

ہولوگرافے روبشے اپتیکے

یا MATLAB

تینگ چانگ ہون

ترجمہ

دکتر سید فردین تقی زادہ

عضو هیات علمی دانشگاه باسوج

حسن اصغر زادہ سجاد بیات

ویراستار فنی

جعفر بختیار شوہانی

۱۳۹۳

انتشارات آوند اندیشه

سرشناسه	: پون، تینگ چانگ، -
عنوان و پدیدآور	: هولوگرافی روبشی اپتیک با MATLAB / تینگ چانگ پون، ترجمه: سید فردین تقی زاده، حسن اصغر زاده، سجاد بیات.
مشخصات نشر	: شیراز؛ آوند اندیشه، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۱۷۶ ص. مصور، جدول نمودار.
شابک	: ۱۲۰۰۰ ریال : 978-964-8411-38-6
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Optical Scanning Holography with MATLAB, c2007.
یادداشت	: واژه نامه. کتاب نامه. نمایه.
موضوع	: مطلب (برنامه کامپیوتر)
موضوع	: هولوگرافی
موضوع	: پوششگرهای نوری
شناسه افزوده	: تقی زاده، سید فردین، ۱۳۵۵ - مترجم
شناسه افزوده	: اصغر زاده، حسن، مترجم
شناسه افزوده	: بیات، سجاد، ۱۳۶۶ - مترجم
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۳ ۹ هـ ۹ پ / QC ۴۴۹
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۶۷۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۵۵۱۶۹۶

هولوگرافی روبشی اپتیک با MATLAB

تینگ چانگ پون

ترجمه دکتر سید فردین تقی زاده، حسن اصغر زاده، سجاد بیات

چاپ اول / ۱۳۹۳ / ۱۰۰۰ جلد / چاپ: فخر ایران

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۸۴۱۱-۳۸-۶ / قیمت: ۱۲۰۰۰ تومان



پخش تهران: نوپردازان ۶-۶۶۴۸۴۷۱۵

پخش شیراز: خوارزمی ۲۳۳۵۲۹۶ / فرهنگ ۲۳۳۵۲۹۶ پخش کتاب ۶۴۸۰۶۰۹

دفتر شیراز: هدایت غربی، کوچه ۷، پلاک ۲۲۸، تلفن: ۰۷۱۱-۲۳۵۸۴۴۱ / ۰۹۱۷۷۰۰۲۰۷۴

پیش گفتار مترجم

تاریخچه هولوگرافی

در سال ۱۹۴۷ دنیس گابور^۱ در دانشگاه سلطنتی علوم و تکنولوژی لندن، بر روی ارتقاء میکروسکوپ الکترونی کار می کرد. او به دنبال جوابی برای تصحیح خطای روزنه (شکاف) میکروسکوپ الکترونی بود. او موفق به استخراج اطلاعات شدت نور ساطع شده از جسم شد، اما اطلاعات فاز نور هنوز ناشناخته بود. تقریباً در سال ۱۹۳۵ زرنیکه^۲ ایده تبدیل اطلاعات فاز نور به اطلاعات شدت نور را به کمک همدوسی ارایه کرد و تنها مشکل، به صورت رمز درآوردن الگوی تداخل تولید شده بود.

در بهار سال ۱۹۴۷ پروفسور گابور راه حلی ارایه کرد برای بازسازی امواج جسم، از منبع نور همدوس برای روشن کردن الگوی تداخل می توان استفاده کرد. او این روش را هولوگرافی نامید. کلمه هولوگرافی یک کلمه یونانی به معنای «ثبت کامل» است. پروفسور گابور در سال ۱۹۷۱ به خاطر این کشف جایزه نوبل را دریافت کرد و تا بیست سال بعد در این زمینه فعالیت کرد.



پروفسور گابور، اولین شخصی که هولوگرافی را پیش بینی کرد.

