



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد
كلية التربية للعلوم الصرفة – ابن الهيثم
قسم الفيزياء

احتجاز الضوء بواسطة صفوف من محسسات دقيقة في خلية كهروضوئية

رسالة مقدمة الى

كلية التربية للعلوم الصرفة-ابن الهيثم – جامعة بغداد

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء

من قبل الطالبة :

صبح علي حسيبي

بكالوريوس علوم فيزياء / 2003

باشراف :

أ.م.د علاء بدر حسن

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ وَقَالَ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ

وَأَطِيعَ أَمْرًا إِذْ أَمَرْتُ وَأَنْ أَتَّقِيَ عِبَادَةَ الْإِنْسَانِ

صَلَاةَ اللَّهِ الْعَلِيِّ الْعَظِيمِ

جزء من الآية { 19 } من سورة النمل

اقرار مشرف

اشهد بان اعداد هذه الرسالة الموسومة (احتجاز الضوء بوساطة صفوف عدسات دقيقة في خلية كهروضوئية) والمقدمة من قبل الطالبة (صباح علي حسين) تمت تحت اشرافي في قسم الفيزياء - كلية التربية للعلوم الصرفة - ابن الهيثم وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء/اختصاص ليزر واشباه موصلات .

التوقيع : 

الاسم : أ.م. د. علاء بدر حسن

التاريخ : ١٣ / ١١ / ٢٠١٦

رئيس القسم 

PDF Reducer Demo

الاسم : أ.د. كريم علي جاسم

التاريخ : / /

اقرار المقوم اللغوي

اشهد ان هذه الرسالة الموسومة (احتجاز الضوء بوساطة صفوف عدسات دقيقة في خلية كهروضوئية) تمت مراجعتها من الناحية اللغوية باشرافي واصبحت باسلوب علمي خال من الاخطاء اللغوية .

التوقيع :

الاسم : م. حسين عبد المهدي هاشم

الدرجة العلمية : مدرس

التاريخ : ١٤ / ١١ / ٢٠١٨ - ٢

PDF Reducer Demo

اقرار لجنة المناقشة

نشهد نحن اعضاء لجنة المناقشة اننا اطلعنا على الرسالة الموسومة ب (احتجاز الضوء بوساطة صفوف عدسات دقيقة في خلية كهروضوئية) التي قدمتها الطالبة (صباح علي حسين) وقد ناقشنا الطالبة في محتوياتها وفي ماله علاقة ، ونرى انها جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء بتقدير (امتياز) .

رئيس اللجنة

التوقيع :

الاسم : د. فائق شكور زين العابدين

المرتبة العلمية : استاذ مساعد

العنوان : الجامعة المستنصرية / كلية التربية

التاريخ : ١٨ / ١ / ٢٠١٨

عضو اللجنة

التوقيع :

الاسم : د. عماد هادي خليل

المرتبة العلمية : مدرس

العنوان : جامعة بغداد / كلية التربية-ابن الهيثم

التاريخ : ١٨ / ١ / ٢٠١٨

صدقت من قبل عميد كلية التربية للعلوم الصرفة - ابن الهيثم - جامعة بغداد

التوقيع :

الاسم : د. خالد فهد علي

المرتبة العلمية : استاذ

العنوان : جامعة بغداد - كلية التربية للعلوم الصرفة - ابن الهيثم

التاريخ : / /

عضو اللجنة

التوقيع :

الاسم : د. ثائر عبد الكريم خليل

المرتبة العلمية : استاذ مساعد

العنوان : جامعة بغداد / كلية التربية-ابن الهيثم

التاريخ : ١٨ / ١ / ٢٠١٨

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع :

الاسم : د. علاء بدر حسن

المرتبة العلمية : استاذ مساعد

العنوان : جامعة بغداد / كلية التربية-ابن الهيثم

التاريخ : ١٨ / ١ / ٢٠١٨

PDF Reducer Demo

الأهداء

الى



معلم الأمة وخير البشرية.....

الى



حبا وشوقا وانك تحت التراب.....

أهداء خاص

الى رفيق الدرب

و معنى الحياة

الصديق والزوج الحبيب....الذي ساندني ولم يخذلني

مصطفى الخفاجي ...أهديك ثمرة تحملك

التكريم والتقدير

اهتداء لقوله تعالى (ومن يُكفر فأعما يُكفر لنفسه - لعمركم: 12) أتقدم بالشكر الجزيل والعرفان

والجميل لاستاذي الفاضل الدكتور **علاء بدر حسن** الذي تشرفت باشرافه على هذه الرسالة واحمد الله بان سيره في دربي ويسر به امري والذي كانت لملاحظاته القيمة وتوجيهاته السديدة واخلاقه الطيبة الأثر الكبير في وصول رسالتي الى هذه الصورة فله عظيم شكري وتقديري وجزاه الله عندي خير الجزاء.

كما واتقدم بالشكر والتقدير والاحترام الى أساتذة قسم الفيزياء جميعا وكل من اسهم وساعد في نجاح هذه الرسالة.

وفي الختام اللهم اني أسألك ان يكون عملي هذا خالصا لوجهك الكريم وهنا وامضيها يشع سبيل السالكين من الباحثين وطلبة علوم الفيزياء.

الباحثة

صباح علي

الخلاصة

في هذه الدراسة تم تصميم نظام شمسي يحتجز الأشعة ويتضمن صفوف عدسات (رباعية و سداسية) في الجزء العلوي للنظام التي تعمل على تركيز الأشعة في المستوى البؤري لها حيث تثبت شقوق تسمح بمرور الضوء الى داخل الخلية الشمسية وتمنع خروجه لوجود سطح داخلي عاكس ، فتزداد الانعكاسات الداخلية في الخلية الشمسية ، ومن ثم يزداد طول المسار البصري للأشعة فتزداد نسبة امتصاص الفوتونات في الخلية وبالنتيجة تزداد كفاءتها البصرية.

تم تصميم نموذجين من المنظومة الشمسية اثنتين: النموذج الاول يتكون من صف عدسات ((محدبة مستوية)) مربعة الشكل عددها (10x10) ذات ابعاد (20×20 cm) وعرض فتحة كل عدسة (2cm) وبنصف قطر ($R_1= 4\text{cm}$, $R_2= 0$) ، والنموذج الثاني يتكون من صف عدسات ((محدبة مستوية)) سداسية الشكل بعدد (5x5) ذات ابعاد (20×20 cm) وبنصف قطر (5cm). ان كلا النموذجين يحتوي على حاجز عاكس للضوء له عدة شقوق تسمح بمرور الضوء الى داخل الخلية الشمسية ومنها الى الكاشف الموضوع اسفل الخلية.

