Improve the performance of silicon detector in the UV radiation region using organic scintillation dye

تحسين أداء كاشف السيلكون في منطقة الأشعة البنفسجية باستخدام الصبغة العضوية الوميضية

أنفال هشام عبد الكريم ، جاسم محمد جاسم ، قصي محمد سلمان
جامعة بابل – كلية العلوم للبنات – قسم فيزياء الليزر
E-mail : jassimm2007@yahoo.com

الخلاصة

فـي هـذا البحـث تـمت دراسة طيف الانبعاث والامتصاص لصبغة الفلورسين($C_{20}H_{10}O_5Cl$) المذابة في الايثانول ، وقد تم اختيار التركيز (10^{-2} M) للكشف عن الأشعة البنفسجية وذلك لامتلاكه أفضل طيف امتصاص وانبعاث مقارنة مع التراكيز الأخرى، كما لوحظ في هذا البحث إن صبغة الفلورسين المذابة في محلول الايثانول لها اثر واضح في تحسين أداء كشف الكاشف السيليكوني وخاصة في منطقة الأشعة البنفسجية حيث بينت النتائج إن القدرة الداخلة لها تأثير على زمن النهوض(rise time) حيث تغير من µs (8-16) عند ألقدره ألداخله mwatt (126-36) على التوالي وكذلك تغير الاستجابة الطيفية حيث وصلت إلى 0.4A/W عند الطول ألموجي 450nm.

المفاتيح : كاشف السيلكون ، الأشعة فوق البنفسجية ، الصبغة العضوية ، زمن النهوض

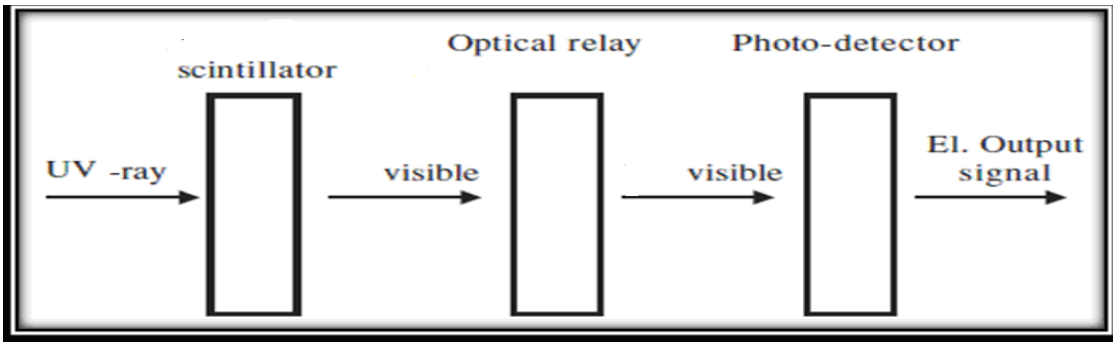
Abstract:

In this research the absorption and fluorescence spectra of Fluorescein dye ($C_{20}H_{10}O_5Cl$) which dissolved in ethanol have been studied. The concentration (10^{-2} M) has been chosen to detect the violet radiation due to its high absorption and fluorescence spectra among other concentrations. The research shown that Fluorescein dye dissolved in ethanol has good effect on silicon detector performance in violet radiation region. Result confirmed the input power has effect on rise time so it change from (8-16) µs with input power (126-36) mwatt respectively, the spectra response also changed so it reach (0.4 A/W) at wavelength 450 nm.

Key words : detector of silicon , UV radiations , organic dye , response time

1-المقدمة:

تعتبر الكواشف الوميضية من أقدم أنواع الكواشف حيث يمكن إن تستخدم لهذا الغرض الأفلام الفوتوغرافية وكذلك يمكن مشاهدة وتحسس الناتج بالعين المجردة، مبدأ العمل لهذه الكواشف يعتمد على الإثارة الضوئية للمادة الوميضية والتي يمكن إن تكون على نوعين إما مادة عضوية (organic) والتي تم استخدامها في هذا البحث، أو مادة لاعضوية (Inorganic) [1]، حيث تتهيج هذه المادة بفعل الإشعاع الساقط عليها ثم تعاود الالكترونات بالرجوع إلى المستويات الدنيا عن طريق فقد الطاقة على شكل إشعاع ضوئي وعادة مايكون ضمن المدى UV-[2] VIS ، وبعد ذلك يتم استلام هذه الأشعة بواسطة متحسس ضوئي وعادة مايستخدم الكاشف السيليكوني أو المضاعف الضوئ (Photo multiplier tube)[3] ،الذي يحول الإشارة الضوئية إلى كهربائية يمكن التحسس بها عن طريق الأجهزة الالكترونية والشكل (1) يبين أهم الإجراء للكاشف ألوميضي.

