العوامل المؤثره على العناصر البصريه الهولوكرافيه

*عدنان صالح محمد** *خوله جميل طاهر***

استلام البحث 3، كانون الثاني، 2011
قبول النشر 20، ايار ، 2011

الخلاصه:
تم في هذا البحث تصنيع عناصر بصريه هولوكرافي وهما محزز الحيود بسمك 40µm والمرآه بسمك µm 90 بأستخدام دايكرومات الجلاتين وتم استخدام ليزر نديميوم –ياك مضاعف التردد بطول موجي532nm وقدره (80mWatt). وتم دراسه اثركلا من سمك الفلم وتركيز الدايكرومات على انعكاسيه المراه, وتأثير زاويه اعاده البناء على عرض الحزمه وكفاءه الحيود ,وكذلك تأثير تصلب الجلاتين على كفاءه المحزز.

الكلمات المفتاحية : هولوكرام ، عناصر بصرية ، محزز

المقدمه:
ان اكثر التطبيقات المرئيه للهولوكرام في البصريات هي صناعه العناصر البصريه وهذه العناصر يمكن ان تعمل كعدسه ,مراه, محزز, فلتر ومجزء شعاع وان هذه العناصر البصريه تبنى على اساس الحيود بواسطه تداخل شعاعين من ضوء الليزر احداهما شعاع المرجع يضيءالفلم الحساس والشعاع الثاني ينعكس عن الجسم (او الصوره) ويسمى بشعاع الجسم وبذلك وتسجل اهداب تداخل[1]. فعندما تتلاقى قمتين فأن النتيجه تكبير الشعاع وهذا يسمى بالتداخل البناء ولكن اذا تلاقت قمه شعاع مع قعر الشعاع الأخر فأنهما يفنيا بعضهما البعض ويسمى بالتداخل الهدام .ويظهر نتيجه تداخل الموجات قمم وقعر بسبب اختلاف الموجات في الطور وبعد تحميض الهولوكرام فأن الاجزاء التي استقبلت كميه كبيره من الضوء تظهر سوداء في حين ان الأجزاء التي استقبلت كميات اقل من الضوء تظهر بيضاء وهذه المناطق السوداء والبيضاء هي اهداب التداخل[2].. وهذه العناصر البصريه تمتلك مميزات تفوق العناصر التقليديه من حيث تكلفه قليله, سهوله تصنيعها, صغر حجمها, تعطي طيف ذو عرض حزمه ضيق جداً, بالأمكان دمج عدد من العناصر على الفلم الواحد ,كفاءه عاليه بسمك قليل, بالأمكان جعلها نافذه او عاكسه بحسب عمليه التصنيع ,تمتلك عتبه تلف عاليه [3].. وتعتمد هذه العناصر على عدد من المعلمات منها المواد المستخدمه لتصنيع الفلم , نسبه الشعاع, زمن التعريض, الشكل الهندسي لعمليه التسجيل والمؤثر الفعلي هو السيطره على مدى توزيع الموجه او كيفيه التسجيل [4].

انواع العناصر البصريه الهولوكرافيه
هنالك نوعين من العناصر البصريه الهولوكرافيه وهما :-

العناصر البصريه النافذه:- وهي التي تتكون من ترسيب طبقه رقيقه من مواد حساسه للضوء موضوعه على سطح منفذ للضوء وعند تسليط ضوء الليزر على هذا النوع من العنصر سوف ينفذ الضوء من خلاله اي يكون صوره ثلاثيه الأبعاد خلفه[5]..
العناصر البصريه العاكسه:- وهي التي تتكون من ترسيب عدد من الطبقات على الشريحه الزجاجيه وتفصل بين طبقه وأخرى فتره زمنيه او هنالك طريقه اخرى وهي ترسيب طبقه رقيقه على سطح عاكس للضوء . وعند تسليط ضوء الليزر على هذا النوع من العنصر سوف يكون صوره ثلاثيه الأبعاد منعكسه من سطح الهولوكرام[6].

