دانشگاه فیزیک دانشگاه تهران
شرکت فناوری خلا کهربا

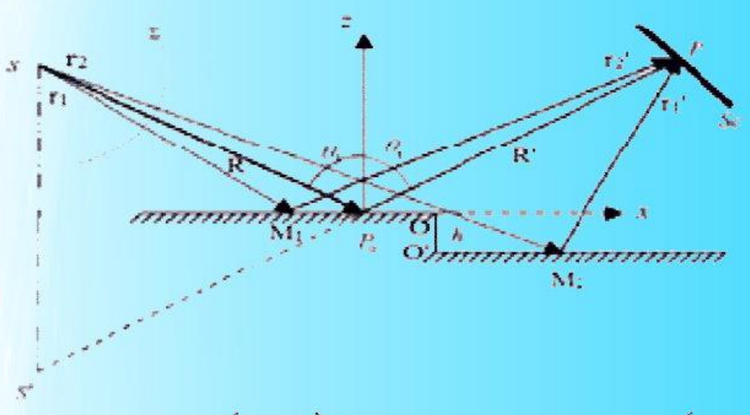
دستگاه اندازه گیری ضخامت لایه های نازک با استفاده از پراش فرنل از پله ی فازی

هنگامی که یک موج تخت ، تکفام و شبیه همدوس بر پله ای بتابد ، به دلیل تغییرات ناگهانی فاز در مرز پله فازی ، نور بازتابیده پراشیده می شود و فریزهایی ایجاد می گردد که به کمک انتگرال فرنل-کریشهف قابل توصیف می باشد. حال با داشتن نقش پراش تجربی از روی برازش رابطه تئوری به توزیع شدت در نقش پراش تجربی می توان ضخامت لایه نازک را بدست آورد، علاوه بر این نمایانی فریزهای پراش تابعی دوره ای از زاویه فرود نور بوده و مستقل از ضخامت لایه می باشد . بنابر این با داشتن منحنی تجربی نمایانی بر حسب زاویه فرود و مقایسه با رابطه تئوری می توان ضخامت لایه نازک را با دقت کمتر از ۱۰ نانو متر بدست آورد. جوابهای به دست آمده از هر دو روش با یکدیگر همخوانی دارند.

اهمیت تعیین ضخامت :

* تعیین ضخامت در علوم و مهندسی از اهمیت ویژه ای برخوردار است.
* یکی از ساده ترین و ظاهری ترین خصوصیات مواد از جمله لایه های نازک هندسه ظاهری و ابعاد آنها می باشد که از آن جمله می توان به ضخامت اشاره کرد.
* تعیین دقیق ضخامت لایه های نازک بسیار مهم بوده و بسیاری از ویژگیهای اپتیکی و الکتریکی لایه های نازک به ضخامت آنها بستگی دارد.

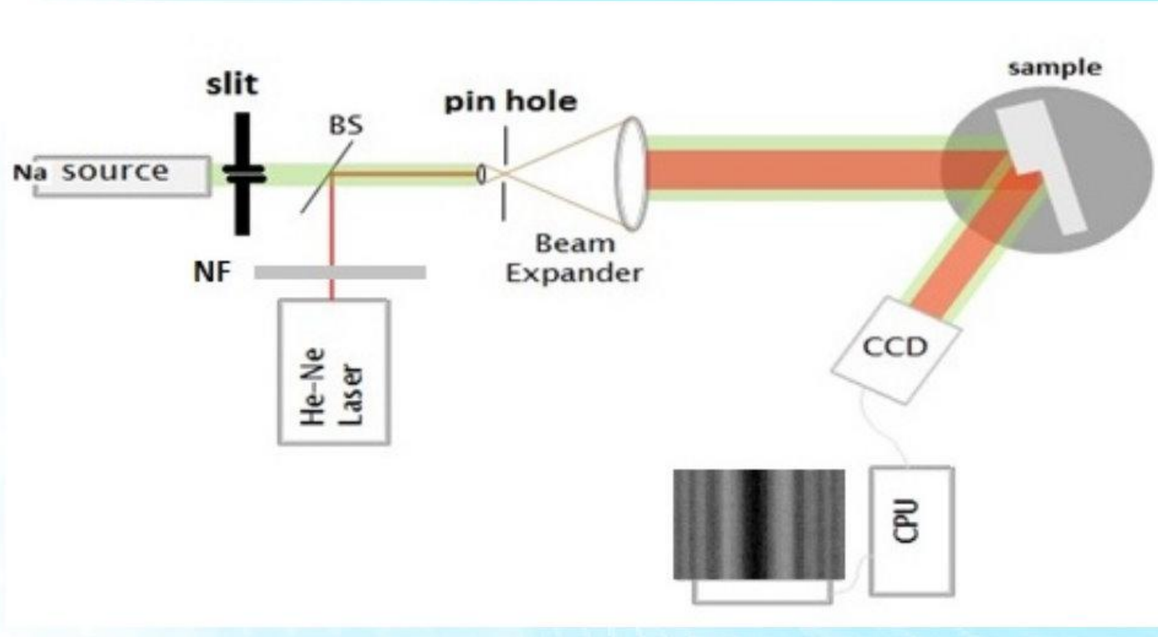
فرمول بندی پراش فرنل از پله فازی یک بعدی با جنس یکسان در بازتاب :