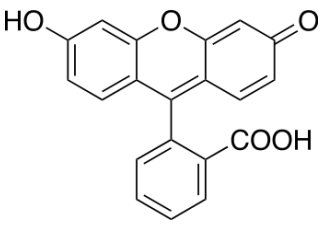


الشكل(1) يوضح المخطط لمكونات الكاشف الوميضي [4]

2-الجزء العملي:

2 -1 المواد المستخدمة في البحث

1- صبغة الفلورسين (Fluorescein) والتي لها الصيغة الجزيئية ($C_{20}H_{10}O_5Cl$) والوزن الجزيئي لها (401.20 g/mol) والمجهزة من شركة (Lambda physic)



التركيبة الجزيئية لصبغة الفلورسين

2- الايثانول (Ethanol) الصيغة الجزيئية (C_2H_5OH) والوزن الجزيئي (46.069 g/mol) وبنقاوة .99.9%

2 -2 الاجهزه المستخدمة في البحث

1 - منظومة (UV-Visible Spectrophotometer / 2700) والمجهزة من شركة (CECIL) لقياس طيف الامتصاص للأشعة فوق البنفسجية والمرئية .

2 - منظومة (SL-174 spectrofluorometer) والمجهزة من شركة (Optimize) لقياس طيف الفلورة .

3- كاشف السيلكوني والمجهزة من شركة (Thorlabs.Inc).

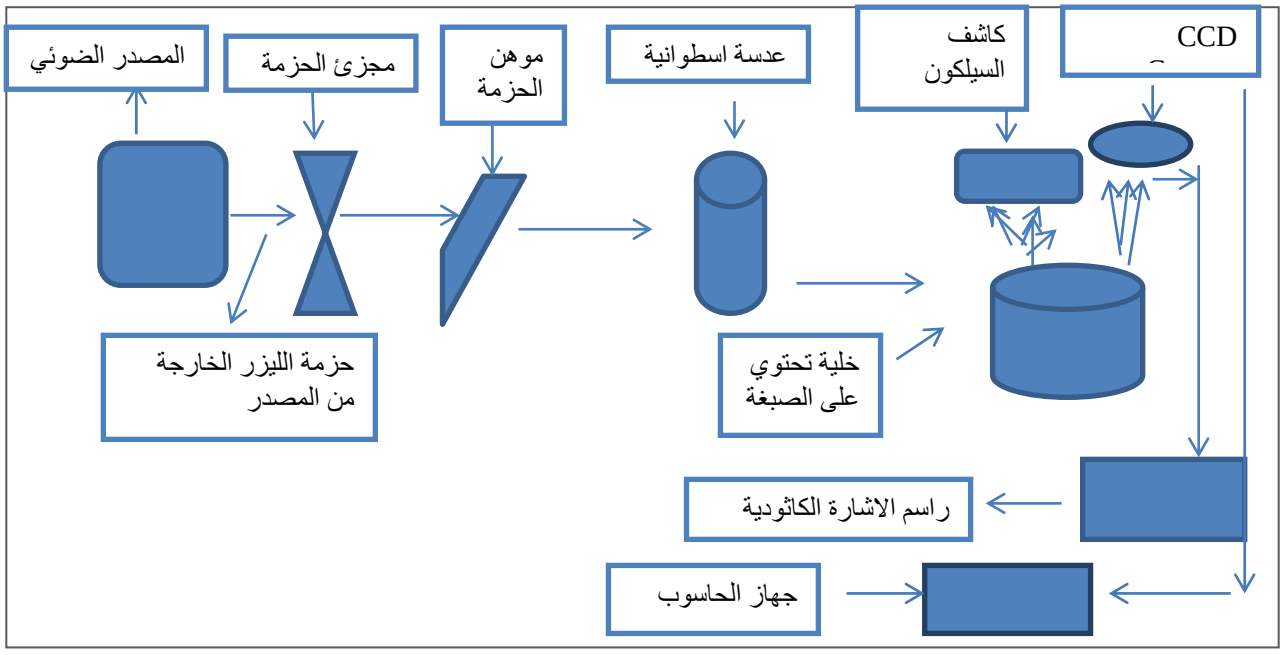
4-كاميرا(CCD) والمجهزة من شركة (Gentec Electro-Optics).

5- راسمة الأشعة الكاثودية نوع (digital Storage Oscilloscope) والمجهزة من شركة (GW Instek)

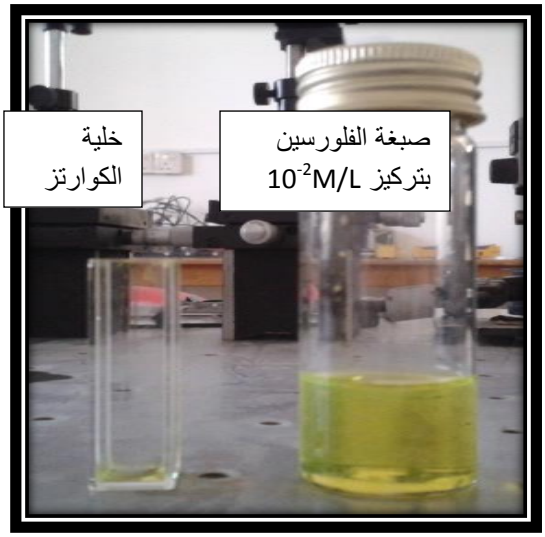
6 - مقطع حزمة الليزر والمجهزة من شركة (Ortec brookdeal)