تم استخدام برنامج زيماكس (ZEMAX-EE 2005) للتصاميم البصرية في تصميم النظام الشمسي وبأستخدام نظام تتبع الأشعة غير المتسلسل للأشعة الداخلة الى الخلية والتي عددها (1000) شعاع. تم وضع عدسات مصنوعة من مادة الزجاج من نوع (N-BK7) ، وتم وضع اسفل الخلية كاشف له ابعاد تساوي ابعاد الخلية ليتحسس الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء التي تتوافق اطوالها الموجية مع نفاذية الزجاج المستخدم لكي تنفذ كل الأشعة الساقطة الى داخل الخلية ومن ثم قراءة مقدار الانعكاسات الداخلية في الخلية والقدرة الضوئية والاستضاءة بواسطة الكاشف . وكل عدسة صممت ليكون موضع تبورها هو موقع الشق الموجود بين شرائح المرايا والذي تم تغيير عرضه بمقدار (0.1 - 1 mm) لدراسة تأثير عرض الشق على قراءة الكاشف ، وكذلك تم تغيير زاوية سقوط الأشعة على الخلية لتكون (0° - 70°) للنموذجين المصممين. تم استخدام اسماك متعددة للخلية لدراسة تأثير السمك على عدد الأشعة الواصلة الى الكاشف وعلى الكفاءة . وكذلك تمت دراسة العلاقة مابين السمك وعرض الشق ومابين السمك وزاوية سقوط الأشعة ، لكون عامل السمك من العوامل المهمة في تصميم الخلية على اعتبار امكانية استخدام خلية متعددة الطبقات لزيادة طيف الامتصاص لها.

المحتويات

رقم الصفحة	العنوان	الفقرة
	مقدمة نظرية	الفصل الأول
1	Introduction	1.1 المقدمة
2	Solar Energy	2.1 الطاقة الشمسية
4	Affected Factors of Solar Energy	3.1 العوامل المؤثرة على الطاقة الشمسية
4	Types of Solar Radiation	4.1 انواع الاشعاع الشمسي
6	Solar Concentrators	5.1 المركّزات الشمسية
7	Thermal Solar Concentrator	1.5.1 المركّزات الشمسية الحرارية
8	Photovoltaic Solar Concentrator	2.5.1 المركّزات الشمسية الكهروضوئية
9	Solar Cells	1.2.5.1 الخلايا الشمسية
12	Trapping of Solar Radiation	6.1 أحتجاز الأشعة الشمسية
13	Solar Radiation Trapping Methods	1.6.1 طرائق أحتجاز الأشعة الشمسية
17	Micro Lenses Array	7.1 صفوف العدسات الدقيقة
18	Lenses Materials	1.7.1 المواد المستخدمة في صناعة العدسات

19	N-BK7 Glass	زجاج نوع N-BK7	8.1
20	Acceptance Angle	زاوية القبول	9.1
22	Literature Review	الدراسات السابقة	10.1
24	The Aim of Work	هدف البحث	11.1
		التصميم البصري	الفصل الثاني
26	Introduction	المقدمة	1.2
26	The Steps of Optical design	خطوات التصميم البصري	1.1.2
27	Optical design programs	برامج التصميم البصري	2.2
27		CODE V	1.2.2
28		ASAP	2.2.2
28		OSLO	3.2.2
28		HEXAGON	4.2.2
28		WinLens	5.2.2
29		ZEMAX	6.2.2
29	Ray Tracing Mode in Zemax	نمط تتبع الأشعة في برنامج زيماكس	3.2
30	Sequential Ray Tracing mode	نمط تتبع الأشعة المتسلسل	1.3.2
33	Non Sequential Ray Tracing mode	نمط تتبع الأشعة غير المتسلسل	2.3.2

34	Matrix Presentation of ray Tracing	تمثيل المصفوفات لتتبع الشعاع	4.2
37	Zemax Analysis Tools	ادوات تحليل زيماكس	5.2
37	Spot Diagrams	مخطط توزيع النقاط	1.5.2
38	Layout Plot	مخطط المظهر	2.5.2
39	Rays Aberration Plot	مخطط زيغ الأشعة	3.5.2
40	Optical Transfer Function (OTF)	دالة الانتقال البصرية	4.5.2
41	Encircled Energy	الطاقة المتمركزة	5.5.2
42	Designed Samples	النماذج المصممة	6.2
43	First Model (Plano-Convex Square array Lenses)	النموذج الأول (صفوف عدسات مربعة محدبة مستوية)	1.6.2
45	second model(Plano-Convex Hexagonal array Lenses)	النموذج الثاني (صفوف عدسات سداسية محدبة مستوية)	2.6.2
		الفصل الثالث	
		النتائج والمناقشة	
47	Introduction	المقدمة	1.3
48	First Model(Optical System with Square array Lenses)	النموذج الأول (نظام بصري يحتوي صفوف عدسات مربعة الشكل)	2.3
49	Evaluation Tools in Zemax	ادوات تقييم النظام البصري في برنامج زيماكس	3.3
49	Detector measurement	قراءة الكاشف	1.3.3

49	تأثير تغيير زاوية السقوط مع تغيير عرض الشق على عدد الأشعة للعدسات المربعة	1.1.3.3
52	تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير زاوية السقوط على عدد الأشعة للعدسات المربعة	2.1.3.3
53	تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير عرض الشق على عدد الأشعة للعدسات المربعة	3.1.3.3
55	Output Total Power القدرة الكلية الخارجة	2.3.3
55	تأثير تغيير عرض الشق مع تغيير زاوية السقوط على القدرة الكلية الخارجة للعدسات المربعة	1.2.3.3
56	تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير زاوية السقوط على القدرة الكلية الخارجة للعدسات المربعة	2.2.3.3
58	تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير عرض الشق على القدرة الكلية الخارجة للعدسات المربعة	3.2.3.3
59	Irradiance الاستضاءة	3.3.3
61	النموذج الثاني (نظام بصري يحتوي صفوف عدسات سداسية الشكل) Second model(Optical System with Hexagonal array Lenses)	4.3
61	Detector measurement قراءة الكاشف	1.4.3
61	تأثير تغيير عرض الشق مع تغيير زاوية السقوط على عدد الأشعة للعدسات السداسية	1.1.4.3
62	تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير زاوية السقوط على عدد الأشعة للعدسات السداسية	2.1.4.3