^۱ Dennis Gabor

^۲ Zemike

دلیل تأخیر در پیشرفت هولوگرافی، نبود منبع نور همدوس پرتوان بود که با اختراع لیزر در سال ۱۹۶۰، این مشکل برطرف شد. دلیل دیگر، نداشتن صفحه عکاسی با حساسیت بالا بود که خطوط را ثبت کند. نظریه گابور در سال ۱۹۶۳ در دانشگاه میشیگان توسط لیت^۱ و اپاتنیک^۲ بهبود یافت. برای بهبود کیفیت هولوگرافی، روشی را ابداع کردند که آن را off-axis نامیدند. در همان سال دانشمند روسی به نام دنیسوک^۳ روشی را برای ثبت و بازسازی تصحیح هولوگرام کشف کرد که آن را هولوگرافی انعکاسی نور سفید نامید. با این روش، آن‌ها توانستند پس از هولوگرافی‌های لیزری، هولوگرام را با نور سفید بازسازی کنند. در سال ۱۹۶۵ اشتروک^۴ و لبری اولین هولوگرام رنگی را ساختند. در همان سال دو آمریکایی به نام‌های پاول و استنسون به کاربرد هولوگرافی در کنترل و اندازه‌گیری‌های فنی پی بردند.

نحوه ایجاد یک هولوگرام

در عکاسی با نور معمولی، ثبت اطلاعات با ثبت شدت انجام می‌شود. در این روش تغییرات شدت نور در نقاط مختلف جسم، در یک سطح دوبعدی در تصویر ثبت می‌شود. بنابراین اطلاعات مربوط به مختصه سوم نقاط جسم از بین می‌رود. از این رو تصاویری که با عکاسی متداول ثبت می‌شوند دوبعدی هستند و با تغییرات موضع ناظر نسبت به صفحه تصویر، اطلاعات جدیدی به دست نمی‌آید. برای ثبت اطلاعات مربوط به بعد سوم، لازم است اختلاف فاصله‌های نقاط جسم تا صفحه فیلم ثبت شود. در اپتیک، اختلاف فاصله را می‌توان به اختلاف فاز تبدیل کرد و تغییرات اختلاف فاز را به صورت تغییرات شدت در نقش تداخل دو موج، ثبت کرد. اما برای ایجاد تداخل به نور با همدوسی عرضی و طولی نیاز است. بنابراین برای ثبت کامل اطلاعات یک جسم که شامل شدت‌های نقاط جسم و محل‌های قرار گرفتن آن‌ها در فضا است یک موج همدوس به آن می‌تابانند و اطلاعات شدتی و فازی جسم در موج پراشیده از آن روبش می‌شود. به عبارت دیگر، موج پراشیده از جسم، تابعی از ضرایب بازتاب نقاط مختلف جسم و فاصله میان آن‌هاست. این موج که موج جسم نامیده می‌شود با موج دیگری به نام موج مرجع تداخل می‌کند. نقش تداخل حاصل از این دو موج، حاوی اطلاعات کامل شدت و فاز است. اگر این نقش تداخل ثبت شود که هولوگرام نام دارد می‌توان نشان داد در صورتی که باریکه‌ای همدوس در همان امتداد برخورد موج مرجع با هولوگرام

¹ Leit

² Upatneik

³ Denisyuk

⁴ Stroke

تابیده شود، آن گاه موج جسم بازسازی می شود و انتشار آن حضور جسم را در محل آن به هنگام ثبت تداعی می کند.

همان طور که ذکر شد، ثبت تصویر به روش فوق در سال ۱۹۴۸ میلادی توسط دنیس گابور پیشنهاد شد ولی به دلیل در دسترس نبودن چشمه های همدوس قوی و مناسب، هولوگرام های مطلوبی ثبت نشد و هولوگرافی مورد توجه چندانی قرار نگرفت. اما پس از اختراع لیزر هولوگرام های مناسبی ثبت و بازسازی شد و در نتیجه، هولوگرافی به سرعت مورد توجه واقع شد و روند رو به رشد خود را ادامه داد.