2 -3 الإعداد التجريبي لقياس أداء الكاشف السيليكوني في منطقة الأشعة البنفسجية

الشكل(2) يمثل أجزاء التجربة التي تم إعدادها لغرض كشف تحسين أداء الكاشف السيليكوني في المنطقة البنفسجية حيث تم إرسال شعاع ليزري بطول موجي مقداره (405nm) وبقدرة مقدارها (110mW)من خلال المقطع الضوئي الذي بدوره يقوم بتحويل الشعاع المستمر إلى شعاع نبضي بترددات مختلفة تتراوح ما بين (40-1000)HZ ثم يمر الشعاع بعد ذلك على موهن بصري(optical attenuation) متعادل ومتغير لغرض التحكم في شدة الشعاع الساقط على العينة المراد اختبارها، ولغرض زيادة المساحة الساقطة على العينة المراد اختبارها تم استخدام عدسة اسطوانية (cylindrical lens) لغرض التحكم في مساحة المنطقة المثارة من العينة والتي هي عبارة عن صبغة الفلورسين ويكون لون محلولها اصفر مائل إلى الخضرة عند أذابتها بالمذيبات العضوية[5], تم تحضير صبغة الفلورسين بتركيز(10^{-2} M) وذلك باستخدام (الايثانول)وكما مبين في الشكل(3) حيث وضع المحلول داخل الخلية مصنوعة من مادة الكوارتز لكي نتجنب الخسائر التي تحدث من عملية الامتصاص. ولغرض توثيق الناتج تم استخدام كاشف سيليكوني مرتبط براسمة كاثودية خازنة للإشارة وكذلك تم استخدام كاميرا رقمية مرتبطة بحاسبة ذات برمجيات متخصصة.



الشكل(2) يوضح مخطط أجزاء تجربة قياس أداء كاشف السيلكون



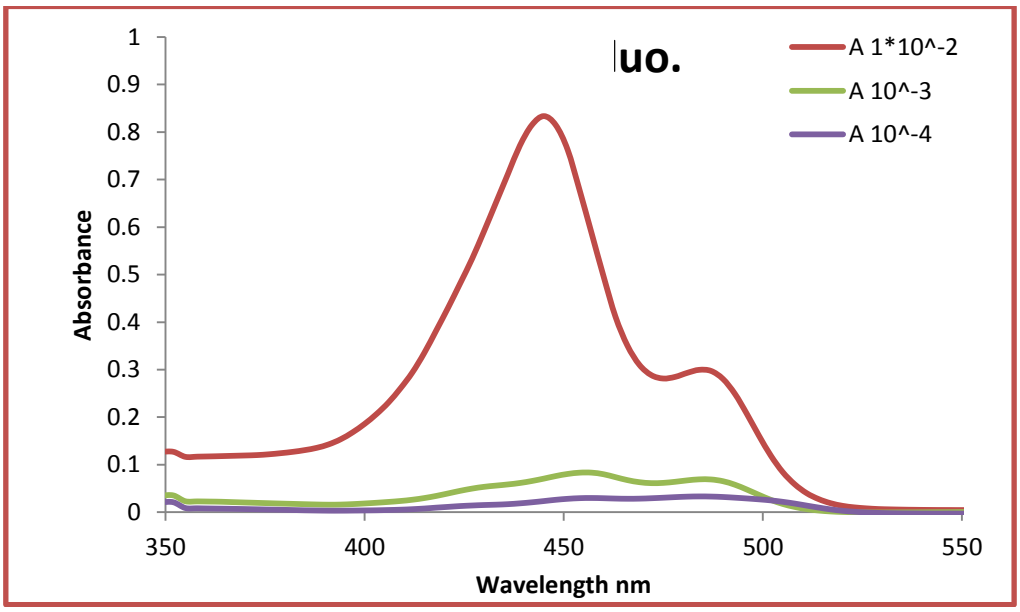
الشكل (3) يوضح صبغة الفلورسين وخلية الكوارتز

3- النتائج والمناقشة:

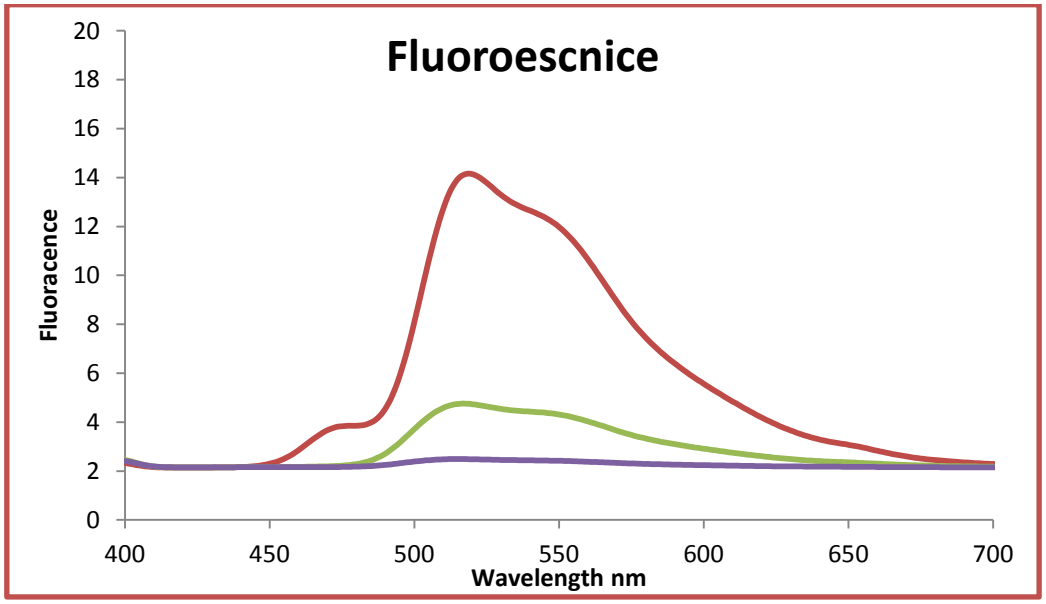
3 -1 طيف الامتصاص الفلورة لصبغة الفلورسين المذابة في الايثانول