64	تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير عرض الشق على عدد الأشعة للعدسات السداسية	3.1.4.3
65	Output Total Power القدرة الكلية الخارجة	2.4.3
66	تأثير تغيير عرض الشق مع تغيير زاوية السقوط على القدرة الكلية الخارجة للعدسات السداسية	1.2.4.3
67	تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير زاوية السقوط على القدرة الكلية الخارجة للعدسات السداسية	2.2.4.3
69	تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير عرض الشق على القدرة الكلية الخارجة للعدسات السداسية	3.2.4.3
70	Irradiance الاستضاءة	3.4.3
72	Comparing between the designed المقارنة بين النظامين	5.3
الفصل الرابع		
الاستنتاجات والمشاريع المستقبلية		
76	Conclusions الاستنتاجات	1.4
77	Future Works المشاريع المستقبلية	2.4
78		المصادر

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	العنوان	الشكل
3	الشدة النسبية الطيفية للأشعاع الشمسي	1-1
6	أنواع الأشعاع الشمسي الواصل الى سطح الأرض	2-1
8	بعض المركبات الشمسية الحرارية	3-1
10	الواح الخلايا الشمسية وتوليد المجال الكهربائي عبر الوصلة	4-1
11	تطور استخدام الخلايا الشمسية من عام (1980-2016)	5-1
12	معامل الامتصاص وعمق الاختراق للسيليكون	6-1
14	الطبقات المعالجة للخلية الشمسية	7-1
15	معامل الانعكاس لبعض الأسطح بالنسبة للطول الموجي	8-1
16	امتصاص الضوء في القبة النانوية او المخاريط النانوية	9-1
18	صفوف العدسات الدقيقة (اليمين) مربعة، (اليسار) سداسية	10-1
21	زاوية القبول	11-1
22	تأثير نوع المركز الشمسي على زاوية القبول	12-1
27	تسلسل خوارزمية تصميم النظام البصري	1-2
31	محرر بيانات العدسة لنمط تتبع الأشعة المتسلسل في برنامج زيماكس	2-2
32	النافذة الخاصة للخيار (General) في برنامج زيماكس	3-2
32	النافذة الخاصة بالطول الموجي	4-2

33	النافذة الرئيسية لبرنامج زيماكس لنمط تتبع الأشعة غير المتسلسل	5-2
35	قيم نصف القطر لأنواع العدسات المختلفة	6-2
36	ارتفاع الشعاع الضوئي وزاويته	7-2
38	مخطط توزيع النقاط	8-2
39	مخطط المظهر العام	9-2
40	مخطط زيف الأشعة	10-2
41	دالة الانتقال البصرية المعدلة	11-2
42	الطاقة المتمركزة	12-2
43	صفوف عدسات مربعة محدبة مستوية	13-2
44	النافذة الطيفية لمادة الزجاج نوع N-BK7	14-2
45	نموذج للنظام البصري المصمم	15-2
46	صفوف عدسات سداسية محدبة مستوية	16-2
48	نافذة (Detector Viewer) في برنامج زيماكس	1-3
51	منحني يبين العلاقة بين عدد الأشعة وتغيير زاوية السقوط مع تغيير عرض الشق عند سمك خلية (5mm) للعدسات المربعة	2-3
53	منحني يبين العلاقة بين عدد الأشعة وتغيير زاوية السقوط مع تغيير سمك الخلية عند عرض شق (0.1mm) للعدسات المربعة	3-3
54	منحني يبين العلاقة بين عدد الأشعة وتغيير عرض الشق مع تغيير سمك الخلية عند زاوية سقوط ($\theta=0^\circ$) للعدسات المربعة	4-3

56	منحني منحني يبين العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة وتغيير عرض الشق مع تغيير زاوية السقوط عند سمك خلية (5mm) للعدسات المربعة	5-3
57	منحني يبين العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة وتغيير زاوية السقوط مع تغيير سمك الخلية عند عرض شق (0.1mm) للعدسات المربعة	6-3
59	منحني العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة وتغيير عرض الشق مع تغيير سمك الخلية عند زاوية سقوط ($\theta=0^\circ$) للعدسات المربعة	7-3
60	منحني يبين تأثير تغيير زاوية السقوط مع تغيير عرض الشق على الاستضاءة عند سمك خلية (1mm) للعدسات المربعة	8-3
62	منحني يبين العلاقة بين عدد الأشعة وتغيير زاوية السقوط مع تغيير عرض الشق عند سمك خلية (5mm) للعدسات السداسية	9-3
63	منحني يبين العلاقة بين عدد الأشعة للعلاقة وتغيير زاوية السقوط مع تغيير سمك الخلية عند عرض شق (0.1mm) للعدسات السداسية	10-3
65	منحني يبين العلاقة بين عدد الأشعة وتغيير سمك الخلية مع تغيير عرض الشق عند زاوية سقوط ($\theta=0^\circ$) للعدسات السداسية	11-3
67	منحني يبين العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة للعلاقة وتغيير زاوية السقوط مع تغيير عرض الشق عند سمك خلية (5mm) للعدسات السداسية	12-3
68	منحني يبين العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة و زاوية السقوط مع تغيير سمك الخلية عند عرض شق (0.1mm) للعدسات السداسية	13-3
70	منحني يبين العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة و سمك الخلية مع تغيير عرض الشق عند زاوية سقوط ($\theta=0^\circ$) للعدسات السداسية	14-3
71	منحني يبين تأثير تغيير زاوية السقوط مع تغيير عرض الشق على الاستضاءة عند سمك خلية (1mm) للعدسات السداسية	15-3

73	منحنى يبين العلاقة بين قراءة الكاشف وتغيير زاوية السقوط للنموذجين المستخدمین لعرض شق (0.1mm) وسمك خلية (1mm)	16-3
74	منحنى يبين العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة وتغيير زاوية سقوط الأشعة للنموذجين المستخدمین عند عرض شق (0.1mm) وسمك خلية (1mm)	17-3
75	منحنى يبين تأثير تغيير زاوية سقوط الأشعة على الاستضاءة للنموذجين المستخدمین عند عرض شق (0.1mm) وسمك خلية (1mm)	18-3

