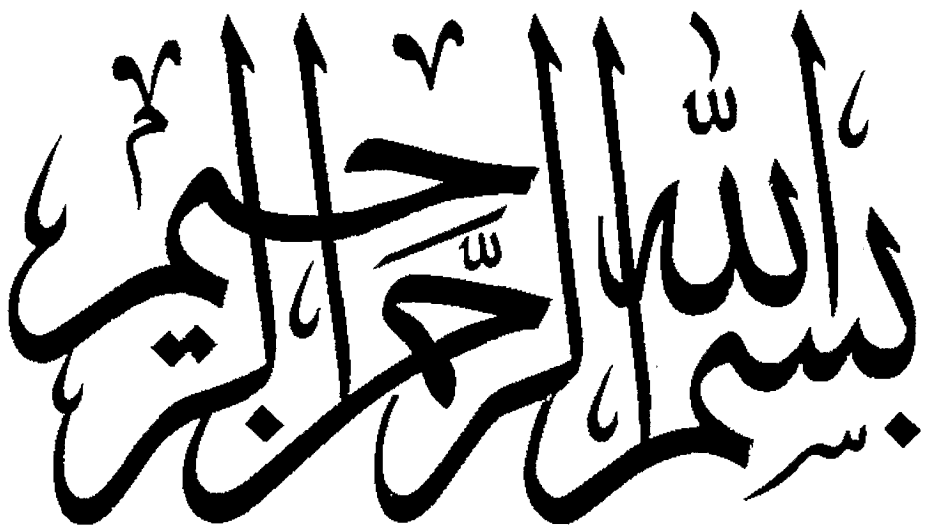

بسم الله الرحمن الرحيم

۱۳۸۸/۶/۱۱

۱۱۶۱۹۶

دانشگاه زنجان

آزمون سطوح غیرکروی با استفاده از تمام نگار رایانه ای

پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد

زهره نعمتی پرشکوه

استاد راهنما: دکتر احمد درودی

۱۳۸۸/۶/۱۱

مرکز اطلاعات و مدارک علمی دانشگاه
تهیه مدارک

بهار ۱۳۸۸

۱۱۶۱۹۶

دانشگاه زنجان

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

شماره: ۱۱/۵۰۸۸

تاریخ: ۸۸/۲/۲۷

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی‌عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد

خانم: **زهره نعمتی پرشکوه** رشته: **فیزیک** گرایش: **اتمی و مولکولی**

تحت عنوان: **آزمون سطوح غیرکروی با استفاده از تمام نگار رایانه‌ای**

در تاریخ ۸۸/۲/۲۷ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه زنجان برگزارگردید و نظر هیأت داوران بشرح زیر می‌باشد:

قبول(با درجه :عالی..... امتیاز: .....۱۸/۷۵.....) دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ عالی(۲۰ ۱۸)
۲- بسیارخوب(۱۷/۹۹- ۱۶)
۳- خوب(۱۵/۹۹- ۱۴)
۴- قابل قبول(۱۳/۹۹ ۱۲)

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱ استاد راهنما	دکتر احمد درودی	استادیار	
۲- استاد ممتحن خارج از دانشگاه	دکتر محمد امیری	استادیار	
۳- استاد ممتحن داخل دانشگاه	دکتر سعید قنبری	استادیار	
۴ نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمدعلی اسم خانی	استادیار	

دانشگاه زنجان
دکتر سیاوش میرموسوی
مدیر محترم امور تحصیلات تکمیلی دانشگاه
استعدادهای درخشان

دکتر محمدعلی اسم خانی
معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی
دانشکده علوم
۸۸/۲/۲۷

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

قدردانی و تشکر

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر درودی که همواره با صبر و شکیبایی به راهنمایی من پرداخته‌اند، سپاسگزارم.

از آقایان سلمان مهاجر و علیرضا مولایی که با توضیحات و راهنمایی های به جای خود مرا یاری کرده‌اند کمال تشکر را دارم.

از آقایان سعید زراعتی و مصطفی قادریان به خاطر مساعدت هایی که در طول تحصیلم داشته‌اند بی نهایت ممنونم.

از پدر و مادرم به خاطر تمام صبر و تحمل و حمایت و محبتشان قدردانی می کنم.