در هولوگرافی به میزی با پایه های بسیار ثابت و بدون حرکت نیاز است. در آزمایشگاه های هولوگرافی اغلب از میزهایی استفاده می کنند که شکل لانه زنبور دارند و دارای لایه هایی هستند که روی پایه های لاستیکی بادی قرار گرفته اند. این پایه ها در زیر بخش بالایی سطح میز قرار دارند و ارتعاش ها را خنثی می کنند. برای وضوح بهتر هولوگرام ها، باید تا جایی که ممکن است از هرگونه ارتعاش حتی در هوا جلوگیری کرد. حرارت و جریان هوای اطراف، هوا را کاملاً جابه جا می کنند.

بازسازی صحنه در هولوگرافی

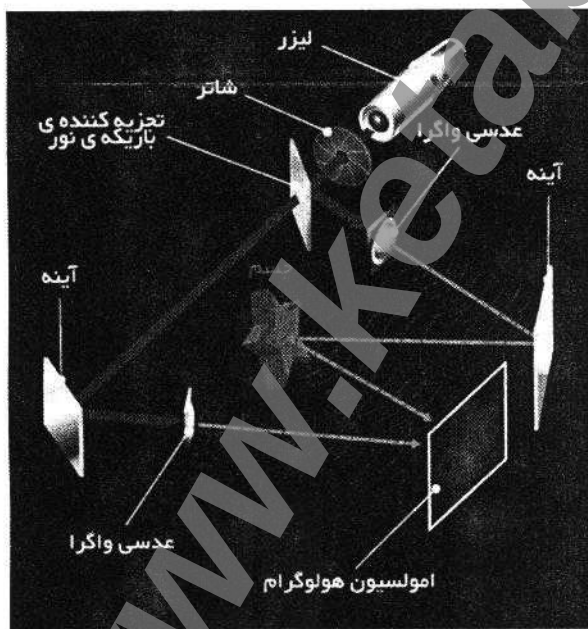
برای ثبت تصاویر هولوگرافی شیوه های گوناگون وجود دارد اما معمولاً هولوگرام روی یک فیلم ثبت می شود. برای ایجاد و بازسازی منظره اصلی باید پرتوی نور همدوس مانند باریکه مرجع که در ثبت تصویر مورد استفاده قرار گرفته است بر فیلم بتابد. اگر فردی در پشت همین فیلم قرار بگیرد تصویرهای صحنه یا منظره را دوباره خواهد دید. این پرتو به محض عبور از داخل فیلم از نظر دامنه و فاز تغییر می کند و به این ترتیب تصویری مجازی از جسم ایجاد می کند که فقط ناظری که پشت هولوگرام قرار دارد آن را می بیند.

علاوه بر این تصویر مجازی، یک تصویر حقیقی نیز در سمتی که ناظر قرار دارد، ظاهر می شود. این تصویر را با چشم نمی توان دید و برای مشاهده آن باید پرده ای را در محل کانونی شدن پرتو قرار داد تا تصویر، روی آن تشکیل شود. هولوگرافی به دلیل تکرنگ بودن نور لیزر، تکرنگ خواهد بود. البته با استفاده از سه باریکه لیزر با رنگ های اصلی قرمز، سبز و آبی، می توان تصویری تمام رنگی ایجاد کرد.

بنابراین هولوگرافی ثبت یک تصویر طی یک فرآیند پیچیده اپتیکی است که معمولاً به وسیله نور لیزر از طریق دو فرآیند پراش و تداخل نور به وجود می آید.

این فرآیند بدین صورت است که نور لیزر توسط ابزار ویژه ای به دوباریکه نور تقسیم می گردد،

یک باریکه به سمت صفحه ثابت منتقل می‌شود که به آن باریکه مرجع^۱ می‌گوییم و باریکه دیگر که باریکه شیئ^۲ است پس از عبور از شیئ مورد نظر جهت عکس‌برداری به سمت صفحه ثابت هدایت می‌شود. این دو پرتو در محل صفحه ثابت با هم تداخل می‌کنند. در این فرآیند هنگامی که قله‌های دو موج برهم منطبق می‌شوند، شدت یا دامنه انرژی موج افزایش می‌یابد و زمانی که قله و دره موج دوم تطبیق می‌کند، چگالی کاهش می‌یابد. تداخل سازنده وقتی رخ می‌دهد که هر دو موج به‌طور هم فاز نسبت به هم به یک نقطه برسند و تداخل ویرانگر هنگامی اتفاق می‌افتد که امواج غیر هم فاز باشند. از آن جایی که این الگوی ثبت‌شده شامل اطلاعات دامنه و فاز باریکه تابشی است بنابراین تفاوت آشکاری با یک عکس معمولی را داشته و همین امر موجب سه‌بعدی به نظر رسیدن تصویر هولوگرام می‌گردد.



