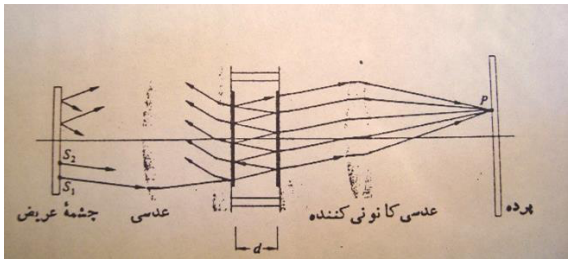
آزمایشگاه اپتیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف

۱ دی ۱۴۰۰

۱ مقدمه

۱.۱ تداخل‌سنج فابری پرو

این تداخل سنج شامل دو تيغه نيمه اندود است كه مطابق شكل يک موازي هم قرار مي گيرند. يكي از اين تيغه ها داراي دو پيچ تنظيم مي‌باشد و تيغه‌ي ديگر مي‌تواند به موازات سطح خود انتقال يابد. ميزان اندوده ي اغلب اين تيغه ها به گونه ايست كه توان بازتابي آن بيش از ۸۰ درصد مي باشد. در اين نوع تداخل سنج چون يک پرتو به چندين پرتو موازي تبديل مي‌شود، در نتيجه تداخل در بي نهايت صورت مي‌گيردو از اين جهت مانند تداخل سنج مايكلسون ميتوان سيستم فريز را مستقيما با چشم مشاهده كرد، در بعضي موارد حلقهها به هم نزديک مي‌شوند كه در اين صورت از يک دوربين براي بزرگنمايي نقش تداخل مي‌توان استفاده كرد.



شکل ۱: شمایی از تداخل‌سنج فابری پرو

۲.۱ تنظیم دستگاه

لامپ جيوه را روشن كرده و با تغيير جزئي پيچهاي V_1 و V_2 فريزهاي تداخلي را مشاهده كنيد. براي مشاهده بهتر، ميتوانيد از دوربين استفاده كنيد. با تغيير جزئي در پيچهاي V_1 و V_2 فريزها را در مركز ميدان ديد قرار دهيد.

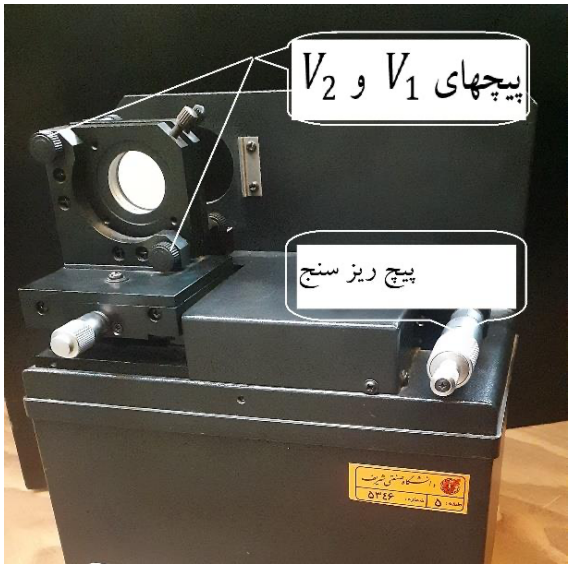
۳.۱ همسازی و ناهمسازی دو طول موج

همان‌طوری که در مورد تداخل‌سنج مایکلسون گفته شد طول موج‌های λ_1 و λ_2 لامپ سدیم هر کدام سیستم‌ها فریزهای جداگانه‌ای تولید می‌کنند. در حالتی که فریزهای روشن یک سیستم بر روی فریزهای تاریک سیستم دیگر قرار گیرد ناهمسازی داریم و می‌توانیم بنویسیم:

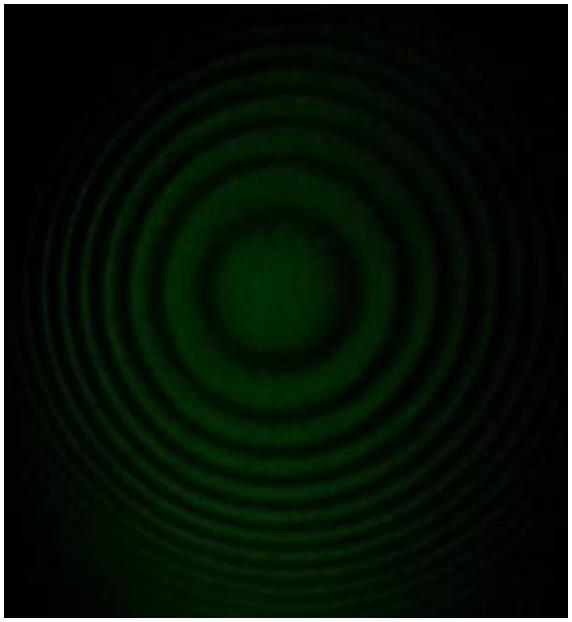
$$2d = m\lambda_1 = (m + \frac{1}{2})\lambda_2 \quad (۱)$$