چکیده

در این پایان نامه بررسی کوتاهی بر روی برخی از شیوه های آزمون سطوح غیرکروی صورت گرفته است و از میان آن ها در مورد آزمون سطوح غیرکروی با استفاده از تمام نگار رایانه‌ای بحث شده است. در ادامه، در مورد این که تمام نگار رایانه‌ای چیست و چگونه می توان آن را تولید کرد و خطاهای ساخت آن صحبت شده است. در نهایت نحوه ساخت تمام نگار رایانه‌ای به کار رفته برای آزمون یک سطح غیرکروی با استفاده از تداخل سنج فیزو شرح داده شده است و درباره روش تغییر فاز برای تحلیل فریزهای تداخلی توضیح داده شده است.

واژگان کلیدی: سطح غیرکروی، تمام نگار رایانه‌ای، تداخل نگاشت رایانه‌ای، تداخل سنج فیزو، اختلاف راه نوری

فهرست

چکیده . . . . . چهار

مقدمه . . . . . هشت

۱ آزمون سطوح اپتیکی غیرکروی

۱.۱ سطح غیرکروی چیست؟ ۲

۲.۱ تداخل ۴

۱.۲.۱ تداخل سنجی ۷

۳.۱ شیوه های آزمون سطوح غیرکروی با استفاده از تمام نگار رایانه‌ای ۸

۴.۱ آزمون سطوح غیرکروی با استفاده از تمام نگار رایانه‌ای در تداخل سنج تویمن-گرین . . . ۱۱

۵.۱ آزمون سطوح غیرکروی با استفاده از تمام نگار رایانه‌ای در تداخل سنج فیزو ۱۸

۶.۱ آزمون سطوح غیرکروی با استفاده از تمام نگار رایانه‌ای در تداخل سنج ماخ زندر ۲۰

۲ مراحل ساخت تمام نگار رایانه ای و خطاهای ایجاد شده در حین ساخت

۱.۲ تمام نگار چیست؟ ۲۲
۱.۱.۲ تفاوت تمام نگاری با عکاسی ۲۲
۲.۱.۲ چگونه فاز موج را ثبت کنیم؟ ۲۲
۲.۲ ساخت تمام نگار رایانه‌ای ۲۵
۱.۲.۲ انواع تمام نگار رایانه‌ای ۲۵
۲.۲.۲ تمام نگار انحراف فاز ۲۷
۳.۲.۲ تداخل نگاشت های رایانه‌ای ۳۲
۴.۲.۲ ثبت تمام نگار رایانه‌ای ۳۳
۳.۲ خطاهای ساخت تمام نگار رایانه ای ۳۸
۱.۳.۲ خطای صفحه تمام نگار ۳۹
۲.۳.۲ اعوجاج الگوی تمام نگار ۴۰
۳.۳.۲ خطای duty-cycle و عمق حکاکی تمام نگار رایانه‌ای ۴۱

۳ طراحی تمام نگار رایانه‌ای و چیدمان آزمایش

۱.۳ طراحی تمام نگار رایانه‌ای ۴۴
۲.۳ چیدمان آزمایش ۵۰
۱.۲.۳ ترکیب اجزای چیدمان ۵۱
۲.۲.۳ اجزای چیدمان ۵۳
۳.۲.۳ تنظیمات حین داده برداری ٦٦

۴.۲.۳ داده برداری به روش جابجایی فاز ۶۸
۵.۲.۳ خطاهای ساخت تمام نگار رایانه‌ای ۷۳
۶.۲.۳ نتایج و پیشنهادات ۷۴
مراجع ۷۵

مقدمه

استفاده از سطوح غیرکروی در ساخت سیستم های اپتیکی با بازدهی بالا، امکان کاهش تعداداجزای اپتیکی مورد استفاده در سیستم را به ما می دهد. بعد از ساخت اجزای اپتیکی غیرکروی برای رسیدن به کیفیت دلخواه باید بتوانیم اعوجاج و ابیراهی این سطوح را با استفاده از روش هایی با دقت حدود ۱۰nm اندازه گیری کنیم. الکترونیک، رایانه و نرم افزارهای پیشرفته کمک زیادی به پیشرفت اندازه گیری شکل سطوح و اعوجاج آنها کرده است.