تصویر ثبت هولوگرام

خصوصیات هولوگرافی

یکی از جالب‌ترین خصوصیات هولوگرافی این است که جسم بازسازی‌شده رفتار سه‌بعدی نشان می‌دهد، بنابراین با حرکت دادن چشم از محل تماشا می‌توان طرف دیگر جسم را مشاهده کرد.

^۱ refrence beam

^۲ object beam

توجه کنید که برای ضبط هولوگرام باید سه شرط اصلی زیر برآورده شود:

۱. درجه همدوسی نور لیزر باید به اندازه کافی باشد تا فریزهای تداخلی در روی صفحه تشکیل شود.
۲. وضعیت نسبی جسم، صفحه و باریکه لیزر نباید در هنگام تاباندن نور به صفحه که حدود چند ثانیه طول می‌کشد تغییر کند. در واقع تغییر محل نسبی باید کم‌تر از نصف طول موج لیزر باشد تا از در هم شدن نقش تداخلی جلوگیری کند.
۳. قدرت تفکیک صفحه عکاسی باید به اندازه کافی زیاد باشد تا بتواند فریزهای تداخلی را ضبط کند.

کاربردهای هولوگرافی

امروزه دانش هولوگرافی یکی از شاخه‌های فعال در اپتیک محسوب می‌شود و کاربردهای تحقیقاتی، صنعتی و خدماتی فراوانی دارد. در زیر به چند مورد از این کاربردها اشاره می‌کنیم.

۱. بررسی تغییر شکل قطعات در مقیاس‌های زیر میکرونی: به دلیل حساسیت بالای تشکیل مناسب یک هولوگرام، می‌توان از این قابلیت استفاده کرد و تغییر شکل‌های بسیار ریز را در اجسام مشاهده و اندازه‌گیری کرد.
۲. بررسی اندازه اشیایی که از روی آن مدل دیگری ساخته‌اند. در واقع اصل شیء و نسخه بدل را طوری در معرض تابش شعاع‌های لیزر قرار می‌دهند که هولوگرام ایجاد می‌کند.
۳. ثبت چند هولوگرام روی یک فیلم: زاویه باریکه مرجع نسبت به سطح فیلم در عکس‌برداری‌های گوناگون، متفاوت است. می‌توان با تغییر دادن زاویه تابش نور، تصاویر گوناگونی را بر روی یک فیلم ثبت کرد. ناظر می‌تواند با چرخاندن فیلم در برابر باریکه ثابت نور، کلیه تصاویر ثبت‌شده را یک به یک ببیند.
۴. ذخیره‌سازی اطلاعات: با قابلیت ثبت چند هولوگرام بر روی یک فیلم می‌توان اطلاعات زیادی را به این روش ذخیره کرد.
۵. ارتعاش‌سنجی و مطالعه سه‌بعدی واکنش‌های میکروسکوپی
۶. جلوگیری از جعل اسناد و رمزنگاری
۷. نمایش‌های هنری و آموزشی
۸. هولوگرام تست‌های غیر مخرب N.D.T

۹. هولوگرام ساخت برخی از قطعات اپتیک مثل توری

از آن جایی که در این حوزه منابع کافی به زبان فارسی در کشور وجود نداشت و از سوی دیگر با توجه به نیاز روزافزون اساتید، دانشجویان و کارشناسان مرتبط، تصمیم بر ترجمه کتاب گرفته شد. در این کتاب به موضوعات مهم و کلیدی هولوگرافی پرداخته شده است. این اثر می‌تواند به‌عنوان یک مرجع بسیار مفید برای دانشجویان و محققان مرتبط مورد استفاده قرار گیرد.