$$I_{1,rn} = \cos^2\left(\varphi/2\right) + 2(c_0^2 + s_0^2)\sin^2\left(\varphi/2\right) \mp (c_0 - s_0)\sin\varphi$$

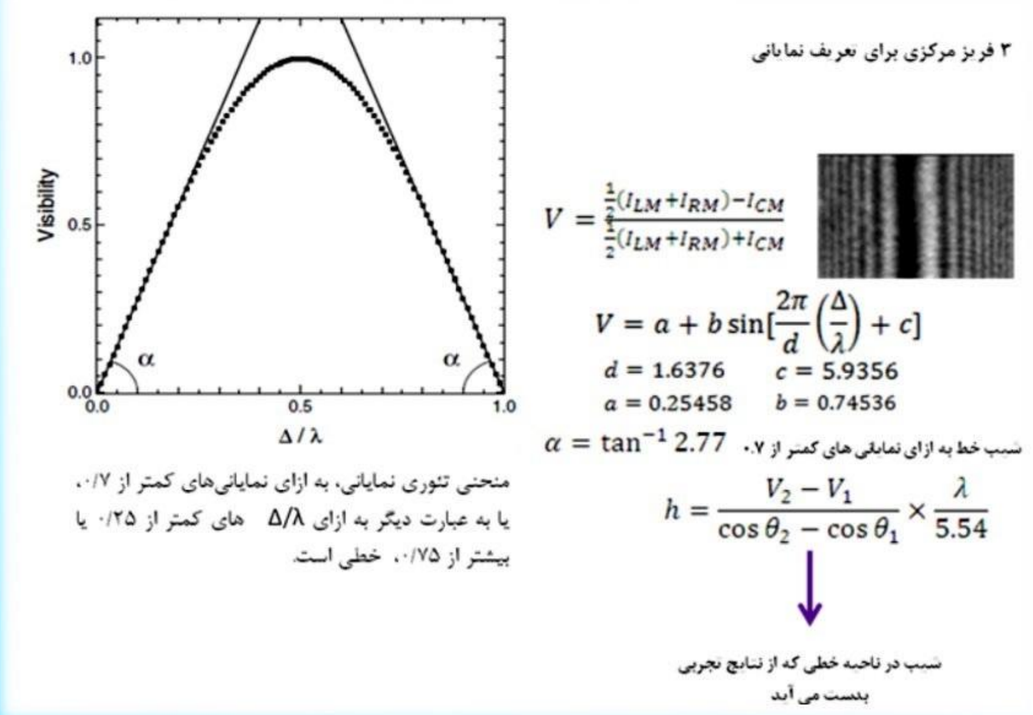
کاربردهای تعیین ضخامت لایه ها و اندازه گیری آن :

چیدمان آزمایش :



* طراحی مولتی لایه ها و خواص آنها شدیدا به ضخامت لایه ها وابسته است.
* در طراحی فیلترهای اپتیکی و دیکروئیک ها که کاربرد زیادی در صنایع نظامی و الکترونیکی دارند، تعیین ضخامت و اندازه گیری آن بسیار مهم می باشد.
* در صنعت نیمه هادی ، سلول های خورشیدی ، میکرو – الکترونیک ، mems & nems، صنعت سنسور سازی و غیره .