حال اگر فاصله تیغه‌های فابروی پرو را به تدریج زیاد (یا کم) کنیم چون یکی از سیستم‌ها سریعتر از دیگران باز می شود، پس از مدتی دو سیستم روی یکدیگر قرار می‌گیرند که این حالت همسازی است. اگر باز هم به افزایش (یا کاهش) فاصله تیغه‌ها ادامه دهیم دوباره در فاصله d' دو سیستم کاملا از هم جدا می شوند (ناهمسازی دوم) و حالتی شبیه به ناهمسازی اول خواهیم داشت. اگر بین دو ناهمسازی متوالی n فریز از λ_1 وجود داشته باشد، $n = 1$ فریز از λ_2 وجود خواهد داشت و در نتیجه خواهیم داشت

$$2d' = (m + n)\lambda_1 = (m + n + 1 + \frac{1}{2})\lambda_2 \quad (۲)$$



شکل ۲: دستگاه تداخل‌سنج فابری‌پرو



شکل ۳: فریزهای تداخلی

آن‌گاه داریم

$$2(d'-d) = n\lambda_1 = (n+1)\lambda_2, \quad 2(d'-d) = n\lambda_1 \tag{۳}$$

با حذف n خواهیم داشت

$$\lambda_1 - \lambda_2 = \frac{\lambda_1\lambda_2}{2(d'-d)} \tag{۴}$$

در رابطه بالا $d'-d$ فاصله بین دو ناهمسازی متوالی است که آن را با l نشان می‌دهیم، بنابراین داریم

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = \frac{\lambda_1\lambda_2}{2l} \tag{۵}$$

۲ وسایل آزمایش

تداخل سنج فابری پرو، لامپ سدیم و منبع تغذیه، لامپ جیوه و منبع تغذیه، پالایه سبز

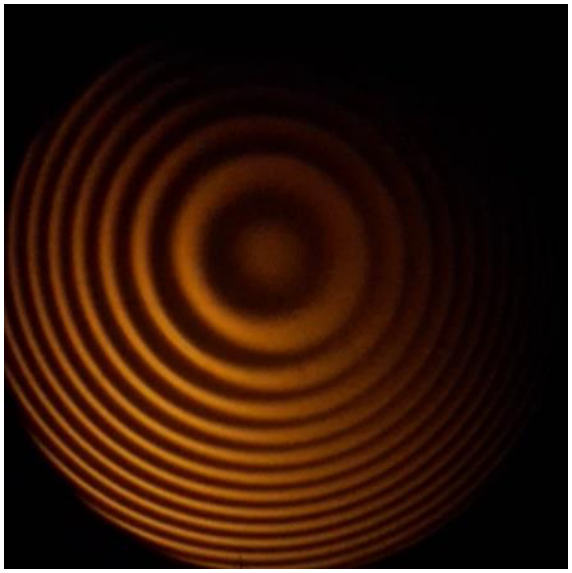
۳ روش آزمایش

۱.۳ آزمایش اول: مدرج کردن تداخل‌سنج

همانطور که در مورد تداخل‌سنج مایکلسون ذکر کردیم تغییر مکان پیچ ریزسنج فاصله بین تیغه‌های فابری پررو را بدست نمی‌دهد. برای آنکه بتوان فاصله تیغه‌ها را با پیچ ریزسنج معین کرد بایستی بوسیله منبع تک فامی که طول موج مشخصی دارد رابطه بین تغییرات پیچ ریزسنج و فاصله حقیقی تیغه‌ها را بدست آورد. اگر تغییر مکان پیچ ریزسنج را با D و فاصله دو تیغه را با d نشان دهیم، هدف از آزمایش اول بدست آوردن رابطه بین این دو، و تعیین ضریب d/D است. پس از تنظیم تداخل‌سنج از نور سبز جیوه با طول موج $\lambda = 5460A$ برای مدرج کردن دستگاه استفاده کنید. ابتدا درجه ریزسنج را یادداشت کرده و تعداد صد فریز را بطرف داخل یا خارج بشمارید. تغییر مکان پیچ ریزسنج را که با D نمایش می‌دهید، یادداشت کرده و از طرف دیگر با داشتن $\lambda = 5460A$، $n = 100$ و با استفاده از رابطه $2d = n\lambda$ مقدار d را محاسبه کرده، سپس نسبت d/D را محاسبه کنید. این آزمایش را حداقل سه بار تکرار کرده و نتایج حاصله را در جدول بنویسید.

۲.۳ آزمایش دوم: اندازه‌گیری طول موج یکی از خط‌های زرد سدیم

به جای لامپ جیوه، لامپ سدم را به عنوان منبع نور مقابل تداخل‌سنج قرار داده و با تنظیم دقیق پیچ‌های V_1 و V_2 تصویر دقیقی از فریزها در مرکز میدان دید بدست آورید. با چرخاندن پیچ ریزسنج حداقل تعداد صد فریز آشکار (محو) شده در مرکز را شمرده و تغییر مکان پیچ ریزسنج را اندازه بگیرید. با استفاده از ضریب d/D مقدار تغییر مکان تیغه‌ها را یافته و با توجه به فریزهای شمرده‌شده طول موج یکی از خطوط طیف سنج را از رابطه ۱ بدست آورید.