قائمة الجداول

رقم الصفحة	رقم الجدول
20	1-1

قائمة الرموز والوحدات

الرمز	المقادير الفيزيائية	الوحدة بالنظام الدولي
α	معامل الامتصاص	μm^{-1}
$1/\alpha$	عمق الاختراق	μm
f	البعد البؤري	m
R	نصف قطر التكون	m
n	معامل الانكسار	خالٍ من الوحدات
s	بعد الجسم	m
s'	بعد الصورة	m
y	ارتفاع الشعاع الضوئي	m
θ	زاوية الشعاع الضوئي	m
E_e	شدة الاستضاءة	Watt/m^2

قائمة المصطلحات

المصطلح	المعنى
UV	الأشعة فوق البنفسجية
IR	الأشعة تحت الحمراء
GaAs	زرنيخيد الغاليوم
N-BK7	زجاج البوروسيليكات
SiO ₂	ثنائي أكسيد السيليكون
B ₂ O ₃	أكسيد البورون
Na ₂ O	أكسيد الصوديوم
Al ₂ O ₃	أكسيد الألومنيوم
CaO	أكسيد الكالسيوم
MgO	أكسيد المغنيسيوم
Fe ₂ O ₃	أكسيد الحديد الثلاثي
OBJ	وصف الجسم في برنامج زيماكس
STO	وصف لاختيار عدسة أو مرآة في برنامج زيماكس
IMA	وصف الصورة في برنامج زيماكس
OTF	دالة الانتقال البصرية
MTF	دالة الانتقال المعدلة
T.H	عدد الأشعة الساقطة على الكاشف

قائمة المختصرات

المختصر	الظلمة
OBJ	Object
STO	Stop Aperture
IMA	Image
OTF	Optical Transfer Function
PSF	Point Spread Function
MTF	Modulation Transfer Function
T.H	Total Hit
T.P	Total Power
S	Slit

الفصل الأول

مقدمة نظرية

1.1 المقدمة Introduction

ان فكرة استغلال الطاقة الشمسية قديمة منذ وجود الانسان لتغطية حاجاته الحياتية المختلفة ، فتطورت هذه الفكرة مع تطوره فاصبحت في الوقت الراهن من الامور الحيوية ، لما لها من اهمية كبيرة في سد حاجاته من الطاقة النظيفة وبما يتلائم مع مقدار التطور التقني الحاصل. تم استغلال الطاقة الشمسية في الماضي لتدفئة المنازل وتجفيف المحاصيل الزراعية .

استخدمت الطاقة الشمسية في توليد بخار الماء وتسخين الهواء وتقطير الماء وصهر المواد وطهي الطعام) . تم استخدام الطاقة الشمسية في عام 1866 لتحريك محرك يعمل بالبخار باستخدام حوض قطع مكافئ ،وفي العام نفسه نجح اول مجمع طاقة شمسية في ايطاليا من قبل العالم اليساندرو باتاجليا . ثم تلت السنوات وبدأ استخدام الطاقة الشمسية بشكل واسع وفي كل ميادين الحياة [1].

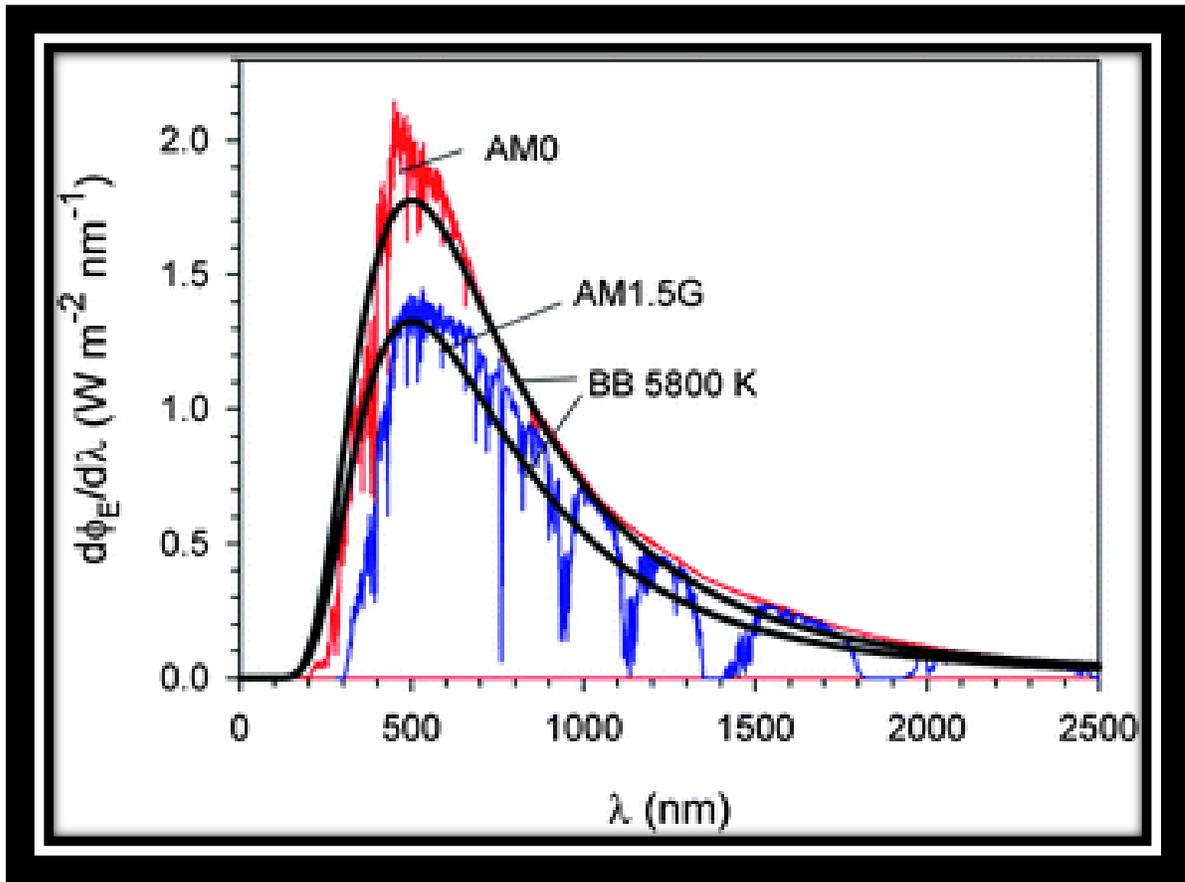
وفي بداية القرن الماضي تم انشاء اول محطة عالمية للري باستخدام الطاقة الشمسية في القاهرة وبعد ان حصل التقدم العلمي الكبير فتحت آفاق جديدة لاستغلال الطاقة الشمسية بعد ان كانت الاستفادة منها قليلة ومحدودة في الزمن الماضي [2].

