



جامعة الموصل

كلية الهندسة

تحليل وتصميم الأغشية الرقيقة متعددة الطبقات لمرشح النطاق العريض في منطقة الأشعة تحت الحمراء

يونس عبد الاله يونس

رسالة ماجستير علوم

في الهندسة الكهربائية / هندسة كهربائية

بإشراف

أ.م.د. محمد طارق ياسين

أ.د. خالد خليل محمد

الخلاصة

زادت أهمية مرشحات الأشعة تحت الحمراء ، إذ تتجه بعض أنظمة الاتصالات العسكرية اليوم نحو هذه الأطوال الموجية كونها غير مرئية للعين البشرية فضلاً عن امكانية استخدامها بالمجالات الطبية وتشخيص الأمراض فضلاً عن الاستخدامات البصرية بالخلايا الشمسية وغيرها.

في هذا العمل تم إجراء دراسة مكثفة في تصميم ومحاكاة أنواع مختلفة من مرشحات الأشعة تحت الحمراء مثل (a-Si-Al₂O₃), (LiF-a-Si), (Ge-ZnS), و (GaAs_MgF₂) ، تستخدم جميع المرشحات شريحة من مادة الجرمانيوم أو مادة السيليكون البلورية بسمك 500 مايكرو متر و توجيه <100> ومرسب عليها عدة طبقات من مادتين بالتناوب.

تم الحصول على اربعة تصاميم من مرشح الأشعة تحت الحمراء متعدد الطبقات ثلاث منها في المنطقة البعيدة μm (8-14) مع العرض الكامل في نصف الحد الأقصى (FWHM) بطول $6\mu\text{m}$ وتصميم واحد بالمنطقة القريبة μm (1-3) مع العرض الكامل في نصف الحد الأقصى (FWHM) بطول $2\mu\text{m}$ باستخدام المواد التالية LiF , GaAs , ZnS , Ge , a-Si , Al_2O_3 و MgF_2 .

تم دراسة الخصائص البصرية لهذه الأنواع المختلفة من أشباه الموصلات والمواد العازلة ، وتبين بأنها مناسبة بتصميم مرشحات الأشعة تحت الحمراء متعددة الطبقات. يستعمل أكسيد الألومنيوم

(Al₂O₃) وأرسنيد الكاليوم (GaAs) والسيليكون غير المتبلور (a-Si) والجرمانيوم (Ge) وكبريتيد الزنك (ZnS) وفلوريد الليثيوم (LiF) لإنتاج مرشحات الأغشية الرقيقة متعدد الطبقات مثل (Ge-ZnS) يعمل في المدى 8-14 μm. يستخدم الجرمانيوم ؛ بسبب معامل انكساره العالي ، في حين أن كبريتيد الزنك (ZnS) يستعمل بسبب انخفاض معامل انكساره. تم الحصول على ثلاث نتائج صحيحة من مرشح الأشعة تحت الحمراء متعدد الطبقات نوع (Ge-ZnS) يتكون من 17, 21 و 72 طبقة على التوالي.

تم استخدام برنامج محاكاة في الكمبيوتر يسمى (TF Calc) لعمل تصاميم مرشح الأشعة تحت الحمراء ، والذي هو واحد من البرامج الحديثة المستخدمة لمحاكاة وتحليل مرشحات الأشعة تحت الحمراء كما وتم استخدام برنامج آخر لتدقيق النتائج يسمى (Essential Macleod) وهو أيضا برنامج يختص بالأغشية الرقيقة ولديه قابلية تدقيق وتحليل التصاميم.

تبين نتائج المحاكاة التي تم الحصول عليها ، أن نفاذية مرشح الأشعة تحت الحمراء (Ge-ZnS) مع 17 طبقة تصل إلى حوالي 78% للطول الموجي 8.5-12 μm ومع 21 طبقة حوالي 84% للطول الموجي 8.5-13 μm ، في حين أنه حوالي 92% للطول الموجي 9-13 μm مع 72 طبقة ، نلاحظ ازدياد النفاذية داخل المدى المطلوب بزيادة عدد ؛ الطبقات وذلك لان زيادة عدد الطبقات تحجب الأطوال الموجية خارج المدى المطلوب مما تؤثر ايجابا على استجابة المرشح.

قيم النفاذية لمرشح الأشعة تحت الحمراء (Ge-ZnS) هي في تحسن واضح من خلال زيادة عدد الطبقات ، بينما النفاذية خارج النطاق المطلوب قد انخفضت وهذا يثبت أن (Ge-ZnS) مناسب جدًا لتصميم مرشحات الأشعة تحت الحمراء الحادة داخل المنطقة البعيدة.