تطبيقات العناصر البصريه الهولوكرافيه
احدى التطبيقات الناجحه للعناصر البصريه الهولوكرافيه هو العوارض الرأسيه للطائره النفاثه ذات الأداء العالي حيث يستخدم العنصر كموحد حيث تسقط صوره الأدوات في المالانهايه على طول الخط العمودي لرؤيه الطيارويكون العنصر خفيف بحيث يمكن تهيئته على الفضاء المحدد بالأضافه الى ذلك ,يمكن صنع الموحد الهولوكرافي بأنعكاسيه عاليه على حزمه ضيقه من الأطوال الموجيه وتستخدم العناصر البصريه الهولوكرافيه في الوقت الحاضر بصوره واسعه مع صمامات الليزر لتصحيح التباعد والأستكماتزم للحزمه بسبب اختلاف الأطوال الموجيه عند التسجيل والقراءه وهناك تطبيق مهم اخر هو توليد حزم بمظهر جانبي للسعه وهذه الحزمه لها خاصيه عدم تغير المظهر الجانبي للشده عند انتشارها والتطبيق الأخير على رؤوس البصريه لمشغلات الأقراص المدمجه حيث يعطي العنصر البصري ثلاث بقع متمركزه

* جامعة بغداد/ كلية العلوم للبنات/قسم الفيزياء
**جامعة كربلاء/ كلية العلوم/ قسم الفيزياء

على سطح القرص تستخدم المركزيه لتركيز الحزمه وقراءه المعلومات والبقعتين الخارجتين تعطيان اشارة خطأ التعقب[7]..

مواد التسجيل

للحصول على عناصر بصريه هولوكرافيه ذات خاصيه عاليه وجب تقديم فلم بخصائص جيده ويتم ذلك من خلال اختيار مواد هولوكرافيه تمتلك مقدار عال من الانحلاليه ,حساسيتها عاليه, استجابتها للطيف مناسبه , استطارتها منخفضه ,امتصاصيه قليله, تعطي ثباتيه , وبالأمكان ان تعمل كعنصر نافذ او عاكس حسب الطلب . وفي العاده تصنع العناصر البصريه الهولوكرافيه من مواد ذات سمك هذا بسبب ان الهولوكرام السميك يستطيع ان يعطي كفاءه تقارب 100%. وعند مرور العنصر البصري بالعمليات الكيميائيه سوف يحدث تغير في معامل الأنعكاس يؤدي الى حدوث تشوه تسجيل الاهداب وعدم تجانس في تداخل الاهداب [8]. وان ظاهره التشويه هذه هي ذاتيه من طبقه الأساس للفلم بسبب ان طبقه الاساس سواء كانت جلاتين او اي بوليمر اخر هي بطبيعتها مرنه. وهنالك العديد من المواد المستخدمه لصناعه العناصر البصريه الهولوكرافيه منها:-

I. بولي فانيل كحول (poly vinyl alcohols) PVA

ان المحلول المائي لهذه البوليمرات يظهر اختلاف في اللزوجه حسب اللون المستخدم وان اضافه المواد الحساسه الى (PVA) يعطي فلم ذو سطح املس ومن مميزات هذا الفلم هو انه يبقى حساس لعده ايام ,من السهوله ازالة من الزجاج , يجفف الهولوكرام بعد الأنماء في الفرن عند $80^{O}C$ لمده ساعه اما عيوب هذا الفلم انه يعطي كفاءه منخفضه, بقاء الماده البوليمريه لينه من الصعب تصليبها فلذلك تكون غير ثابته وتفاعل الظلام في هذه الأفلام تكون عالي.

II. بولي اكرل اسد(poly acrylic acide) PAA

هذه المواد متوفره تجارياً بهيئه محلول مائي ينسجم مع عمليه تغطيه الفلم بعد جفاف الفلم يصبح سطح الفلم متموج جداً وبالأمكان تحسينه عن طريق اضافه مصلب له اي يحتاج الى عامل مساعد لكي يتصلب الفلم ولذلك فهو يحتاج الى وقت طويل لكي يجف ويبنى السطح[9]..