2.1 الطاقة الشمسية Solar Energy

هي الحرارة والضوء المنبعثة من الشمس والمستغلة من قبل الانسان وبمساعدة التكنولوجيا، و نظرا للتقدم الكبير في مجال استغلال الطاقة الشمسية، وكذلك لما تمتاز به هذه الطاقة من خلوها من المخلفات الضارة والملوثات بالمقارنة مع مصادر الطاقة الاحفورية (The fossil energy) [3].

وعلى الرغم من الاستعمال الواسع لهذه الطاقة الا انه لم يستخدم منها سوى جزء بسيط. حيث تستخدم هذه الطاقة في التصميمات المعمارية من خلال نظم التدفئة والتبريد، وفي التقطير للحصول على الماء الصالح للشرب، وفي الطهو، وفي الاغراض الصناعية للحصول على درجات حرارة مرتفعة. ان الطاقة الواصلة من الشمس الى الارض كبيرة للغاية حيث تكون ضعف الطاقة المنتجة من المصادر الاخرى مثل (البترو، والغاز الطبيعي، واليورانيوم، والفحم) مجتمعة معا [4].

يبلغ قطر الشمس التي هي عبارة عن كرة غازية نحو (1,391,000) كم، ويكون معدل المسافة بينها وبين الأرض (149,598,000) كم مع تغير قليل للمسافة لا يتجاوز 1.65% بسبب ان المدار الارضي يكون شبه دائري، وبذلك سيتغير القطر الزاوي الذي سيؤدي الى تغير شدة الاشعاع القادم من الشمس بمقدار لا يتجاوز 4% [5]. ان طيف الاشعاع الشمسي هو امواج كهرومغناطيسية يشابه اشعاع الجسم الأسود عند درجة حرارة (5800) كلفن والطيف الواصل من الشمس الى الغلاف الجوي هو (174) بيتا واط، يعود منه ما يقارب نحو 30% الى الفضاء بالانعكاس ويمتص الباقي بوساطة الكتل الارضية والسحب والمحيطات ليكون منتشرا على سطح الأرض. يكون معدل الاشعاع الشمسي الواصل الى سطح الارض (1000 W/m²) ضمن المدى الضوء المرئي والاشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجي فقط [6,7]، وكما موضح في الشكل (1-1).



الشكل (1-1) الشدة النسبية الطيفية للاشعاع الشمسي [8].

ان استغلال الطاقة الشمسية اصبح من المسائل الحيوية التي حرص الانسان على تطوير الاليات لزيادة كفاءة المنظومات الشمسية ، ولكونها اصبحت من الحاجات الملحة التي فرضها التطور التقني ، ولتحويل الطاقة الشمسية واستغلالها هنالك نظامان للوسائل التقنية المعدة هما [9]:

- نظام الطاقة الايجابية : يقوم بتحويل ضوء الشمس الى مصادر طاقة اخرى عن طريق الخلايا الكهروضوئية والمجمعات الحرارية وبمساعدة معدات كهربائية وميكانيكية

- نظام الطاقة السلبية :تصميم مساحات واسعة واستخدام مواد ذات كتل حرارية كبيرة لها خاصية تتمثل بتشتيت الضوء وذلك بتوجيه احد المباني باتجاه الشمس لتدوير الهواء بشكل طبيعي.

3.1 العوامل المؤثرة على الطاقة الشمسية Affected Factors of Solar Energy

ان كمية الطاقة الشمسية الواصلة الى سطح الارض تكون متفاوتة القيمة بحسب الزمان والمكان وحسب الظروف الجوية للغلاف الجوي ، الامر الذي يؤدي الى تفاوت في انتاج الطاقة الشمسية وتحويلها حسب هذه الظروف، وان من اهم العوامل المؤثرة في توزيع الطاقة الشمسية على سطح الارض هي:

- أ- الموقع الجغرافي : ان البعد والاقتراب من خط الاستواء لهما تاثير كبير على الطاقة الشمسية الواصلة الى الأرض حيث تكون الدول القريبة منه لها فصل واحد طوال السنة وهو فصل الصيف ، لذلك تكون الطاقة الشمسية كبيرة جدا مقارنة بالدول البعيدة عن خط الاستواء [10].
- ب- ميلان محور الارض: يسهم ميلان محور الارض الى تغير توزيع الاشعاع الشمسي على سطح الكرة الارضية بسبب الحركة اليومية حول محورها والحركة السنوية حول الشمس ، مما يؤدي الى شمول المنطقة الواقعة بين مداري الجدي والسرطان بنسبة كبيرة من الاشعاع الشمسي دون بقية المناطق [11].
- ت- زاوية الميل : ان كمية الاشعاع الشمسي تتاثر بصورة واضحة مع زاوية ميلان الشمس عن الافق . فتكون الاشعة في اوجها عندما تكون الشمس في الزوال (الاشعة عمودية تقريبا على سطح الارض) ، بينما تكون الاشعة في الحضيض عندما تكون الشمس في الافق اي (الاشعة متوازية تقريبا على سطح الارض) ، ويحدث هذا الاختلاف بسبب تغير طول مسار الاشعة المقطوعة خلال جو الارض ، فكلما كان المسار كبيرا كانت الاشعة معرضة للامتصاص والتشتت فتقل شدة الاشعاع ، وهذا هو سبب زيادة درجات الحرارة عند الظهيرة اي(الشمس في الزوال) ونقصانها عند الغروب اي(الشمس في الافق) [12].
- ث- صفاء الجو : تعد المواد العالقة في الجو من اتربة وبخار ماء ومخلفات صناعية واحدة من العوامل المؤثرة في نسبة الاشعاع الشمسي الواصل الى الارض بسبب الامتصاص والاستطارة ، فيكون الاشعاع في اعلى مستوى له في السماء الصافية [13].