تم الحصول أيضا على نتائج المحاكاة لمرشح الأشعة تحت الحمراء متعدد الطبقات (GaAs_MgF₂) مع 129 طبقة وبقيمة نفاذية ممكن ان تصل إلى 91% لمدى الطول الموجي $(1-3)\mu\text{m}$ ، بينما تكون قيم النفاذية ذات 176 طبقة أعلى وتصل الى 95% لمدى الطول الموجي $(1-3)\mu\text{m}$.

أما بالنسبة للنفاذية خارج مدى الطول الموجي المطلوب للمرشح والذي هو $(1-3)\mu\text{m}$ فهي في تناقص مستمر بزيادة عدد طبقات المرشح لأي نوع من أنواع مرشحات الأشعة تحت الحمراء ، فمثلا في المرشح الأشعة تحت الحمراء (a-Si-Al₂O₃) كانت النفاذية خارج مدى الطول الموجي المطلوب تصل حوالي 28% مع المرشح ذو 19 طبقة بينما كانت حوالي 15% في المرشح نفسه مع 27 طبقة ، أما في حالة المرشح مع 49 طبقة فكانت النفاذية خارج مدى الطول الموجي المطلوب لا تتجاوز 7% ، من هنا نلاحظ تناقص النفاذية خارج مدى الطول الموجي المطلوب بزيادة عدد الطبقات.

University of Mosul
College of Engineering



Analysis and Design of Multilayer Thin Film for Wideband Filter in the Infrared Region

Younis Abdulelah Younis

M.Sc Thesis

Electrical Engineering/Electrical Engineering

Supervised by

Assistant professor **D. Mohammed Tariq**

Professor **D. Khalid Khalil**

1444 A.H

2022 A.D

Abstract

The importance of infrared filters has increased at the present time, as some military communication systems today are heading towards these wavelengths as they are invisible to the human eye, as well as the possibility of using them in the medical fields and diagnosing diseases in addition to optical uses using solar cells and others.

In this work, an extensive study was carried out in the design and simulation of different types of infrared filters such as a-Si-Al₂O₃) (and (GaAs_MgF₂) and others, all filters use a chip of Germanium or crystalline silicon material with a thickness of 500 μm and a orientation $\langle 100 \rangle$ and precipitated on it Several layers of two materials alternately.

Four designs of multi-layer infrared filter were obtained, three of which are in the far region μm (14-8) with full width at half maximum (FWHM) length of 6 μm and one design in the near region μm (1-3) with full width in half The maximum (FWHM) length is 2 μm using many kinds of materials such as Al₂O₃, a-Si, Ge, LiF, GaAs, ZnS and MgF₂.

The optical properties of these different types of semiconductors and insulators were studied, and it was found that they are suitable for designing multilayer infrared filters. Aluminum oxide is used

(Al₂O₃), gallium arsenide (GaAs), amorphous silicon (a-Si), Germanium (Ge), zinc sulfide (ZnS), lithium fluoride (LiF) and others to produce multilayer thin-film filters such as (Ge-ZnS) operating in the μm (14-8)

ranGe. . Germanium is used because of its high refractive index, while zinc sulfide (ZnS) is used because of its low refractive index. Three valid results were obtained from a multi-layer infrared filter (Ge-ZnS) consisting of 17, 21 and 72 layers, respectively.

A computer simulation program called (TF Calc) was used to make infrared filter designs, which is one of the modern programs used to simulate and analyze infrared filters, and another program was used to check the results called (Essential Macleod), which is also a program specializing in thin films. The ability to audit and analyze designs.

The obtained simulation results show, that the transmittance of the infrared filter (Ge-ZnS) with 17 layers is about 78% for μm wavelength (12-8.5) and with 21 layers is about 84% for μm wavelength (13-8.5), While it is about 92% for the wavelength μm (13-9) with 72 layers, we notice that the transmittance increases within the required ranGe with the increase in the number of layers, and therefore because the increase in the number of layers blocks the wavelengths outside the required ranGe, which positively affects the response of the filter.

The transmittance values of the infrared filter (Ge-ZnS) are in a clear improvement by increa-Sing the number of layers, while the transmittance outside the required ranGe has decreased and this proves that (Ge-ZnS) is very suitable for designing sharp infrared filters within the far region.

The simulation results were also obtained for a multi-layer infrared filter (GaAs_MgF_2) with 129 layers and a transmittance value of up to 91% for

the μm wavelength range (3-1), while the transmittance values of 176 layers are higher and up to 95% for the μm wavelength range. (3-1).

As for the transmittance outside the required wavelength range of the filter, which is μm (3-1), it is constantly decreasing with the increase in the number of filter layers for any type of infrared filter. For example, in the infrared filter ($\text{a-Si-AL}_2\text{O}_3$), the transmittance was outside the length range. The required wavelength reaches about 28% with the filter with 19 layers, while it was about 15% in the same filter with 27 layers. As for the filter with 49 layers, the transmittance outside the required wavelength range did not exceed 7%, from this we notice a decrease in transmittance outside the length range. The waveform required by increasing the number of layers.