

العوامل المؤثرة على كفاءة الفلم الحساس الهولوكرافي

د.خوله جميل طاهر
جامعة كربلاء / كلية العلوم/ قسم الفيزياء

الخلاصة:

استخدمت هاليدات الفضة والتي هي مزيج من بروميد الفضة AgBr ويوديد الفضة AgI مع مادة الجلاتين لتصنيع فلم حساس هولوكرافي باستخدام ليزر ند يميموم – ياك مضاعف التردد بطول موجي 532 nm وقدره 20 mWatt وتم دراسة اهم العوامل المؤثرة على كفاءة الفلم الحساس وهي زاوية الانحراف وقدره الليزر وقد تم الحصول على كفاءة حيود 64% .

Abstract:

Using silver halide which is mix of silver bromide AgBr and silver iodide AgI with gelatin to fabrication of Holographic sensitive film, using Nd-Yag laser, doubling frequency of wave length 532 nm and its powers of 20 mWatt. Also, the effect factors such as diffraction angel and laser power on the sensitive film efficiency have been studied, and the diffraction efficiency of 64% has been obtained.

المقدمة:

يعد الفلم الحساس الهولوكرافي الاساس لتصنيع العناصر البصرية الهولوكرافية (HOE), وان اساس عمل العناصر البصرية الهولوكرافية مبني على اساس التداخل والحيود [1] . وللحصول على صورة هولوكرام واضحة او تسجيل اهداب تداخل بشكل واضح يجب تجنب أي انحراف يحدث لسطح الفلم الحساس وقد ينتج هذا الانحراف لعدة اسباب منها [2] :

1. اختلاف في سمك وسط التسجيل قبل عملية التصوير
 2. اختلاف في سمك وسط التسجيل ينتج خلال عملية الانماء .
 3. اختلاف في معامل انعكاس وسط التسجيل .
 4. تشويه وسط التسجيل الحادث بين عمليتي البناء واعادة البناء .
- وهناك العديد من المواد المستخدمة للتصوير الهولوكرافي يتم اختيارها على اساس حساسيتها و قدرة انحلالها [3] . فضلا عن وجود عاملين يحددان انحلال صورة الهولوكرام هما الطول الموجي للتسجيل وخصائص مواد التسجيل [4]. ومن هذه المواد هاليدات الفضة وهي هاليدات ايونية تكون صغيرة الحجم ذات طابع تساهمي ولا تذوب في الماء بسهولة وذات اشكال بلوريه مكعبة في كل بلورة ايون فضة يلتف حوله ست ايونات هاليد , وان حجم حبيبات هاليدات الفضة تتغير من حوالي 10nm الى قليل من المايكرومتر [5] . وتشمل هاليدات الفضة بروميد الفضة وكلوريد الفضة ويوديد الفضة وتعتبر اول المواد المستخدمة لتسجيل الهولوكرام واكثر المواد اهمية لامتلاكها الحساسية العالية [6]. وان افلام هاليدات الفضة تكون حساسة لجميع الاطوال الموجية وبذلك تكون حساسة لمدى واسع من الطيف وهذا ملائم لليزرات المرئية [7], بالإضافة الى ذلك هناك عدة مميزات لهذه المادة منها قدره الانحلال العاليه بدون الحاجة الى طاقة عالية لتعطي صورة متألفة وذات خاصية جيدة وتكون ثابتة, ممكن اعادة انتاجها [8]. ان استجابة الوسط لضوء الليزر المفرد والمضاعف الالوان والذي يكون الهولوكرام الملون بضوء قليلة و كفاءة حيود عالية تصل 90% ولا تحتاج هذه المواد الى رطوبة [9]. هناك ثلاثة أنواع من هذه المواد متوفرة وهي هاليدات الفضة النقية والمتوفرة في محلولي VRP_M و PFG_01 , حبيبات هاليدات الفضة النقية جدا والمتوفرة في محلولي PFG_03C و PFG_03M واخيرا محلول دايكرومات الجلاتين PFG_04 [10]. يوضح الجدول (1) اهم الخصائص لهذه المواد [11,12] .