سطوح غیرکروی معمولاً با استفاده از روش های تداخلی (پراش، بازتاب یا ترکیبی از این دو) آزمایش می شوند. برای این کار می توانیم این سطوح را با یک سطح مرجع تخت یا کروی مقایسه کنیم اما اختلاف زیاد یک سطح غیرکروی با یک سطح مرجع تخت یا کروی باعث می شود که تعداد زیادی فریز تداخلی ایجاد شوند که باید آنها را تفسیر کرد و این موجب مشکل شدن آزمون یک سطح غیرکروی می شود. بنابراین باید بتوانیم سطوح مرجعی بسازیم که بهتر بر سطح آزمون منطبق شوند و از این سطوح مرجع در تداخل سنج استفاده کنیم. اما ساخت سطوح مرجع غیرکروی مشکل و پر هزینه است.

یک روش برای حل این مشکل استفاده از تداخل سنجی با چینش جانبی[۱] است. در این شیوه سطح مرجع لازم نیست. اساس این روش جابجایی کپی جبهه موج دارای ابیراهی به طور جانبی و به مقدار کمی از جبهه موج اصلی و تداخل این دو با هم می باشد.[۱] یعنی هر نقطه از سطح با نقطه ای در مجاورت آن مقایسه می‌شود.[۲] همچنین می توانیم از شیوه های پوچ کننده استفاده کنیم بدین معنی که جبهه موج مرجعی به کار بریم که شکلی مشابه با جبهه موج آزمون داشته باشد. شیوه های دیگری همچون روش هایی که بر اساس اپتیک هندسی عمل می کنند[۲ ۳]، تداخل سنجی مادون— قرمز[۴] و استفاده از تمام نگار رایانه‌ای[۵] به کار رفته اند.

تمام نگارهای رایانه‌ای اجزای اپتیکی بسیار قدرتمندی هستند چون می توانند جبهه موج فرودی را تقریباً به هر

---

[۱] Lateral Shearing Interferometry

[۲] D. Malacara, Optical shop testing(Wiley), New York,1978

[۳] R.E. Parks L.Z. Shao "Testing large hyperbolic secondry mirrors", Opt. Eng. 27, 1057-1062 (1988)

[۴] J.K. Sinha H.V. Trippur,"Infrared interferometry for rough surface measurments:applicatios to failure characterization flaw detection", Opt. Eng. 36, 2233-2239 (1997)

[۵] Computer Generated Hologram(CGH)

شکل تعریف شده از نظر ریاضی تبدیل کنند و باعث می شوند جبهه موج طوری منتشر شود که توزیع شدت یا فاز دلخواه ایجاد شود. بنابراین تمام نگارهای رایانه‌ای در آزمونهای پوچ کننده که برای تعیین شکل و اعوجاج سطوح غیرکروی به کار می روند بسیار مفیدند. چنین تمام نگارهایی شامل الگویی از خطوط یا حلقه ها هستند و با استفاده از ابزار پیشرفته امروزی به سادگی می‌توان آنها را ساخت.

فصل اول

آزمون سطوح اپتیکی غیرکروی

۱.۱ سطح غیرکروی چیست؟

هر سطحی که کروی یا تخت نباشد غیرکروی است. البته در اینجا منظور ما از سطوح غیرکروی، سطوح غیرکروی مخروطی است یعنی سطوحی که از قطع دادن یک صفحه با یک مخروط تولید می شوند و عبارتند از: سهمی گون[۱]، هذلولی گون[۲]، بیضی گون[۳].

سطوح غیرکروی در ساده تر کردن سیستم های اپتیکی نقش بسیار مهمی دارند. ابیراهی های تکرنگ معمول شامل ابیراهی کروی[۴]، کوما[۵]، آستیگماتیسم[۶] و واپیچش[۷] را می توان با استفاده از سطوح غیرکروی حذف کرد. اصلاح این ابیراهی ها برای سطوح کروی بزرگ مشکل و پرهزینه است. سطوح غیرکروی میدان دید وسیعی به ما می دهند، ابیراهی های اپتیکی را کاهش می دهند، کیفیت تصویر را در سیستم‌های اپتیکی افزایش می دهند و همچنین از وزن و حجم سیستم می کاهند.

برای مشخص کردن یک سطح کروی فقط به پارامتر شکل[۸] نیاز است یعنی شعاع انحنا، R، و تنها محدودیتی که داریم این است که R نباید بی نهایت شود چون در این صورت یک سطح تخت خواهیم داشت. برای مشخص کردن یک سطح غیرکروی پارامترهای بیشتری داریم که این باعث می شود بتوانیم شکل سطح و در نتیجه ابیراهی‌های جبهه موج را در سیستم اپتیکی بهبود بخشیم [۳].