تم دراسة طيف الامتصاص والفلورة لصبغة الفلورسين بتراكيز مختلفة (10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}M) كما مبين بالشكل (4) والشكل (5)على التوالي، حيث نلاحظ إن صبغة الفلورسين لها طيف امتصاص عريض يمتد من (400-500) نانومتر وان اعلي قيمة للامتصاص عند الطول ألموجي 445nm للتركيز(10^{-2} M) و 454 nm للتراكيز(10^{-3},10^{-4}M) وهذه النتائج متوافقة مع ماتوصل إليه الباحث روبرت [6] ، وأيضا نلاحظ إن قيمة التركيز ذات تأثير عالي على طيف الامتصاص حيث كلما زادت هذه القيمة زادت الامتصاصية حيث كان اعلي قيمة لها 0.83 عند الطول ألموجي 445nm للتركيز (10^{-2}M) وهذا تماما يتلاءم مع قانون بير _لامبرت، وأيضا نلاحظ قيمة قمة طيف الامتصاص (Peak Absorption Spectral) يوصف باتجاه الإزاحة الحمراء ذات الأقل طاقة بزيادة التركيز وهذا يتوافق مع ماتوصل إليه الباحث راب والباحث قصي [7 and 8] .ولإيجاد الكفاءة الكمية لصبغة الفلورسين إلى العمر الزمني الإشعاعي والعمر الزمني للفلورة يمكن اختبار هذه الصبغة من خلال رسم العلاقة ما بين معامل الامتصاص المولاري (Molar-absorption-coefficient) كدالة لعدد الموجي (Wave-number1/cm) وكما مبين بالشكل(6) ، وتم احتساب معامل الامتصاص $\alpha(cm^{-1})$ كما موضح بالشكل (7) حيث إن معامل الامتصاص cm^{-} α([1]) دالة لطاقة الفوتون (Photon-energy) نلاحظ أن الامتصاص يكون قليلاً عند الطاقات الواطئة، وهذا يعني أن احتمالية الانتقالات الالكترونية تكون قليلة. حيث تكون طاقة الفوتون الساقط غير كافية لنقل الإلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل ($h\upsilon<E_g$) أما عند الطاقات العالية فإن الامتصاص يكون كبيراً وهذا يوضح الاحتمالية الكبيرة للانتقالات الالكترونية وعندها

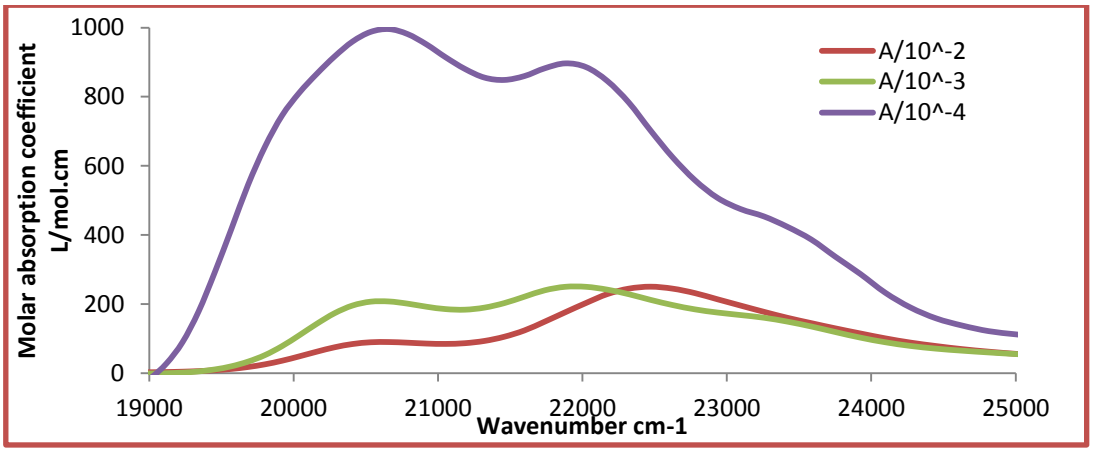
تكون طاقة الفوتون الساقط كافية لنقل الإلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل أي تكون طاقة الفوتون الساقط اكبر من فجوة الطاقة المحظورة. والجدول (1) يوضح أهم المعلمات التي تم إيجادها والتي تم من خلالها إيجاد الكفاءة الكمية حيث نلاحظ إن زيادة التركيز لها تأثير على الكفاءة الكمية حيث إن اعلي كفاءة كمية كانت عند التركيز(10^{-4} M).