III. مزج بولي فانيل كحول مع بولي اكرل اسد مع اضافه بردن دايكرومات:-

يتميز هذا الفلم بأنه مرن بسهوله ازاله الطبقه من الأساس ويمتلك حساسيه عاليه لكن من عيوب هذه المواد تكون حساسه لدرجه الحرارهوتكون نفاذيتها 40% من الصعب التعامل معها وكذلك طبقه الأساس تختفي في اول خطوه من عمليه الاضهار لذلك وجب اضافه مصلب قبل الأضهار[10]..

IV. صب دايكرومات الجلاتين على الزجاج او البلاستك (NH4)2Cr2O7

تعتبر دايكرومات الجلاتين من افضل المواد المثاليه لتصنيع العناصر البصريه الهولوكرافيه حيث تمتلك العديد من المميزات منها تضمين معامل انعكاس عالي ,انحلاليه عاليه, كثافه بصريه عاليه, امتصاصيه قليله ,عنصر بصري كبير الحجم بتكلفه قليله ,بالامكان تعديل الفلم من خلال اضافه ماده او مزج ماده اخرى, بالأمكان ان تعطي اهداب تداخل من دون عمليه الأضهار , لها القابليه على اعاده عمليه الأظهار للحصول على معامل الأنعكاس المطلوب وكفاءه حيود عاليه. ومن عيوب هذه الماده هي تتأثر بالرطوبه فتحتاج هذه الافلام الى فريزر للتخزين وبذلك لايمكن المتاجره بها وكذلك تكون حساسه للأطوال الموجيه الأقل من 520 nm وبالأمكان توسيع الطيف بأضافه صبغه مناسبه[11]...

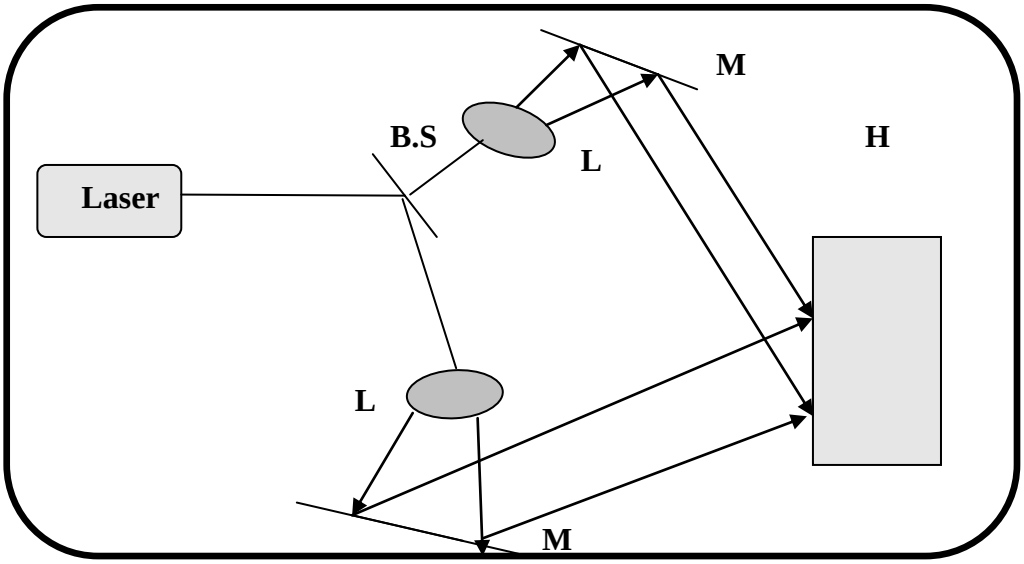
المواد وطرائق العمل:

تم تصنيع فلم حساس بتركيز 5% جلاتين مع 6% دايكرومات الأمونيوم وتم اضافه 2%اوكسيد الحديد Fe_2O_3 مع اضافه2% من الألكترونات الواهبه حيث تم اولاًاذابه الجلاتين في الماء المقطر بدرجه حراره $40^{o}C$ ثم يسكب على الشريحه الزجاجيه بشكل تدريجي ويترك ليتصلب. تم تحضير الماده الحساسه المتكونه من6%دايكرومات الأمونيوم و2% من اوكسيد الحديد والذي يعمل على زياده الحساسيه و2% من الألكترون الواهب dimethel foramide والذي يقلل من تفاعل الضلام ويتم تحضير هذا المحلول الحساس في ظلام تام بعد ذلك توضع الشريحه المتصلبه في الماده الحساسه لمده 5 دقائق ثم تترك لتجف.