4.1 انواع الاشعاع الشمسي Types of Solar Radiations

ان الاشعاع الشمسي الواصل للارض يمر من خلال طبقة الاتموسفير(atmosphere) التي تعدل الطيف بوساطة الامتصاص والتشتت ، وان ذرات الاوكسجين والنتروجين وجزئياتهما اللتان تمتص كل منهما الموجات القصيرة جدا وبشكل فعال ستعرقل الاشعاع مع طول موجي أصغر من (190 nm) . ان

جزيئات الاوكسجين في طبقة الاتموسفير تمتص الاشعة فوق البنفسجية القصيرة ،لذا فالامر سيقود الى انتاج الاوزون الذي سيمتص بقوة الاشعة فوق البنفسجية الطويلة (280-400nm) ويمتص بصورة ضعيفة الضوء المرئي . بينما تمتص الاشعة تحت الحمراء القريبة بوساطة بخار الماء وثاني اوكسيد الكربون [14] وكما موضح سابقا بالشكل (1-1). من بين انواع الطيف الشمسي الواصلة الى سطح الارض هي ماياتي:[15,16]

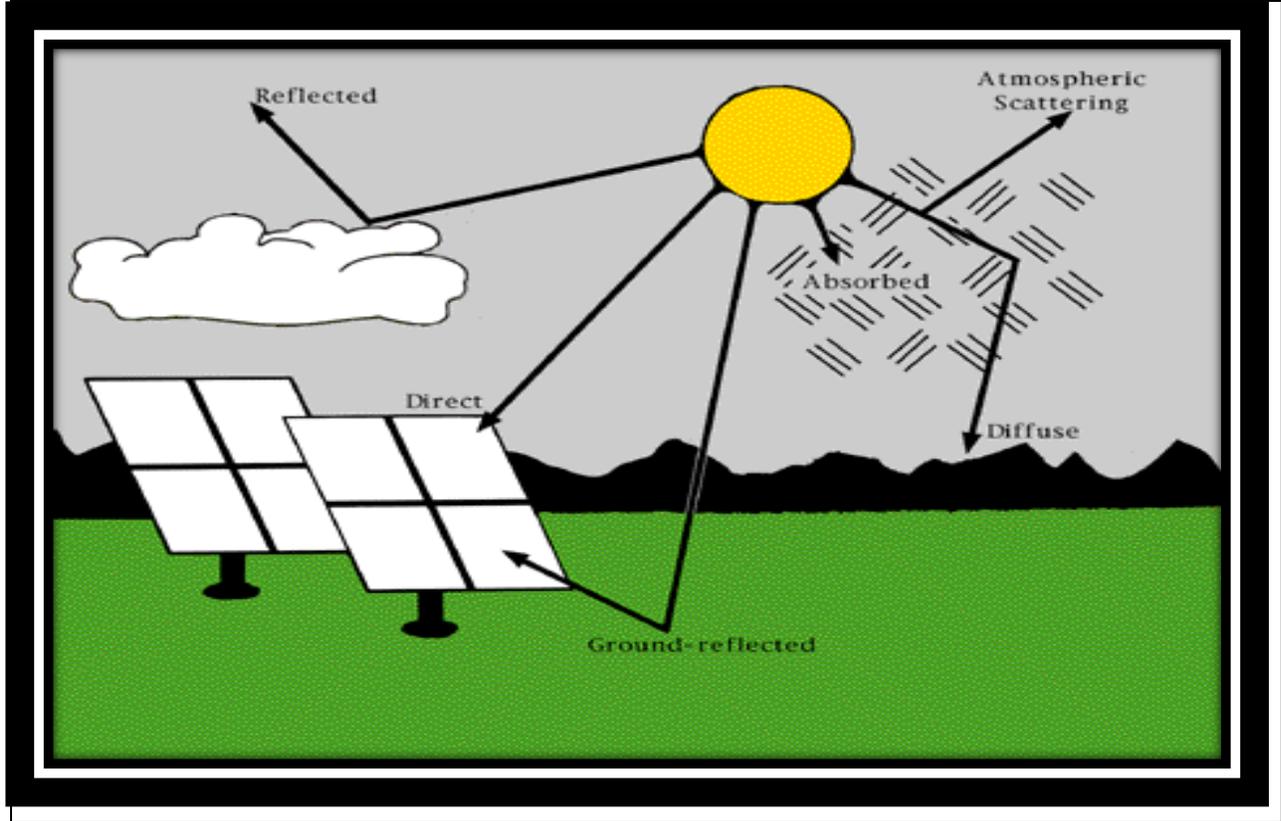
- الاشعة فوق البنفسجية (ultra violet UV) وهي اشعة كهرومغناطيسية تكون نسبتها (13%) من الطيف الشمسي الواصل الى الارض واطوالها الموجية تتراوح بين (280-400nm).
- الضوء المرئي (Visible Light) وتكون نسبتته (37%) من الطيف الشمسي الواصل الى الارض ويتراوح طوله الموجي (400-700nm) .
- الاشعة تحت الحمراء (infrared IR) وتشكل نسبتها(50%) من الطيف الشمسي الواصل الى الارض ويتراوح طولها الموجي (700-1000000 nm).

بينما يتالف الاشعاع الشمسي من ثلاثة انواع بحسب شكل الوصول الى سطح الارض كما في الشكل (1-2)وتتمثل بما ياتي:

أ- الاشعاع المباشر(direct radiation) :هو الاشعاع الذي يصل بشكل مباشر من الشمس الى سطح الارض ، وقد يعرف بانه مركبة الفيض الشمسي الواصلة الى المركزات من دون اي تداخل مع الجسيمات المحيطة ،ويكون كبيرا في الايام الصافية وتقريبا صفرا في الايام الممطرة او المغبرة [17].

ب- الاشعاع المنتشر(diffused radiation):هو الاشعاع المستطار من الفضاء ومن البيئة المحيطة ،او هو مركبة الفيض الشمسي المنتشرة بسبب العوالق الجوية والغازات والأتربة وبخار الماء الموجود في الجو ويكون اقل من الاشعاع المباشر ،وتكون كميته في الايام الصافية (20%-10%) وفي الأيام الغائمة (100%) [18].

ت- الاشعاع المنعكس (Albedo radiation):وهو اشعاع اضافي ينعكس من البيئة المحيطة (الارض او البحر) معتمدا على الموضع.ويكون مختلفا من سطح الى آخر بحسب نوعية السطح ومعامل كل سطح [19,20].



الشكل (2-1) انواع الاشعاع الشمسي الواصل الى سطح الارض [21].

5.1 المركزات الشمسية Solar Concentrators

ان انظمة الطاقة الشمسية المركزة تستخدم المرايا او العدسات لتركيز مساحة كبيرة من ضوء الشمس على مساحة صغيرة ، وبذلك تقلل المساحة الفعالة وكذلك تزيد من كفاءة النظام. ان المركز الشمسي تم تصميمه لتجميع الحرارة عن طريق امتصاص اشعة الشمس. والجدير بالذكر ان المجمع هو جهاز يستخدم لتحويل الطاقة الموجودة في اشعة الشمس او الاشعاع الشمسي الى صورة اكثر قابلية للاستخدام والتخزين ، وان هذه الطاقة تكون على هيئة اشعة كهرومغناطيسية تتراوح اطوالها الموجية بين الاشعة تحت الحمراء الى الاشعة فوق البنفسجية.