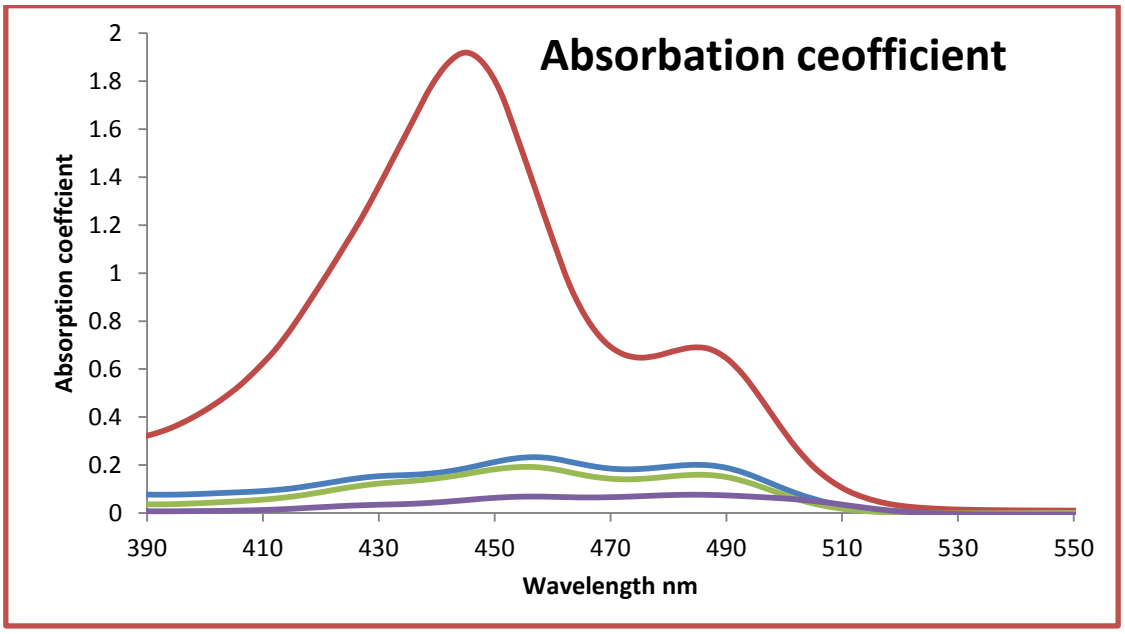
الشكل(4) يوضح طيف الامتصاص لصبغة الفلورسين



الشكل (5) يوضح أطياف الفلورة لصبغة الفلورسين



الشكل (6) يوضح العلاقة بين معامل الامتصاص المولاري كدالة للعدد ألموجي



الشكل(7) يوضح معامل الامتصاص لصبغة الفلورسين كدالة للطول ألموجي

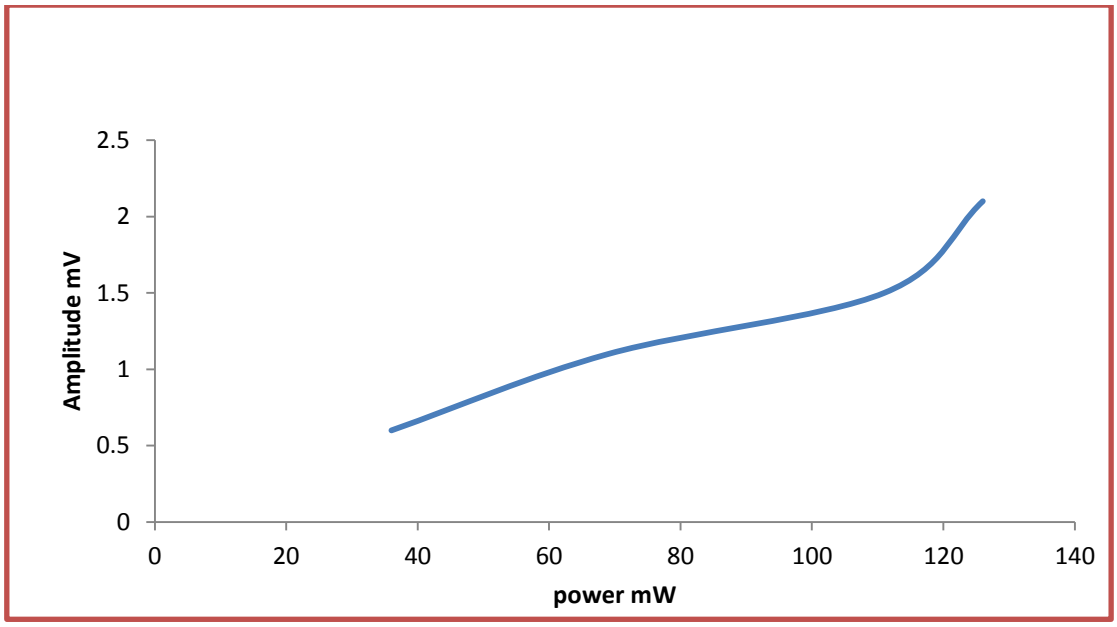
الجدول(1) يوضح الكفاءة الكمية والعمر الزمني للفلورة والعمر الزمني للإشعاع وإزاحة ستوكس لصبغة الفلورسين