قبل البدء بعمليه التعريض لليزر تم وضع الفلم الحساس في محلول مصلب وهو خلات الكروم $cr(AC_3)$ لمده 10 دقائق بعد ذلك يترك دقيقتين بوضع شاقولي ثم نبدء بعمليه التعريض ان الغرض من هذه الخطوه هي زياده كفاءه الفلم وحساسيته.

تصنيع محزز الحيود

تم تصنيع محزز الحيود بأستخدام الطريقه اللامحوريه كما موضح في الشكل (1)

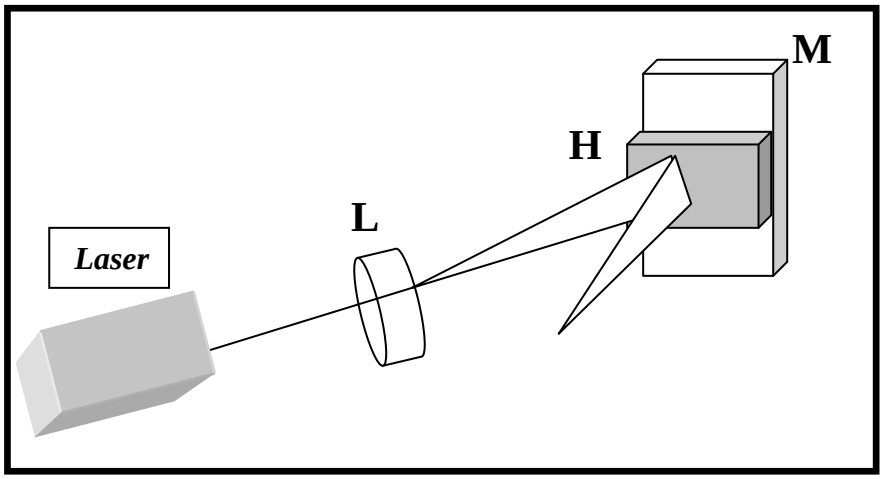


شكل (1) يبين الطريقه الامحوريه للتسجيل

حيث تم فصل شعاع الليزر الى جزئين متساويين ثم امرارها خلال عدسه لامه الغرض منها هو توسيع حزمه الليزر ثم تسجيل اهداب تداخل موجتين مستويتين على سطح الفلم الحساس الذي سمكه 60µm وكانت زاويه التداخل 35^0 وتم استخدام ليزر نديميوم ياك مضاعف التردد بقدره 80mWatt وكانت المسافه بين الليزر والفلم الحساس 90cm وزمن التعريض 15 sec

تصنيع المرآه الهولوكرافيه

تم تعريض الفلم الحساس ذو سمك 60µm الى شعاع الليزر بأستخدام الطريقه المحوريه الموضحه في شكل (2) وجعل المراه المستويه تميل بزاويه صغيره قدرها 4^0 بعد ذلك تم أخذ سمك 90µm,40µm بعد ذلك اخذت تراكيز مختلفه لدايكرومات الأمونيوم عند ثبوت سمك الفلم للقيمه 60µm



شكل (2) يبين الطريقه المحوريه للتسجيل

عمليه الأظهار

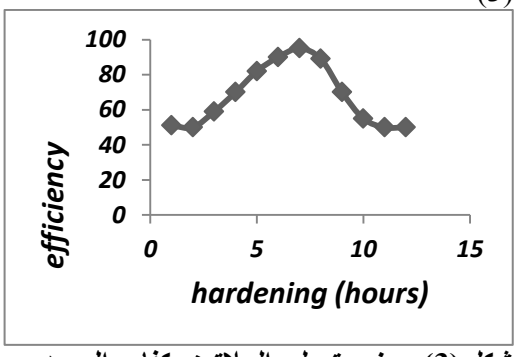
تبدء عمليه الأظهار بعد عمليه التعريض مباشراً ويتم وضع الفلم الحساس في ماء بدرجه حراره 40^0C لمده عشر دقائق ثم يغسل في ماء جاري لمده خمس دقائق وبدرجه حراره الغرفه بعد ذلك تبدأ عمليه التجفيف بأستخدام كحول الأيزوبروبانول لكن يراعى التدرج لمنع تشوه الطبقه وانكماشها ونسب التدرج المستخدنه هي 25%, 50% , 100% .