معادله کلی یک سطح غیرکروی با تقارن چرخشی حول محور z به صورت زیر است [۴]:

$$z = \frac{CS^2}{1 + [1 - (K+1)\, C^2 S^2]^{\frac{1}{2}}} + A_1 S^4 + A_2 S^6 + A_3 S^8 + A_4 S^{10} + \cdots \qquad (۱)$$

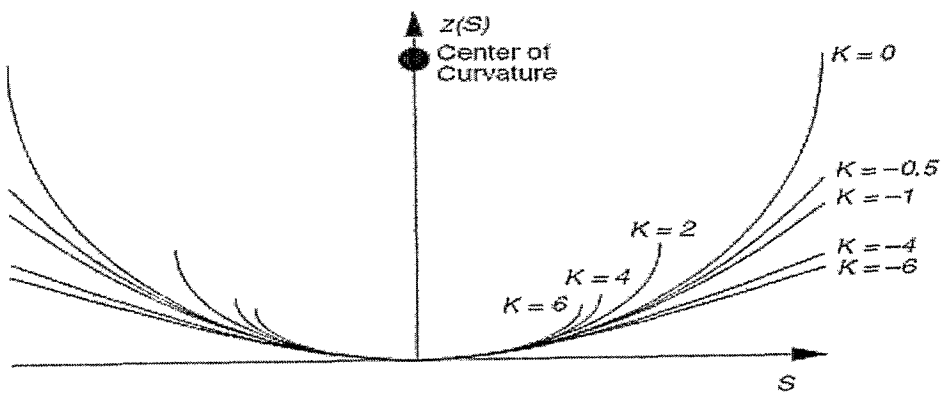
---

[۱] Paraboloid
[۲] Hyperboloid
[۳] Elipsoid
[۴] Spherical Aberration
[۵] Coma
[۶] Astigmatism
[۷] Distortion
[۸] Shape Parameter

که در آن $S^2 = x^2 + y^2$ و $C = \frac{1}{R}$ و R شعاع انحنای سطح است. شعاع انحنای سطح غیرکروی در رأس آن شعاع انحنای اصلی نامیده می شود. A_i ها پارامترهای شکل غیرکروی[۹] و K تابعی از خروج از مرکز مقطع مخروطی است ($K = -e^2$) و ثابت توصیف کننده سطح[۱۰] خوانده می شود.[۱۱] اگر همه A_i ها صفر باشند سطح یک سطح غیرکروی مخروطی است و بسته به مقدار K، شکل آن هذلولی‌گون، سهمی گون، بیضی گون، بیضی پَخ[۱۲] یا کروی خواهد بود؛ جدول زیر را ببینید [۴].

نوع مقطع مخروطی	مقدار ثابت توصیف کننده سطح
هذلولی گون	$K \leq -1$
سهمی گون	$K = -1$
بیضی گون	$-1 \leq K \leq 0$
کره	$K = 0$
بیضی پَخ	$K \geq 0$

شکل ۱—۱ نمایشگر نقش K در معادله (۱) است [۴]:



شکل ۱—۱ : برش طولی سطوح غیرکروی با انحنای یکسان و K متفاوت.

[۹] Aspheric Deformation Constants

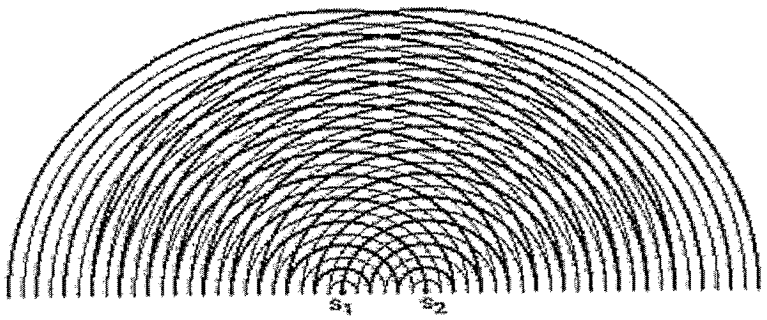
[۱۰] Conic Constant

[۱۱] برای به دست آوردن اطلاعاتی در مورد نحوه به دست آوردن این ثابت می توانید به پایان نامه آقای سلمان مهاجر مراجعه کنید.