این امر حاصل کار گروهی مستمر و پیوسته‌ای است که برای خدمت به محققین مربوطه انجام شده است. امید است این اثر بتواند گامی هرچند کوچک در ارتقای علمی عزیزان بردارد.

تلاش بر این بوده است که تا حد ممکن در ترجمه متن اصلی کتاب دخل و تصرفی صورت نگیرد ولی از تمامی دانش‌پژوهان و کارشناسان جهت ارائه نظرات و پیشنهادات جهت بهبود کار یاری می‌طلبیم.

در پایان لازم می‌دانیم از زحمات تمام دوستان گران‌قدرمان که در آماده‌سازی این کتاب دلسوزانه ما را یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

سرپرست گروه مترجمان:

سجاد بیات

bayat.sajad@yahoo.com

پیش‌گفتار نویسنده

در این کتاب دو هدف مورد توجه قرار گرفته است. هدف اول مروری اجمالی بر ریاضیات و اپتیک موجی مورد نیاز برای اپتیک فوریه و هولوگرافی است. هدف دوم، معرفی هولوگرافی روبشی اپتیکی - نوعی هولوگرافی الکترونیکی (دیجیتالی) - و آرایه مثال‌هایی در مطلب است که در آن‌ها تئوری و کاربرد این نوع هولوگرافی مدل‌سازی شده است.

هولوگرافی روبشی اپتیکی با مطلب شامل مثال‌هایی آموزشی در مطلب، موضوعات پژوهشی، همچنین ایده‌های جدید و نگرشی است که برای مهندسين، دانشجویان فیزیک، دانشمندان، مهندسينی که در زمینه اپتیک فوریه، تصویرسازی روبشی اپتیکی و هولوگرافی کار می‌کنند، بسیار مفید است. این کتاب اصول اساسی هولوگرافی روبشی اپتیکی را پوشش می‌دهد. سبک نگارش این کتاب برای دانشجویان کارشناسی یا سال اول کارشناسی ارشد فیزیک و مهندسی مطلوب است. موضوعات موجود در این کتاب برای یک دوره آموزشی در زمینه اپتیک فوریه، تصویرسازی روبشی اپتیکی و هولوگرافی مفید است.

هولوگرافی روبشی اپتیکی، فنی بسیار پیشرفته و پیچیده است که دارای جنبه‌ها و کاربردهای متعددی است. این نوع هولوگرافی، یک روش بی‌وقفه ثبت هولوگرافیکی است که بر اساس روش هتروداین اپتیکی است. هولوگرافی روبشی اپتیکی مبحث جدیدی در زمینه هولوگرافی الکترونیکی است و به‌طور بالقوه می‌تواند منجر به کاربردهای جدیدی مانند رمزنگاری، نمایش سه‌بعدی، میکروسکوپی هولوگرافیکی روبشی، و بازسازی الگویی سه‌بعدی شود. هدف اصلی این کتاب معرفی هولوگرافی روبشی اپتیکی به خوانندگان است به‌صورتی که بتوانند آن را برای کاربردهای جدید به کار ببرند. عموماً هولوگرافی روبشی اپتیکی برای تصویرسازی سه‌بعدی روشی ساده و قدرتمند است و هدف من این است که این کتاب بتواند پژوهش‌ها و کاربردهای جدید هولوگرافی روبشی اپتیکی را مورد شبیه‌سازی قرار دهد.

بنده بخشی از موضوعات این کتاب را دوره درسی کوتاه خودم تحت عنوان «هولوگرافی روبشی اپتیکی» در سمیناری که در انستیتوی علوم اپتیکی (IOS)، برگزار شد آرایه نموده‌ام. در این جا

فرصت را غنیمت می‌شمارم تا از پرفسور هیروشی یوشیکاوا^۱ به خاطر مهمان‌نوازی و در اختیار گذاشتن محل کار بزرگی برای من تشکر کنم. همچنین می‌خواهم از پرفسور هون فای یاو^۲ تشکر نمایم که این امکان را برای من فراهم نمودند تا سخنرانی‌های خودم را در زمینه هولوگرافی روبشی اپتیکی در IOS ارائه دهم.