النتائج والناقشه :

ان عمليه وضع الجلاتين في دايكرومات الأمونيوم وترك الفلم في الظلام يؤدي الى حدوث تفاعل ثانوي بينهما قبل امتصاص ضوء التعريض

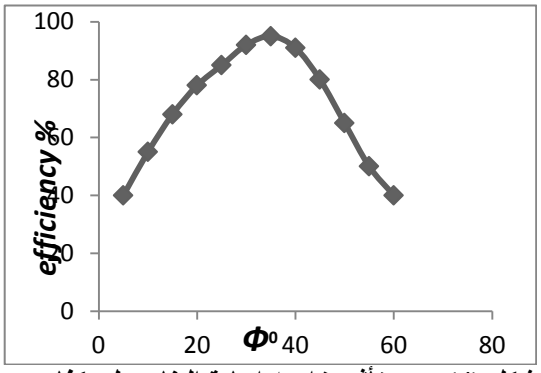
يتضمن تكسر جزيئات الجلاتين وايون الأوكسجين المرتبط في مركز ايون الكروم وبذلك يتحول ايون الكروم السداسي الى خماسي . وان عمليه التصلب والأنتفاخ والتجفيف تعتبر الجزء الأكثر أهميه في عمليه تصنيع العناصر البصريه النافذه والعاكسه ونجاحها فهنالك تصلب ابتدائي للجلاتين فقط ويوجد لدينا نوع اخر من التصلب وهو تصلب الجلاتين مع الدايكرومات قبل التعريض وان هذا التصلب يتم بأضافه خلات الكروم للفلم الحساس قبل التعريض بربع ساعه تقريباً فقام هذا المحلول على زياده حساسيه الفلم وتصلبه وكذلك عمل على تقليل الانتفاخ الذي يحدث لطبقه الجلاتين اثناء تعرضه للماء وللمحلول المائي .وبذلك تجنبنا حدوث الفجوه الصغيره التي تظهر بعد عمليه الأظهار عاده وهنالك فائده اخرى للمصلب وهي ان اضافه العامل المساعد وهو خلات الكروم الى داكرومات الجلاتين يعمل على ارتفاع قيمه PH للفلم بسبب اندماج مجموعه الهيدروكسيل في مركب الكروم وسوف يقود الى تحول سريع لأيون الكروم الخماسي الى ثلاثي فعند تعريض الفلم الى شعاع الليزر بالأمكان مباشراً البدء بعمليه الأظهار . وبهذه العمليه تم الحصول على محزز حيود هولوكرافي بعدد خطوط 1129 Line/mm ,حيث تم حساب المسافه بين مراتب الحيود من خلال العلاقه :

ايضاً 50% وان افضل فتره زمنيه لتصلب الجلاتين هي سبع ساعات كما موضح في الشكل (3)



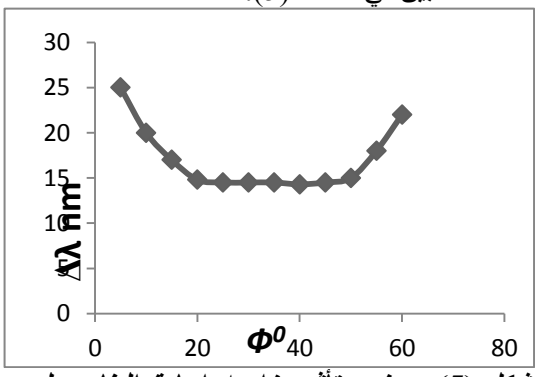
شكل (3) يوضح تصلب الجلاتين بكفاءه الحيود