[۱۲] Oblate Spsheroid(Ellipse rotated about its minor axis)

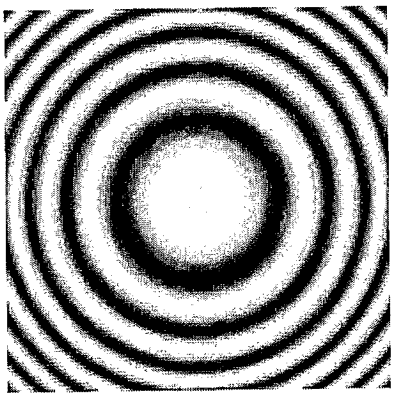
۲.۱ تداخل

تداخل عبارت است از برهم نهی[۱۳] دو یا چند موج که باعث ایجاد یک توزیع شدت جدید می شود. شکل زیر تداخل دو جبهه موج را نمایش می دهد:



شکل ۱—۲ : تداخل دو جبهه موج (آزمایش دو شکاف یانگ).

اگر نور یک منبع به دو باریکه تقسیم شود و سپس دو باریکه برهم نهاده شوند، شدت در ناحیه برهم نهش از یک مقدار بیشینه که برابر با مجموع شدت هاست تا یک مقدار کمینه که می تواند صفر باشد تغییر می‌کند. شکل زیر را ببینید:



شکل ۱—۳ : تغییرات شدت

[۱۳] Superposition

برهم نهش باریکه های نور تک فام[۱۴] همیشه باعث تداخل می شود. اگرچه نور تولید شده با یک منبع فیزیکی حقیقی کاملاً تک فام نیست اما دامنه و فاز دارای افت و خیز[۱۵] سریع و نامنظم هستند که چشم یا یک آشکارساز معمولی نمی تواند آن را تشخیص دهد. اگر دو باریکه از یک منبع ساطع شوند، تغییرات دو باریکه عموماً همبسته‌اند[۱۶]، و باریکه ها همدوس اند[۱۷] (دو باریکه که اختلاف فاز آن ها نسبت به زمان ثابت است را همدوس گوییم). در مورد باریکه هایی از دو منبع متفاوت، تغییرات کاملاً ناهمبسته‌اند و پرتوها ناهمدوس‌اند[۵]. وقتی چنین پرتوهایی برهم نهاده شوند، باهم تداخل خواهند کرد اما نقش برآیند مدت نسبتاً زیادی باقی نخواهد ماند تا به راحتی قابل مشاهده باشد. یک چشمه معمولی شامل شمار زیادی از اتم های برانگیخته است، که هریک می تواند قطار موجی را برای مدتی در حدود $10^{-8}s$ بتاباند. بنابراین، دو چشمه مجزا در بهترین حالت در زمانی تقریباً برابر $10^{-8}s$، می توانند فازهای نسبی خود را نگه دارند. نقش تداخلی حاصل تنها برای این مدت زمان کوتاه پیش از آن که در اثر انحراف فاز تغییر کند در فضا ثابت خواهد ماند در نتیجه تلاش برای دیدن نقش تداخل حاصل از دو چراغ روشن یا عکس برداری از آن بیهوده خواهد بود.

اگر دو باریکه برای ایجاد یک نقش پایدار باهم تداخل کنند باید بسامد تقریباً یکسانی داشته باشند. پیامد یک اختلاف بسامد قابل توجه اختلاف فازی با تغییری سریع و وابسته به زمان خواهد بود که به نوبه خود موجب صفر شدن میانگین I_{12} در مدت زمان آشکارسازی خواهد شد.

روشن ترین نقش ها هنگامی وجود خواهند داشت که امواج تداخل کننده دارای دامنه های برابر یا تقریباً برابر باشند. اگر امواجی که در یک نقطه به هم می رسند همدیگر را تقویت کنند و دامنه برآیند آن ها برابر مجموع دامنه های اولیه باشد، تداخل را سازنده[۱۸] گویند که معادل با فریزهای روشن در طرح تداخل است و اگر امواج همدیگر را تضعیف کنند و دامنه برآیند آن ها برابر اختلاف دو دامنه باشد، تداخل را ویرانگر[۱۹] گویند که معادل فریزهای تاریک در طرح تداخل می باشد [۶].