از همسرم الیزا^۳ و فرزندانم، کریستینا^۴ و جاستین^۵، به خاطر عشق، شکیبایی و تشویق‌هایشان متشکرم. این کتاب را به آنها تقدیم می‌کنم. همچنین از کریستینا پون^۶ متشکرم که متن اولیه را مورد مطالعه قرار داد و پیشنهادهایی برای بهتر شدن کتاب ارائه داد.

^۱ Hiroshi Yoshikawa

^۲ Hon-Fai Yau

^۳ Eliza

^۴ Christina

^۵ Justine

^۶ Christina Poon

فهرست مطالب

۱۷	۱ / پیش زمینه ریاضیاتی و سیستم های خطی
۱۷	۱-۱. تبدیل فوریه
۲۶	۲-۱. سیستم های خطی و ناوردایی
۲۶	۱-۲-۱. خطیت و ناوردایی
۲۹	۲-۲-۱. مفهوم پیچش و همبستگی
۳۴	۳-۱. مراجع
۳۵	۲ / اپتیک و هولوگرافی موجی
۳۵	۱-۲. معادلات ماکسول و معادله موج برداری همگن
۳۹	۲-۲. معادله موج نرده ای سه بعدی
۴۰	۱-۲-۲. پاسخ موج تحت
۴۱	۲-۲-۲. پاسخ موج کروی
۴۳	۳-۲. نظریه نرده ای پراش
۴۷	۱-۳-۲. پراش فرنل
۵۰	۲-۳-۲. پراش از یک روزنه مربعی
۵۳	۴-۲. عدسی ایده آل، سیستم های تصویری، توابع مردمک و توابع انتقال
۵۳	۱-۴-۲. عدسی ایده آل و تبدیل فوریه اپتیکی
۵۶	۲-۴-۲. پردازش تصویر همدوس
۵۸	۳-۴-۲. پردازش تصویر غیرهمدوس

۶۱	۵-۲. هولوگرافی
۶۱	۱-۵-۲. تیغه ناحیه فرنل به عنوان یک هولوگرام منبع نقطه‌ای
۷۰	۲-۵-۲. هولوگرافی خارج از مرکز
۷۳	۳-۵-۲. هولوگرافی دیجیتالی
۷۴	۶-۲. مراجع

۷۷ / ۳ / هولوگرافی روبشی اپتیک: اصول

۷۸	۱-۳. اصول روبش اپتیک
۸۱	۲-۳. هتروداین اپتیک
۸۴	۳-۳. انتقال (تغییر) فرکانس آکوستو اپتیک
۸۷	۴-۳. پردازنده تصویر دو مردمکی بر پایه روبش اپتیک هتروداین
۹۴	۵-۳. هولوگرافی روبشی
۱۰۵	۶-۳. شهود فیزیکی برای هولوگرافی روبشی اپتیک
۱۰۸	۷-۳. مراجع

۱۱۱ / ۴ / هولوگرافی روبشی اپتیک: کاربردها

۱۱۱	۱-۴. میکروسکوپی هولوگرافیک روبشی
۱۲۰	۲-۴. تلویزیون و نمایش‌های سه بعدی هولوگرافیک سه بعدی
۱۳۲	۳-۴. رمزنگاری روبشی اپتیک
۱۴۴	۴-۴. مراجع

۱۴۷ / ۵ / هولوگرافی روبشی اپتیک: پیشرفت‌ها

۱۴۷	۱-۵. پردازش هولوگرافیک هم‌دوس و غیرهم‌دوس
۱۵۳	۲-۵. روبش تک‌باریکه‌ای بر حسب روبش دوباریکه‌ای
۱۵۵	۳-۵. مهندسی PSF
۱۵۹	۴-۵. مراجع

۱۶۱ - / واژه‌نامه

۱۶۵ - / نمایه