ومن ملاحظه الشكل نجد انه عند استخدام الجلاتين اللين ووضعه في الماده الحساسه يؤدي الى تكون فراغات (فجوه) صغيره جداً تتكون خلال العمليه وفي بعض الأحيان تتهدم بسهوله خلال اجراء عمليه الأظهار . وكذلك نلاحظ سهوله تخلل الدايكرومات داخل سطح الجلاتين وهذا يؤثر على لزوجه الطبقه وانتفاخها خلال عمليه الأظهار اما عند ترك الطبقه اكثر من تسع ساعات سوف تقل امتصاصيه الجلاتين للدايكرومات وتظهر بعض التشققات على سطح الجلاتين وبذلك تقل كفاءه الفلم . وتم دراسه تأثير زاويه اعاده البناء للمحزز على كفاءته حيث وجد ان افضل زاويه هي 35^0 وكان مقدار الكفاءه عندها 95%كما موضح في الشكل (4)



شكل (4) يبين تأثير زاويه اعادة البناء على كفاءه العنصر

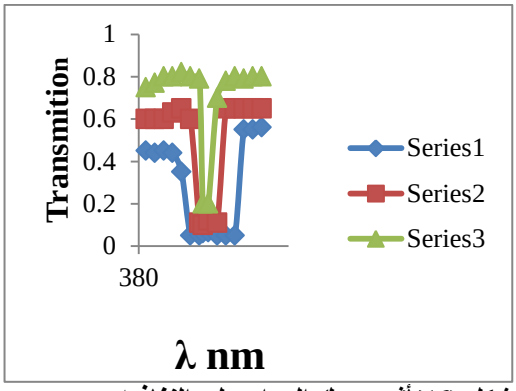
وان افضل زاويه للحصول على اقل عرض نبضه هي 40^0 حيث تم الحصول على عرض نيضه 15 nm كما مبين في الشكل (5).



شكل (5) يوضح تأثير زاويه اعادة البناء على عرض النبضه

وبعد تم الحصول على مراه هولوكرافيه بسمك 90µm عاكسه للطول الموجي 560 nm بكفاءه انعكاس 80% وتم اخذ اسماك مختلفه وهما 40µm, 60µm ودراسه اثر سمك المراه على النفاذيه كما موضح في الشكل (6)

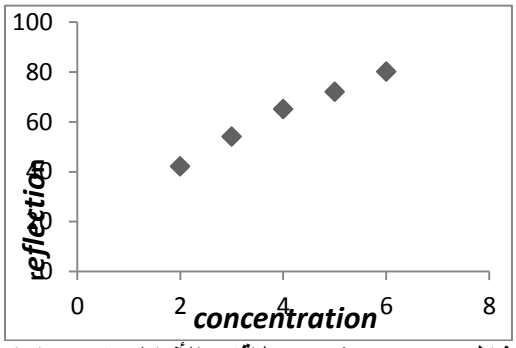
حيث θ تمثل زاويه



شكل (6)تأثير سمك المراه على النفاذيه

ومن ملاحظه الشكل نجد انه بزياده سمك المراه تقل عرض النبضه .وبذلك فأن افضل سمك للحصول على مرآه ذات نقاوه طيفيه عاليه هو 90µm للطول الموجي 560 nm وتم زياده سمك الفلم عن طريق تدفق الجلاتين على السلايد وليس عن طريق زياده تركيز الجلاتين وهذا لان تقليل تركيز الجلاتين يؤدي الى تقليل في سمك طبقه الاساس ولكن في نفس الوقت خصائص المرونه او اللزوجه للجلاتين تقل وكذلك قابليه تحسس الفلم ايضاً تقل . اما زياده تركيز الجلاتين اكثر من 7% يؤدي الى حدوث تشققات في الفلم

وتم دراسه اثر زياده تركيز دايكرومات الأمونيوم على انعكاسيه المراه ووجد ان انعكاسيه المراه تزداد بزياده تركيز الدايكرومات كما موضح في الشكل (7)