---

[۱۴] Monochoromatic Light

[۱۵] Flactuations

[۱۶] Correlated

[۱۷] Coherent

[۱۸] Constructive Interference

[۱۹] Destructive Interference

حال می خواهیم تداخل را برای دو موج تخت هم بسامد $\overrightarrow{E}_1$ و $\overrightarrow{E}_2$ بررسی کنیم و تابیدگی[۲۰] را به دست آوریم.

$$E_1 = E_{01}\cos(\overrightarrow{k}_1.\overrightarrow{r} + \omega t + \epsilon_1)$$

$$E_2 = E_{02}\cos(\overrightarrow{k}_2.\overrightarrow{r} - \omega t + \epsilon_2)$$

در یک نقطه مانند P که با بردار مکان $\overrightarrow{r}$ تعریف می شود، این امواج باهم تلاقی می کنند. میدان الکتریکی حاصل عبارت است از:

$$\overrightarrow{E}_P = \overrightarrow{E}_1 + \overrightarrow{E}_2$$

تابیدگی معرف متوسط زمانی مجذور دامنه موج است.

$$I = \epsilon_0 < \overrightarrow{E}_P^2 >= \epsilon_0 c < \overrightarrow{E}_P.\overrightarrow{E}_P >= \epsilon_0 c < (\overrightarrow{E}_1 + \overrightarrow{E}2).(\overrightarrow{E}_1 + \overrightarrow{E}2) >$$

$$I = \epsilon_0 c < \overrightarrow{E}_1^2 + \overrightarrow{E}_2^2 + 2\overrightarrow{E}_1.\overrightarrow{E}_2 >$$

دو جمله اول مربوط به تابیدگی های انفرادی، I_1 و I_2، هستند. آخرین جمله بستگی به برهم کنش امواج دارد و جمله تداخلی I_{12} نامیده می شود. پس:

$$I = I_1 + I_2 + I_{12}$$

وجود جمله سوم نشان دهنده ماهیت موجی نور است که می تواند تابیدگی را از طریق تداخل تقویت و تضعیف کند [۷].

---

[۲۰] Intensity

۱.۲.۱ تداخل سنجی

در آزمون های اپتیکی با دقت بالا اغلب از شیوه های تداخل سنجی استفاده می شود. تداخل سنج ها از دو باریکه لیزر استفاده می کنند یکی به عنوان باریکه مرجع و دیگری به عنوان باریکه آزمون. باریکه آزمون به سطح آزمون برخورد می کند و باریکه مرجع از یک سطح مرجع بازتاب می شود. باریکه های آزمون و مرجع در تداخل سنج روی صفحه یک CCD[۲۱] بر روی هم می افتند و CCD طرح تداخلی را به رایانه منتقل می کند به این ترتیب الگوی تداخل برای تحلیل رایانه‌ای آماده می شود و با تحلیل طرح تداخلی می توان به ابیراهی های سطح آزمون پی برد.

[۲۱] Charge-Coupled Device

۳.۱ شیوه های آزمون سطوح غیرکروی با استفاده از تمام نگار رایانه‌ای

یکی از شیوه های متداول برای آزمایش کیفیت سطوح آزمون های پوچ کننده است. یک چیدمان معمول برای آزمون سطوح کروی تداخل سنج تویمن— گرین است که سطح آزمون را با یک سطح مرجع تخت یا کروی مقایسه می کند. اگر سطح آزمون غیرکروی باشد دقت این چیدمان محدود می شود چون تفاوت بین سطح مرجع و سطح آزمون بسیار زیاد می شود. همان طور که قبلاً اشاره شد این مسأله باعث می شود که طرح تداخل تعداد زیادی فریز پیدا کند که این فریزها هم ناشی از ابیراهی های سطح آزمون و هم به دلیل تفاوت شکل سطح آزمون و سطح مرجع می باشند و این تحلیل فریزها را مشکل می کند.

برای سطوحی که اختلاف شکل آنها با سطح مرجع کم است (حدود ۱۰ فریز) در طرح تداخلی خطای ناشی از شکل سطح و هم خطاهای موضعی ناشی از ساخت هنوز قابل مشاهده است اما وقتی این اختلاف به حدود ۱۰۰ فریز یا بیشتر برسد دیگر امکان ثبت چنین طرح تداخلی با CCD نمی باشد.