شکل ۴: فریزهای زرد سدیم

۳.۳ آزمایش سوم: تعیین اختلاف طول موج دو خط طیفی زرد سدیم

پیچ ریزسنج مخصوص انتقال تیغه را بچرخانید تا حالت ناهمسازی کاملا واضحی داشته باشید. در این حالت درجه پیچ ریزسنج را خوانده و آن را یادداشت کنید. پیچ ریزسنج را بچرخانید تا از ناهمسازي دوم عبور کرده و به ناهمسازي سوم برسید. براي نتیجه بهتر همواره پیچ ریزسنج را در یک جهت بچرخانید و در صورتیکه از ناهمسازي گذشتید مقدار زیادي به عقب برگردید و دوباره در جهت اولیه آن را حرکت دهید. تغییر مکان پیچ ریزسنج، فاصله بین سه ناهمسازي متوالي را میدهد، که آن را با L' نشان می‌دهیم. نصف این فاصله یعنی $L'/2$ فاصله بین دو ناهمسازي متوالي را بدست میدهد. با ضرب این مقدار در نسبت d/D تغییر مکان واقعي بین دو تیغهي تداخل سنج را بدست آورده و نام آن را l میگذاریم. . با استفاده از روابط اندازه ي اختالف دو طول موج طیف سدیم را بدست آورده و نتیجه را در جدول یادداشت کنید.

جدول ۱: مدرج کردن تداخل‌سنج فابری پرو

n	$D(mm) \pm 0.01mm$	$d(mm) \pm 5 \times 10^{-4}mm$	d/D
1	0.56	0.0273	0.04875
2	0.55	0.0273	0.04963
3	0.58	0.0273	0.04707

جدول ۲: اندازه‌گیری طول موج زرد سدیم

n	$D(mm) \pm 0.01mm$	$d(mm) \pm 4 \times 10^{-4}mm$	$\lambda(A)$
1	0.61	0.0296	5920
2	0.60	0.0290	5800
3	0.64	0.0310	6200

جدول ۳: تعیین اختلاف طول موج دو طیف زرد سدیم

n	$L'(mm) \pm 0.01mm$	$I(mm) \pm 0.001mm$	$\Delta\lambda(A)$
1	12.39	0.300	5.78
2	12.49	0.302	5.75
3	12.51	0.303	5.73

۴ جدول داده‌ها

۵ خطا

۱.۵ آزمایش اول

دقت ریزسنج برابر یک صدم میلی‌متر و دقت‌سنجی برای فاصله دو آینه با توجه به $\Delta n = 1$ و $\Delta\lambda = 1A$ از روابط مساله داریم:

$$d = n\frac{\lambda}{2} \implies \Delta d = \sqrt{\left(\frac{\Delta n\lambda}{2}\right)^2 + \left(\frac{n\Delta}{2}\right)^2} \approx 5 \times 10^{-4} \quad (۶)$$

همچین برای خطای نسبت d/D داریم:

$$\Delta\frac{d}{D} = \sqrt{\left(\frac{\Delta d}{D}\right)^2 + \left(\frac{d\Delta D}{D^2}\right)^2} \approx 0.001 \quad (۷)$$

۲.۵ آزمایش دوم

برای بدست آوردن خطای d از رابطه خطای کمیت وابسته استفاده می‌کنیم

$$\Delta d = \sqrt{(\Delta D\alpha)^2 + (D\Delta\alpha)^2} \approx 4 \times 10^{-4} \quad (۸)$$

همچنین داریم،

$$\lambda = \frac{2d}{n} \implies \Delta\lambda = \sqrt{\left(\frac{2\Delta d}{n}\right)^2 + \left(\frac{2d\Delta n}{n^2}\right)^2} \approx 80A \quad (۹)$$

۳.۵ آزمایش سوم

حال نوبت محاسبه خطای I است:

$$I = \frac{L'd}{2D} \implies \Delta I = \sqrt{()^2 + \left(\frac{L'\Delta\alpha}{2}\right)^2} \approx 0.001 \quad (۱۰)$$

۶ نتیجه‌گیری

از جدول اول داریم

$$\frac{d}{D} = 0.0485 \pm 0.0008 \quad (۱۱)$$

از جدول دوم داریم که مقدار آزمایش طول موج برابر است با

$$\lambda_{exp} = 5970 \pm 80A \quad (۱۲)$$

اما این مقدار در منابع مذکور در مرجع برابر با $5890A$ است و خطای نسبی چنین است:

$$E = \frac{5770 - 5890}{5890} = 1\% \quad (۱۳)$$

همچنین از جدول سوم داریم که خطای طول موج برابر با $5.75 \pm 0.02A$ است و در مراجع مذکور $6A$ است. در نهایت خطای نسبی این اختلاف طول موج برابر است با

$$E = \frac{6 - 5.75}{5.75} = 4\% \quad (۱۴)$$