جدول (1) يبين خصائص المواد المتوفرة.

| اسم المادة | مواصفاتها |
|------------|---|
| VRP_M | حببيات نقية حساسة للضوء الاخضر, تصمم الشريحة لاجل تسجيل هولوكرام نافذ او عاكس ومعدل حجم الحبيبة تكون nm (35-40) وقدرة انحلال اكثر من 3000 line/mm وتكون حساسة للاطوال الموجية 532nm, 514nm, 488nm . |
| PFG_01 | شريحة الهولوكرام هي حببيات نقية حساسة للضوء الاحمر ويصمم الفلم لاجل تسجيل الهولوكرام النافذ او العاكس ويكون معدل حجم الحبيبة 40nm وقدرة انحلال 3000 line/mm وحساسة للطيف nm (600-800) والذي يتضمن nm 632.8 و nm 647 . |
| PFG_03M | حببيات نقية جدا حساسة للضوء الاحمر ويصمم الهولوكرام لتسجيل هولوكرام عاكس معدل حجم الحبيبة nm (8-12), قدرة الانحلال اكثر من 5000 line/mm, مدى طيف الحساسية يتضمن nm 632.8 , nm 647 . |
| PFG_03C | حببيات نقية جدا حساسة لجميع الاطوال الموجية يصمم الفلم لاجل تسجيل هولوكرام عاكس معدل حجم الحبيبات 8nm وقدرة الانحلال اكثر من 5000 line/mm وتكون حساسة للاطوال الموجية nm 457, 514nm, 633nm وفوق nm 700 . |
| PFG_04 | شريحة الهولوكرام تصمم لاجل تسجيل ضوء هولوكرام عاكس وان قدرة الانحلال اكثر من 5000 line/mm وحساس للطيف فوق nm 475, 488nm, 514nm . |

تستخدم مواد هاليدات الفضة كبديل لافلام اكفا AGFA وكوداك KODAK التجارية وفي بعض الحالات تستعمل كبديل لأعطاء منتج ذات خاصية افضل بالاحص عند تصنيع العناصر البصرية الهولوكرافية (HOE) [13] حيث تكون الاولى باسعار باهضة وبالاخص عندما تكون على شكل شرائح زجاجية وكذلك تكون اقل حساسية وذات عمر اصغر من الافلام المصنعة مختبريا. ووجد ان اقل فترة زمنية يمكن الاحتفاظ بها لأفلام هاليدات الفضة هي سنتين [14].

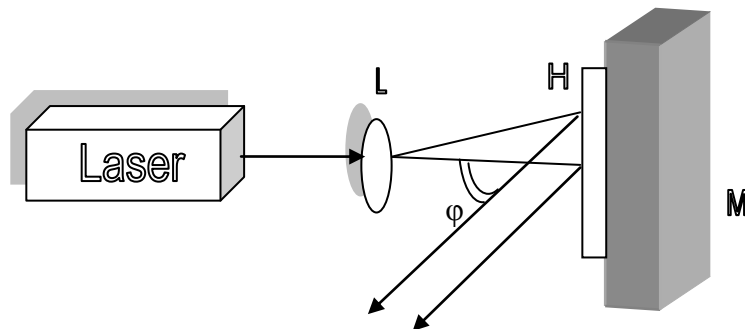
تصنيع الفلم الحساس الهولوكرافي :

تم صنع الفلم الحساس الهولوكرافي باتباع الخطوات الاتية :-

1. تنظيف الشريحة الزجاجية (2.5*7.5) cm .
 2. اذابة g 1.5 من مادة الجلاتين في 100 ml ماء مقطر بدرجة حرارة 40°C .
 3. مزج g 0.5 من بروميد الفضة مع g 0.5 من يوديد الفضة .
 4. اضافة 25 ml من الكحول الاثيل وبتركيز 100% وبشكل تدريجي على المزيج مع التحريك المستمر وبدرجة حرارة الغرفة على ان تكون هذه الخطوة في ظلام تام لمدة ثلاث دقائق.
 5. اضافة 25 ml من الجلاتين المذاب الى محلول الفضة مع التحريك المستمر وبدرجة حرارة الغرفة .
 6. صب المحلول السلايد الزجاجي وبشكل متجانس .
 7. تركه يجف لمدة (24) ساعة في ظلام تام .
- بعد ذلك يصبح الفلم جاهز للتصوير وبسمك $20\text{ m } \mu$.