یکی از روشهایی که تعداد فریزهای طرح تداخل را کاهش می دهد این است که از طول موج بلندتری به عنوان منبع نور در تداخل سنج استفاده کنیم. برای مثال اگر به جای لیزر هلیم— نئون باطول موج μ ۰/۶۳۲۸ که به طور معمول به عنوان منبع نور استفاده می شود، یک لیزر CO_2 با طول موج μ ۱۰/۶ به کار برده شود تعداد فریزها حدود $\frac{1}{17}$ کاهش می یابد که همان نسبت دو طول موج است. افزایش طول موج مطمئناً حساسیت آزمون تداخلی را کاهش می دهد، البته در بسیاری موارد طول موج μ ۱۰ منجر به حساسیتی کافی (اما نه عالی) می‌شود.

استفاده از طول موج بلندتر، یعنی چشمه های نور نامرئی، سه عیب دارد:

۱) اجزایی با ضریب شکست عادی را با این روش نمی توان آزمایش کرد چون ضریب بازتاب مناسب نیست.

۲) نمی توان از فیلم به طور مستقیم برای ثبت تداخل استفاده کرد زیرا در این طول موج حساس نیست.

۳) و به دلیل این که تشعشعات مادون قرمز هستند نمی توان آن ها را دید [۸].

روش دیگر این است که با ابزاری کمکی تفاوت بین شکل جبهه موج آزمون و جبهه موج مرجع را تا جایی که ممکن است کم کنیم؛ این ابزار کمکی تصحیح گر پوچ کننده[۲۲] یا خنثی گر پوچ کننده[۲۳] نامیده می شود. تصحیح‌گر پوچ کننده شامل یک یا چند عدسی و یا آینه است که در مسیر اپتیکی قرار می گیرند تا جبهه موجی که از سطح آزمون می آید را شبیه به یک جبهه موج تخت یا کروی کند. با این کار طرح تداخل اختلاف از شکل غیرکروی دلخواه را به جای اختلاف از شکل سطح مرجع تخت یا کروی به کار رفته برای آزمون نشان می‌دهد. طراحی دقیق تصحیح گر پوچ کننده و همچنین قرار دادن آن در جای مناسب بسیار مهم است. خطا در مکان قرارگیری تصحیح گر پوچ کننده باعث شد که آینه تلسکوپ هابل اشتباه صیقل داده شود. در حقیقت، راه ساده‌ای برای آزمون کیفیت تصحیح گرهای پوچ کننده وجود ندارد. همچنین تولید سیستم های پوچ کننده معمولاً بسیار مشکل و گران است. تولید این سیستم ها مخصوصاً برای آزمون جبهه موج های نامتقارن مشکل تر و گران تر است. بنابراین به وضوح به شیوه ای نیاز داریم که پیچیدگی سیستم های پوچ کننده را حذف کند یا کاهش دهد. استفاده از تمام نگارهای رایانه‌ای در بسیاری موارد کارساز بوده است.

حدود ۴۵ سال از زمانی که لومن و پاریس[۲۴] اولین تمام نگار رایانه‌ای را تعریف کردند، می گذرد و حدود ۴۰ سال است که تمام نگارهای رایانه‌ای برای آزمون اجزای اپتیکی غیرکروی به کار می روند. هم اکنون تمام‌نگارهای رایانه‌ای به طور وسیعی در آزمون اجزای اپتیکی استفاده می شوند و انتظار می رود در سال های آینده با دسترسی آسان تر به تمام نگار رایانه‌ای، استفاده از آنها در آزمون سطوح غیرکروی به شدت افزایش یابد. با وجودی که تمام نگارهای رایانه‌ای معمولاً برای آزمون سطوحی که تقارن چرخشی دارند، استفاده می‌شوند اما مزیت بزرگ تمام نگارهای رایانه‌ای این است که می توان آنها را به همان سادگی که برای آزمون سطوح متقارن تولید کرد برای آزمون سطوحی با شکل دلخواه هم طراحی کرد.

برای ساخت تمام نگار رایانه‌ای ابتدا باید پرتویابی[۲۵] کنیم یعنی تعیین کنیم که اگر سطح آزمون ایده‌آل بود فریزها در کجا تشکیل می شدند. پرتویابی را می توان برای هر سیستم اپتیکی به کار برد. تنها چیز لازم این است که

[۲۲] Null Corrector
[۲۳] Null Compensator
[۲۴] Lohmann & Paris
[۲۵] Ray Tracing