الكفاءة الكمية Φ_{fm}	العمر الزمني للفلورة τ_f ns	العمر الزمني للاشعاع τ_{fm} ns	ازاحة ستوكس $\Delta\lambda=\lambda_{flo}-\lambda_{abs}$ nm	F_{max} nm	A_{max} nm	التركيز mol/L	ت
85.1%	4.31	5.07	62	516	454	$1*10^{-2}$	1
91.3%	8.76	9.60	58	512	454	$1*10^{-3}$	2
97.1%	14.4	14.9	56	510	454	$1*10^{-4}$	3

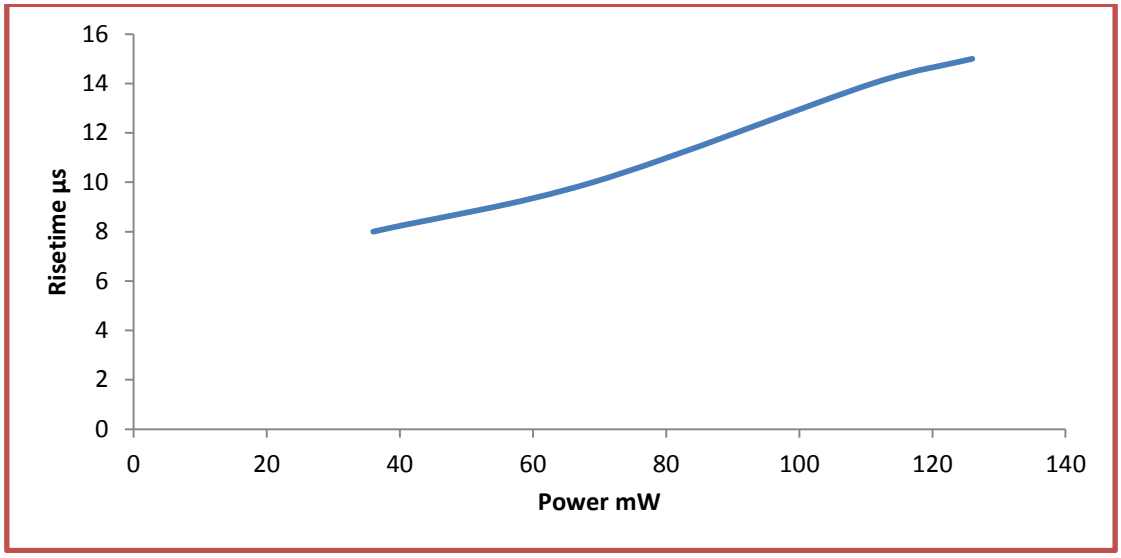
3 -2 اختبار تأثير الصبغة على أداء الكاشف السيلكون

باستخدام الإعداد التجريبي المبين أعلاه تم اختبار تأثير سائل صبغة الفلورسين على أداء الكاشف السيلكون الذي استخدم في هذا البحث، إن شكل النبضة الخارجة من الكاشف هي المعيار عن المعلومات المنقولة من خلاله وبشكل أدق زمن نهوض النبضة وزمن انحلالها. وبشكل عملي وجد إن قيمة مقدار الطاقة الداخلة والمؤدية إلى تفلور صبغة الفلورسين السائلة لها علاقة كبيرة في توليد نبضات قصيرة الأمد أو طويلة الأمد. حيث نلاحظ من الشكل رقم (8 &9) عند زيادة القدرة الداخلة نحصل على زمن نهوض للنبضة طويل وهذا متوافق مع ما توصل اليه الباحث كابلن [9] ، وبذلك تكون الزيادة في القدرة الداخلة يؤدي إلى زيادة في عدد

الجزيئات المتهيجة وبالتالي يؤدي ذلك إلى بطئ في نمو النبضة الضوئية حيث نلاحظ من خلال الشكل المذكور إن القدرة الداخلة إذا كانت بحدود 126mW ينجم عنها زمن نهوض مقداره 15ms وإذا كانت بحدود 36mW يكون زمن النهوض مقداره 8ms .