نمایانی معیاری برای اندازه گیری ضخامت با دقت نانو متر :



مقایسه اندازه گیری ضخامت های مختلف از روش نمایانی و نقطه مینیموم نمایانی:

Table 1. Six Film Thicknesses Measured Using Fresnel Diffraction of Light from Steps Formed by the Thin Films Using Two Different Wavelengths

No.	Film Thickness in nm for $\lambda = 532$ nm	Film Thickness in nm for $\lambda = 633$ nm	Standard Deviation in nm for $\lambda = 532$ nm	Standard deviation in nm for $\lambda = 633$ nm
1	466	465	6.5	5.9
2	444	446	6.5	5.5
3	239	242	4.8	4.1
4	80	82	3.9	6.1
5	57	55	2.1	2.4
6	39	40	1.5	2

Table 2. Comparison between the Thicknesses Measured by Fitting Data on Visibility Line (FVL) and the Thicknesses Obtained from Zero Visibility Point (ZVP)

FVL	466 ± 6.5 nm	465 ± 5.9 nm	444 ± 6.5 nm	446 ± 5.5 nm
ZVP	454 ± 20 nm	457 ± 20 nm	436 ± 20 nm	438 ± 20 nm

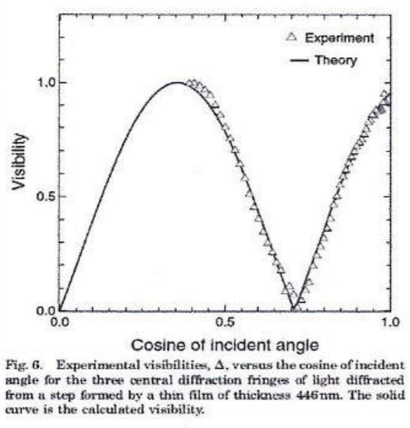


Fig. 6. Experimental visibilities, Δ, versus the cosine of incident angle for the three central diffraction fringes of light diffracted from a step formed by a thin film of thickness 446 nm. The solid curve is the calculated visibility.

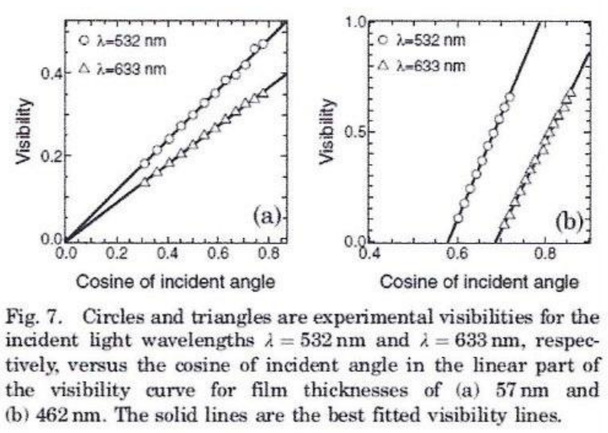


Fig. 7. Circles and triangles are experimental visibilities for the incident light wavelengths $\lambda = 532$ nm and $\lambda = 633$ nm, respectively, versus the cosine of incident angle in the linear part of the visibility curve for film thicknesses of (a) 57 nm and (b) 462 nm. The solid lines are the best fitted visibility lines.

مزایای طرح :

* اندازه گیری ضخامت در این روش بسیار ساده است و در حجم و ابعاد کمتری اندازه گیری امکان پذیر است.
* نسبت به سایر روشها بسیار کم هزینه است.
* با وسایل و امکانات معمولی دقت اندازه گیری زیر ۱۰ نانومتر است (۲ الی ۱۰ نانومتر).
* برخلاف سایر روشها به نوسانات مکانیکی حساس نمی باشد.
* بر خلاف سایر روشها نیاز به کالیبراسیون ندارد.
* اگر از وسایل دقیقتر استفاده شود دقت به میزان قابل توجهی افزایش افزایش می یابد.
* نسبت به سایر روشها محدوده کاری آن وسیع تر می باشد – (نانومتر تا چندین سانتی مترو بیشر).
* علم و تکنولوژی ساخت آن کاملا داخلی و بومی می باشد.
* عدم نیاز به پارامتر ورودی.
* سهولت کار با دستگاه.

آدرس :

تهران – خیابان وصال – کوچه شاهد – پلاک ۱۷ –
پارک علم و فناوری دانشگاه تهران

تلفن : ۷۱ و ۸۸۹۹۷۶۵۴۵ – ۰۲۱

فکس : ۸۸۹۷۶۵۴۵ – ۰۲۱

شرکت فناوری کهربا