النتائج والمناقشة :

تم استخدام الطريقة المحورية في تسجيل اهداب التداخل كما موضح في الشكل (1) باستخدام ليزر نديميوم-ياك مضاعف التردد بطول موجي (532 nm) وقدرة 20 mWatt . حيث يمثل L عدسة لامة , H لوح التصوير , M مرآة مستوية , ϕ زاوية الانحراف .



شكل (1) يمثل الطريقة المحورية

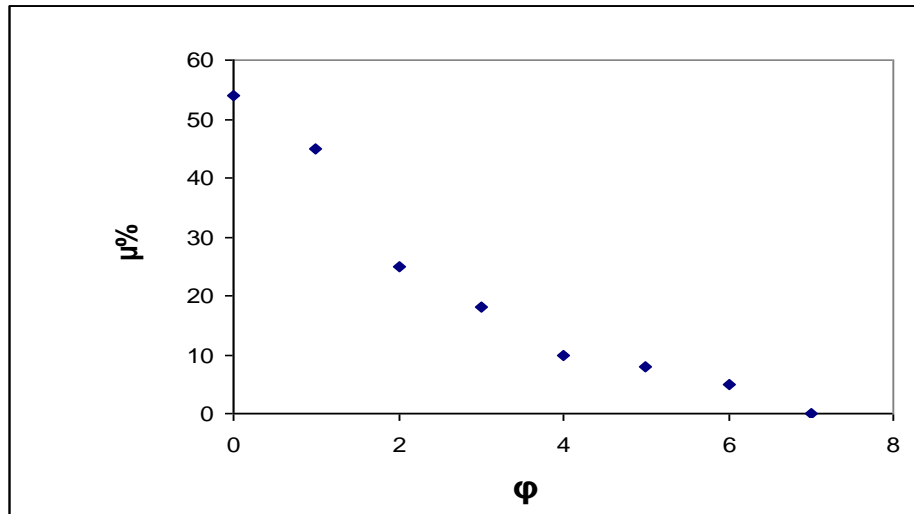
بعد انتهاء عملية التعريض وتسجيل اهداب التداخل تبدأ عملية الانماء. وان عملية الانماء في هاليدات الفضة هي اكثر صعوبة من عملية الانماء في دايكرومات الجلاتين والبوليمرات الضوئية حيث مرت عملية الانماء بعدة مراحل هي :

الاطهار :

تم اخذ 10 gm من كبريتات الصوديوم, 20 ml من حامض الخليك, 25 gm من فوسفات الصوديوم, 5 gm من مادة فينوسافرانين (phenosafranin), 25 gm هايدروكينون (hydroquinone) واذابتهم جميعا في 1litter من الماء المقطر . بعد الانتهاء من تحضير هذا المحلول تم وضع الفلم الحساس لمدة دقيقتين بدون تحريك وفي ظلام تام حيث يعمل كبريتات الصوديوم بامتصاص الرطوبة وفوسفات الصوديوم وفينوسافرانين تعمل كمادة مظهرة والهايدروكينون يعمل كمادة واقية للتأكسد أي يتأكسد بدل المادة الحساسة. بعد الانتهاء من عملية الاظهار تم وضع الفلم في الماء بدرجة حرارة 35°C لمدة (5 minutes) وبعد الانتهاء من عملية الاظهار تبدأ المرحلة الثانية وهي :

القصر:

وتتم عن طريق اذابة 8 gm من كبريتات البوتاسيوم , 50 ml من حامض الكبريتيك المركز و 25 gm من بروميد البوتاسيوم في 1litter ماء مقطر . وتم وضع الفلم الحساس لمدة (3 minutes) وفي الظلام ايضا وبعد ازالة جميع الشوائب تم غسله لمدة (5 minutes) تحت ماء جار لازالة جميع المواد الكيميائية التي تعرض لها الفلم, بعد ذلك جفف لمدة (1 minutes) . ان تحضير محلولي الاظهار والقصر يجب ان يكون اني ويمكن تحضيرهما بوجود الضوء. ان عملية الانماء لا تشمل فقط عامل الاختزال الذي يحدث للهاليدات ولكن ايضا اذابة هاليدات الفضة في الاساس خلال هذه العملية وان ايون الفضة يختزل الى عنصر فلزي تتمركز فيه اهداب التداخل وفي بعض الحالات يحدث انكماش للفلم سببه عدم التصلب الكافي للفلم حيث يبقى في بعض الاحيان لين مما يسبب تشوه في اهداب التداخل الناتجة وان طول الفترة الزمنية لعملية الانماء والقصر تقود الى نتائج افضل. بعد الانتهاء من عملية الانماء تبدأ عملية اعادة البناء ويفضل استخدام نفس شعاع الليزر المستخدم لعملية البناء وذلك لتجنب أي انحراف يحدث في اهداب التداخل وان الشكل الهندسي للتسجيل, ثباتية التسجيل, تشاكه ضوء الليزر, نسبة شعاع الجسم والمرجع, نوع الهولوكرام المصنع, المسافة بين الفلم ومصدر الليزر, زاوية الانحراف وقدر شعاع الليزر جميعها عوامل تؤثر على تكوين اهداب التداخل للهولوكرام. وقد تركز البحث على دراسة اهم العوامل المؤثرة على الفلم الحساس وهي زاوية الانحراف وقدر شعاع الليزر, فعند اخذ تأثير زاوية الانحراف للشعاع الساقط على كفاءة الحيود للفلم الحساس وجد ان افضل كفاءة حيود حصل عليها هي عندما تكون زاوية الانحراف صفر وهذا بسبب عند زيادة زاوية الانحراف سوف تزداد المسافة بين الشعاعين المتداخلين وهذا يؤدي الى تقليل كفاءة حيود الفلم الحساس كما موضح في الشكل (2) .



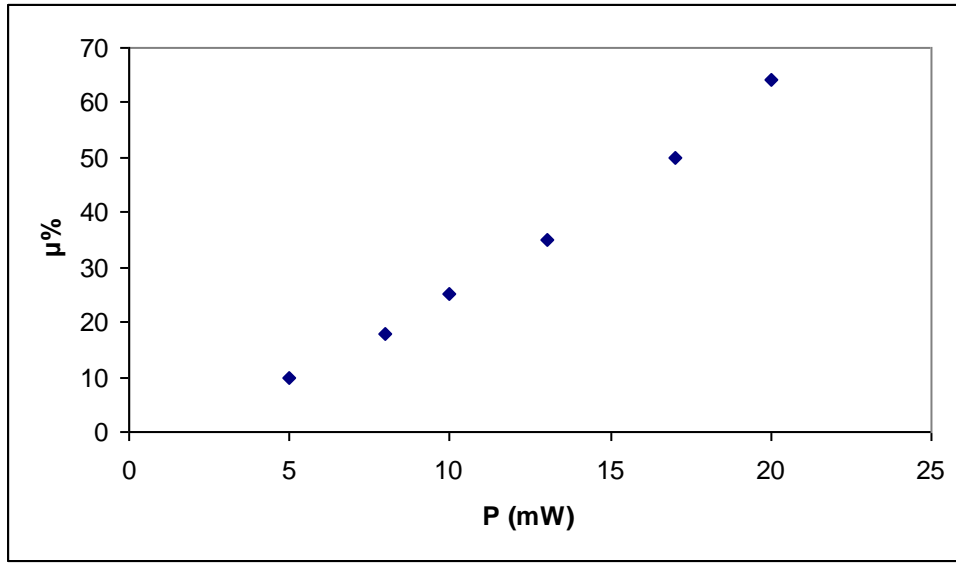
شكل (2) يوضح العلاقة بين زاوية الانحراف وكفاءة الحيود

وتم حساب كفاءة الفلم باستخدام القانون التالي:

$$\mu = \frac{I_1}{I_2}$$

I_1 تمثل شدة الشعاع عند اول مرتبة حيود, I_2 تمثل شدة الشعاع الساقط

من ملاحظة الشكل تبين انه كلما تزداد زاوية الانحراف سوف يؤدي الى عدم تطابق بين موجتي الجسم والمرجع وبالتالي عدم وضوح في اهداب التداخل وبالتالي تقل الكفاءة. وعند دراسة تأثير قدرة شعاع الليزر على كفاءة الفلم الحساس كما موضح في الشكل (3).