ويشير مصطلح المركز الشمسي إلى تركيبات اكثر تعقيدا مثل جهاز مكافئ الطاقة الشمسية ، واحواض الطاقة الشمسية، وابرار الطاقة الشمسية، او إلى تركيبات اقل تعقيداً مثل التدفئة الشمسية للهواء. وتستخدم محطات الطاقة الشمسية عادة المركزات الاكثر تعقيداً لتوليد الكهرباء عن طريق تسخين

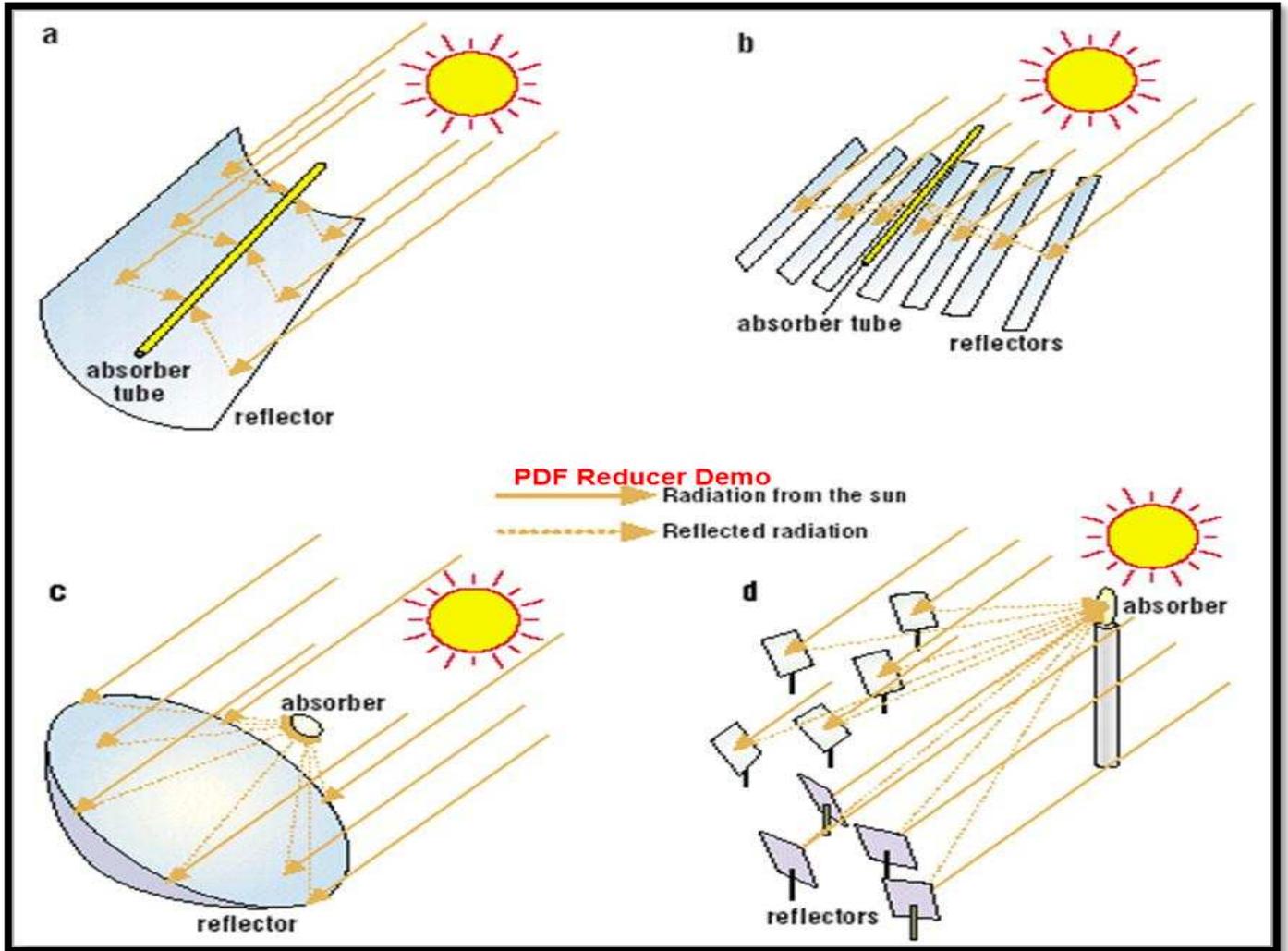
الماء لانتاج البخار والذي يحرك التوربين المتصل بمولد كهربائي. وعادة ما تستخدم المجمعات في المباني السكنية والتجارية للتدفئة الاضافية معتمدة على اشعة الشمس [22]. تقسم المركبات الشمسية الى نوعين اثنين هما المركبات الحرارية والمركبات الكهروضوئية .

1.5.1 المركبات الشمسية الحرارية Thermal Solar Concentrators

تقوم بتحويل الطاقة الشمسية الى طاقة حرارية باستغلال الاشعة الحرارية الواصلة من الشمس مباشرة ، وهي على انواع [23] :

- أ- مركبات قليلة الحرارة :تستخدم للحصول على حرارة واطئة قريبة من حرارة جسم الانسان وتستخدم ايضا في احواض السباحة والتهوية والتدفئة .
- ب- مركبات متوسطة الحرارة :تستخدم لتسخين المياه (المسخنات الشمسية) ،لتجفيف الاسماك والفواكه والحبوب وتجفيف الخشب وفي الطبخ والتقطير والحصول على الوقود والفحم .تصل درجات الحرارة فيها الى (250 ° C) .
- ت- مركبات عالية الحرارة :تستخدم في تبخير المياه وتشغيل المراحل البخارية في المحطات الحرارية وتستخدم فيها العدسات والمرايا المحدبة للحصول على درجات حرارة عالية تزيد عن (1000 ° C).

وهناك تصاميم مثل، تصميم القطع المكافئ (Parabolic dish) ، واستخدام سطوح مرآيا لعكس الاشعة الشمسية على شكل شبه كروي (Parabolic trough) ، وابراج الطاقة (Tower Energy)، وعاكسات فريزل (Fresnel reflectors)،وكما موضحة بالشكل(3-1) :



الشكل (1-3): بعض المراكز الشمسية الحرارية (a. Parabolic Trough b. Fresnel reflectors c. Tower Energy d. Parabolic Dish) [24].