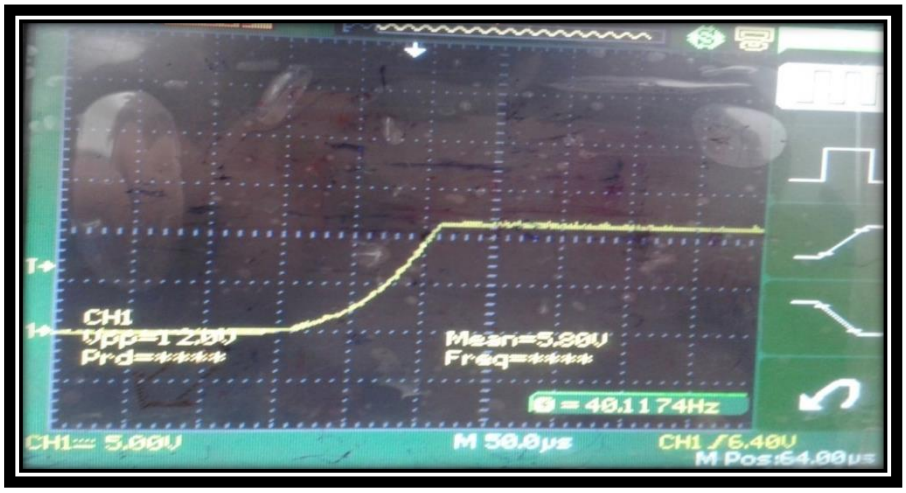


الشكل(8) يوضح العلاقة بين القدرة الداخلة وسعة النبضة الخارجة



الشكل(9) يوضح نوع العلاقة بين القدرة الداخلة وزمن نهوض النبضة الخارجة

وتجدر الإشارة للتأكد من إن التأثير الناتج هو عن طريق سائل صبغة الفلورسين تم اختبار الكاشف بوجود خلية مصنوعة من مادة الكوارتز ولكن فارغة وكانت قيمة زمن النهوض والسعة ثابتة بتغير الطاقة وبتغير التردد وكما مبين بالشكل (10)، حيث كانت قيمة السعة هي 2.2mV وزمن النهوض هو 16µs.



الشكل(10) يبين زمن نهوض النبضة وسعتها عند التردد 40Hz بغياب صبغة الفلورسين.

ولتحسين أداء الكاشف السيلكون بشكل اكبر والاستفادة من الأشعة المستخدمة في ضخ سائل الصبغة السائلة تم استخدام مرآة عاكسة وضعت بمسافة خلف الخلية الحاوية لصبغة الفلورسين، وكان الناتج مؤكد لما تم التوصل إليه سابقا إن زيادة في قيمة القدرة الداخلة تؤدي إلى زيادة في زمن النهوض وكذلك أدت هذه المرآة في زيادة سعة النبضة الداخلة وهذا مؤشر جيد على زيادة في تحسس أداء الكاشف للأشعة ذات القدرة المنخفضة وأيضا هذه النتيجة متوافقة مع ماتوصل إليه الباحث ستويكف [10] ، وكما مبين في الجدول(2)الذي يوضح علاقة سعة وزمن النهوض للنبضة الخارجة بتغير عدد النبضات الداخلة.

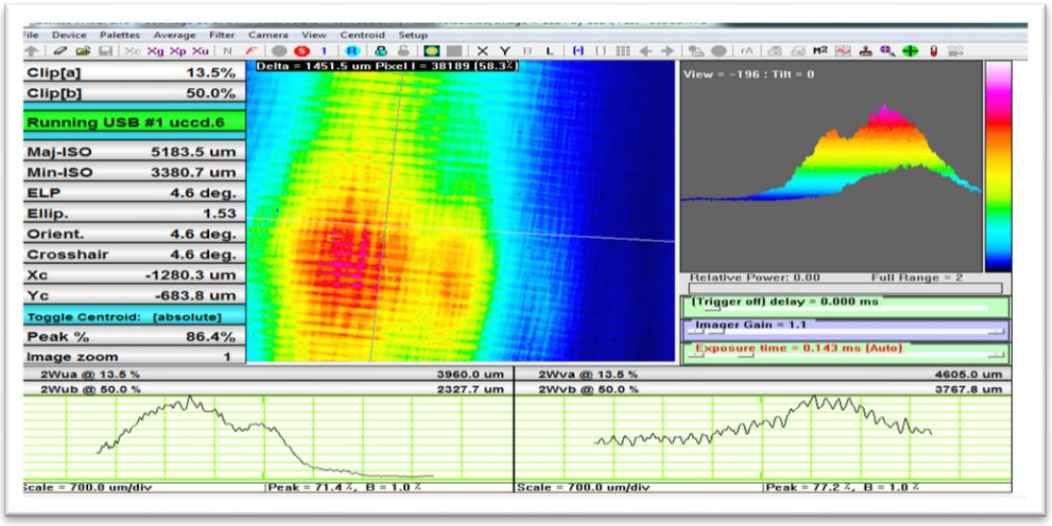
الجدول(2) يوضح زمن نهوض النبضة وسعتها بتغير عدد نبضات الإشارة الداخلة

في حالة وجود مرآة عاكسة		
Frequency (Hz)	Amplitude 500(mV)	Rise time (µsec)
40	5.1	20
80	5.2	16
120	5.5	14
160	5.5	18