شكل (3) يوضح العلاقة بين قدرة الليزر وكفاءة الحيو

من ملاحظة الشكل تبين انه بزيادة قدرة الليزر تزداد الكفاءة وهذا لأن وصول الكمية الكافية من الاشعاع للفلم الحساس سوف يساعد على تسجيل اهداب التداخل بأسرع ما يمكن وانهاء التفاعل بين المادة الحساسة وضوء الليزر بصورة اسرع لتجنب حدوث أي اهتزاز.

الاستنتاجات :

تبين من خلال نتائج البحث امكانية استخدام هاليدات الفضة (بروميد الفضة AgBr ويوديد الفضة AgI) لانتاج فلم حساس هولوكرافي باستخدام الطريقة المحورية, ويستخدم هذا الفلم لانتاج عناصر بصرية هولوكرافية وكذلك في عملية انتاج الهولوكرام الملون وذلك باستخدام ليزرات ذات اطوال موجية مختلفة في عملية التصوير . وان هذه الافلام تكون اطول عمرا واكثر حساسية وارخص ثمنا من الافلام التجارية المتوفرة . وقد اظهرت النتائج وجود تأثير كبير لقدرة الليزر وزاوية الانحراف على كفاءة الفلم .

References:

1. T.H.Jeong , H.I.Bjelkhagen and L.M.Spoto, "Application of color holography" , SPIE,2652,196,1996 .
2. W.R.Graver , J.W.Gladden ,and J.W.Eastes , "Phase holograms formed by silver halide (sensitized) gelatin processing" , Applied optics ,19,1529,1980 .
3. J.R.Adleman and H.A.Eggert , "Holpographic grating formation in colloidal suspension of silver Nan particles" , optics letters , 31,447,2006 .
4. J.A.Hoffnagle , M.P.Bernal and G.W.Burr , "An update on silver halide holographic materials" , IEEE,5,2008 .
5. V.Morean, Y.Renotte and Y.Lion , "Characterization and application of new photopolymer recording media for message in holography" , applied optics , 41,3427,2002 .
6. V.I.Minko , I.Z.Induthy and A.A.Kudry avtser , "Recording of rainbow holograms using As.Se3 amorphous layers" , Quantum Electronics & optoelectronics , 3,251,2000 .
7. S.J.Zocharovas , A.M.Rodin and F.R.Vergnes , "Holographic materials available from Geola" , <http://www.geola.com> .
8. H.I.Bielkhagena , "New recording materials for Holography" , opt.scie.,66,1993 .
9. M.Ulibarrena , "A new panchromatic silver halide emulsion for recording color holograms" , Applied optics , 41,1357,2002 .
10. M.Ulibarrena , L.Carretero ,S.Blava and A.Fimia , "Multiple band holographic reflection grating recorded in new ultra – fine grain emulsion BBVP" , opt. Express , 11,3385,2003 .

11. S.Galleyo , C.Neipp , M.ortuno and F.pascual , "Photopolymer materials for color holography" , Journal of modern optics , 51,491,2004 .
12. M.Mlibarrena and R.Madrigel , "Rehalogenating and solvent bleaching process with BB640 plates" , Appl.opt. 41,4120,2002 .
13. J.Utsugi , S.Zembutsu , "Relief – Type diffraction grating by amorphous clalcogenide film" , Applied physics letters , 27,508,1995 .
14. H.I.Bjelkhagen and T.H.Jeony "Selective characteristics of single layer color hologram" Appl.opt. 36,3686,1997 .