شكل (7) يوضح علاقه الأنعكاسيه بتركيز الدايكرومات

من ملاحظه الشكل وجد ان افضل انعكاسيه تم الحصول عليها عند زيادة تركيز الدايكرومات الى 6% ان زيادة تركيز الدايكرومات يؤدي الى زيادة كفاءه جميع العناصر البصريه لكن في نفس الوقت زيادة قيمه الحامضيه للفلم الحساس حيث تكون قيمتها (4.5-5) وهي مقبوله نوعاً ما لكن عند زيادة التركيز اكثر من 6% يؤدي الى انتفاخ طبقه الجلاتين حيث يتأثر الأنتفاخ بالحامضيه والقاعديه للمحلول كذلك يؤدي الى زيادة التجمع اي تتبلور الدايكرومات وبالتالي يظهر اعوجاج وتحدب في أهداب التداخل اي عدم انتضام الأهداب وهذا يقلل من كفاءه العنصر البصري

الأستنتاج:

تبين من خلال نتائج البحث بالأمكان الحصول على عناصر بصريه هولوكرافيه بكفاءه حيود عاليه عند ترك الجلاتين يتصلب بشكل جيد وأخذ تركيز مناسب للدايكرومات وبذلك نتجنب انتفاخ الطبقه وتم استخدام الطريقه اللامحوريه للحصول للحصول على محزز حيود بكفاءه 95% وسمك 60µm فكانت المسافه بين أهداب التداخل 0.885µm وعدد خطوط المحزز 1129 line/mm وتبين ان زاويه اعادة البناء تؤثر على كفاءه الحيود وعرض الحزمه وبأسخدام الطريقه المحوريه تم الحصول على مراه هولوكرافيه عاكسه للطول الموجي 560 nm وكان سمك المراه 90µm وانعكاسيتها 80% وتم دراسه اثر سمك الفلم وتركيز الدايكرومات على انعكاسيه المراه ووجد ان افضل سمك للحصول على مراه ذات نقاوه طيفيه عاليه هي 90µm وافضل تركيز للدايكرومات هو 6%

المصادر:

1. C.G.Stojanoff, 2004"Effects of the film manufacturing procedur and development process on the holographic properties of HOE in DCG,"SPIE, 5290:278-295.
2. **R**.S.Chang,1995 "Fuzzy analysis of the liner equivalent for fabricating a holographic optical element in photoresist", Jpn.J. Appl. Phys. .34:1554-1561.
3. **W.**S. Colburn, 1998. "Volume phase holographic grating and their potential for astronomical application", SPIE 3355:866-876.
4. **C.**Moser, 2008. "Fabrication and applications of volume holographic optical filter in glass", J.Phys.D.Appl.Phys ., 41(224003):3722- 3727.
5. H.Sasai and M.Hatakeyama, 2006. "Multilayer laminar-type diffr-action grating achieving high diffraction efficiencies ",Appl.Opt. 45:6741-6745.
6. I.Pascul, and A.Fimia,1992. "Model for analyzing the effects of processing on recording material in

9. P.M.Liu, 2001 "Study of a holographic grating based on dye doped polymer ball type polymer dispersed liquid crystal films", Jpn.J.Appl.Phys. 40:6868-6871
10. A.B.Samui,2008. "Holographic recording medium", Recent patents on materials science,1 (1):74-94
11. Yu. N. Vygovskii, 1998. "Photoinduced phase transitions in hologram recording in layers of dichromated gelatin **,"**.Laser Physics, 8(4)901-915.
thich holograms", J.Opt.Soc .Am.A. 9(7):1214-1219.
7. **A.**Belendez, 1991. "Reflection holographic optical elements in silver halide sensitized gelatin", SPIE,1574:72-83.
8. J.M. Kim, 2001"Holographic optical elements recorded in silver halide sensitized gelatin emulsions. Part 1 .Transmission holographic optical element:, Appl. Opt., 40(5) :622-632.

The parameters effect on the holographic optical elements

Adnan S. Muhammed *** ***Kawla jameel**

*Baghdad University /college of science for women
**Karballa university/college of science

Abstract:

In this work we fabrication holographic optical element diffraction grating thickness 40μm and mirror90μm by using dichromated gelatin,to perform that we have to use the Nd-yaG laser doubling frequency of wavelenght (532)nm and its powers of (80)mWatt.we have studyed the thickness and concentration dichromat effect in mirror reflaction ,effect of angle of reconstruction beam in band width and diffraction efficiency ,study effect gelatin hardener of the diffraction efficiency.