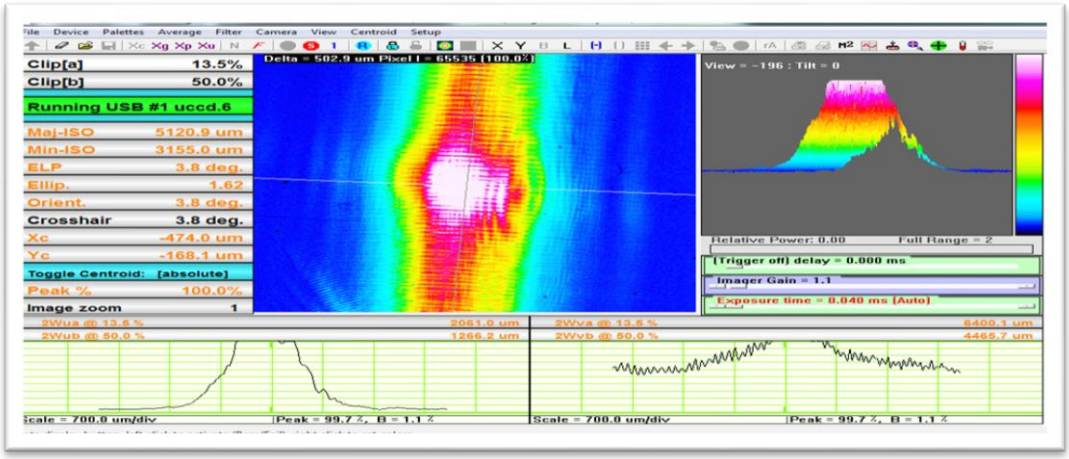
ومن الإثباتات التي كانت جدا مهمة والتي من خلالها لاحظنا إن أداء الكاشف السيلكون قد تحسن عند الكشف عن الأشعة فوق البنفسجية حيث تم جميع الاختبارات عند طول موجي مقداره 405nm ،إن الاستجابة الطيفية للكاشف السيلكون والتي كانت عند ذلك الطول ألموجي هي تقريبا 0.1 A/W قد تحسنت مع استخدام السائل المتفلور لتصبح بحدود 0.4 A/W .

3 -3 شكل الشعاع الخارج من الصبغة المتفلورة

يبين الشكل11 (a & b) الشعاع الخارج من سائل صبغة الفلورسين عند ضخها بطول موجي (405nm) وبطاقات مختلفة حيث نلاحظ إن شكل الشعاع الناتج ذات حزمة عريضة وعدد أنماط الخارجة كثيرة وهذا بدوره يدل على إن الشعاع الخارجي هو ضوء طبيعي يتولد بحالة الانبعاث التلقائي وكما مبين إن الشدة الخارجة بهذا الشعاع مرتبطة بقيمة الطاقة الداخلة وهذه النتيجة متوافقة مع اشاره إليه الباحث مارك [12] .



(a)



(b)

الشكل(11) يوضح الشعاع الخارجي عند ضخه بطول موجي 405 nm وبطاقات مختلفة

4 – الاستنتاج

في هذا البحث تم التأكيد على إن صبغة الفلورسين ($C_{20}H_{10}O_5Cl$) المذابة في محلول الايثانول لها اثر واضح في تحسين أداء كشف الكاشف السيليكوني .حي بينت النتائج إن القدرة الداخلة لها تأثير واضح على كل من زمن النهوض(rise time) و الاستجابة الطيفية spectra Responsivity للكاشف السيلكون. كذلك أكدت الدراسة على إن كل من الشدة وشكل الشعاع الخارج من سائل صبغة الفلورسين عند ضخها بطول موجي (405nm) مرتبطة بقيمة بشكل وثيق مع الطاقة الداخلة لصبغة الفلورسين.

المصادر:

1- G.F. Knoll, Radiation Detection and Measurement - 3rd edition (Chapters 16 to 18), John Wiley & Sons, 1999.

2 - Frank . J. Duarte , Lloyd W . Hillman ,"Dye Laser Principles with Applications", Academic Press ,Inc. ,1990 .

3- Neamen, D. A, " Semiconductor Physics and Devices" , 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2003

4 - Martin Nikl, "Scintillation detector" , Meas.Sci.Technol.No.17,PP 37-54, 2006

5 - David R.Lide (Handbook of Chemistry and Physics) -84 Edition-CRC PRESS-LLC-2004

6- Robert sjoback , "Absorption and fluorescence properties of flouresin", Spectrochimica A , no. 5 , pp. L7- L21, 1995

7- Rapp c.f. and Boling N.L " Fluorescent Concentrator Proc 13 ", IEEE Photovoltaic . Spec . conf . Washington , 1978

8- Qusay Raghib Ali, " Photobleaching Spectroscopic Studies and lifetime Measurements of Fluorescent Organic Dyes " Ph.D. thesis , College of Science,University of Baghdad, 2013

9- V .A . Kaplin , E.F. Makliaev and Y.A. Melikyan , "Time and amplitude of large scintillation detector with SiPM" , Physica procedia , no. 74 , pp. 232 -237, 2015

10- A. Stoykov, R. Scheuermann, K. Sedlak, "A time resolution study with a plastic scintillator read out by a Geiger-mode avalanche photodiode", Nucl. Instrum. Methods A 695 pp. 202–205, 2012

11- U. Resch-Genger, K. Hoffmann, W. Nietfeld, A. Engel, J. Neukammer, R. Nitschke, B. Ebert, and R. Macdonald, "How to improve quality assurance in fluorometry: fluorescence-inherent sources of error and suited fluorescence standards," Journal of fluorescence, vol. 15, pp. 337–62, 2005.

12- Marc G. Paff n, Shaun D. Clarke, Sara A. Pozzi, "Organic liquid scintillation detector shape and volume impact on radiation portal monitors" ,Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A , no.825 ,pp , 31-39,2016