2.5.1 المراكز الشمسية الكهروضوئية Photovoltaic Solar Concentrators

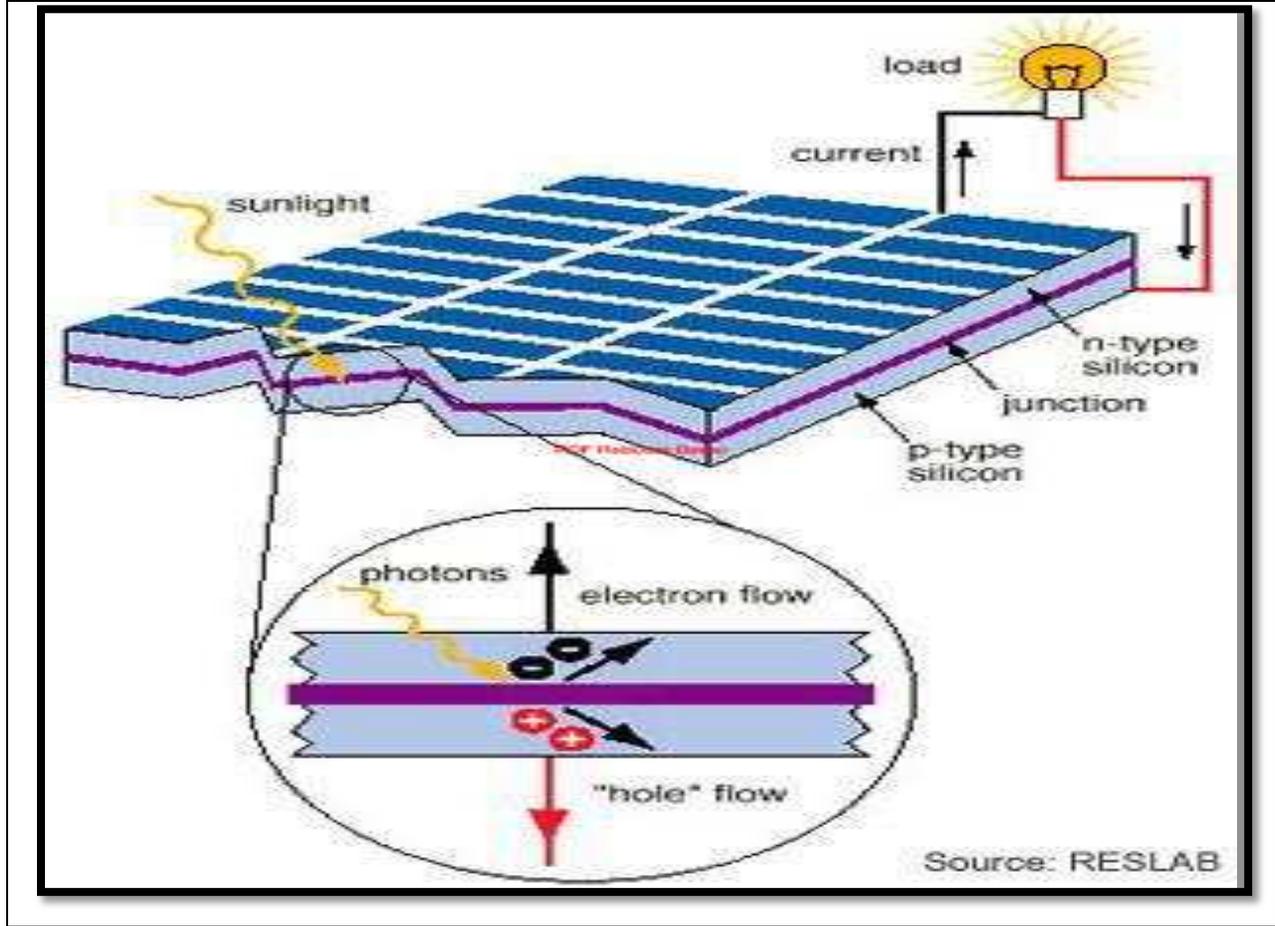
هي انظمة تستخدم نباتات بصرية مع تقنيات مناسبة ورخيصة لتقوم بتحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية عن طريق تركيز كمية كبيرة من ضوء الشمس على جزء صغير بواسطة عدسات او مرايا مستوية او تقوسات، ويمكن ان تصنف المراكز الشمسية الكهروضوئية الى:

أ- مراكز بصرية صورية: والتي تعني ان الصورة سوف تتشكل عند سطح المستلم .

ب- مركزات بصرية غير صورية : والتي تعني ان السطح المستلم للاشعة المركزة غير معني بتشكيل الصورة [25].

1.2.5.1 الخلايا الشمسية Solar Cells

تقوم المركزات بتحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية التي هي (عبارة عن وصلة pn تكون فيها طبقة n رقيقة وبتسليط الضوء عليها تتولد فولتية بين طرفيها وتيار في الحمل الخارجي)، وهي نبيطة تعمل بالظاهرة الكهروضوئية [26]. اذ تعمل على مدار مدة النهار بنسب متفاوتة من انتاج الطاقة بحسب زاوية ميل الشمس وحسب الظروف المناخية [27]. تستخدم التجمعات من الخلايا الشمسية (وحدات الطاقة الشمسية) لانتاج كميات طاقة كهربائية مناسبة لكون الخلية الواحدة تعطي طاقة محدودة، وعندما يتم تجميع وحدات متعددة معاً يحدث تركيب هذه الخلايا الضوئية لتكون كوحدة واحدة حيث يتم توجيهها على سطح واحد وتسمى بلوح الطاقة الشمسية (solar panel). [28]، كما في الشكل (4-1):



الشكل (4-1) الواح الخلايا الشمسية وتوليد المجال الكهربائي عبر الوصلة pn [29].

ان مجال الخلايا الكهروضوئية هو مجال التكنولوجيا والبحوث المتعلقة بالتطبيق العملي في انتاج الكهرباء من الضوء، لكن وعلى الرغم من ذلك غالبا ما يستعمل على وجه التحديد بالاشارة الى توليد الكهرباء من ضوء الشمس. توصف الخلايا بالخلايا الضوئية وان لم يكن مصدر الضوء هو الشمس ومثال ذلك (ضوء المصباح، والضوء الاصطناعي، وغيرها). وتستخدم الخلايا الكهروضوئية للكشف عن ضوء او غيره من الاشعاع الكهرومغناطيسي بالقرب من مجموعة ضوئية مرئية، كالكشف عن الاشعة تحت الحمراء، او قياس شدة الضوء [30].

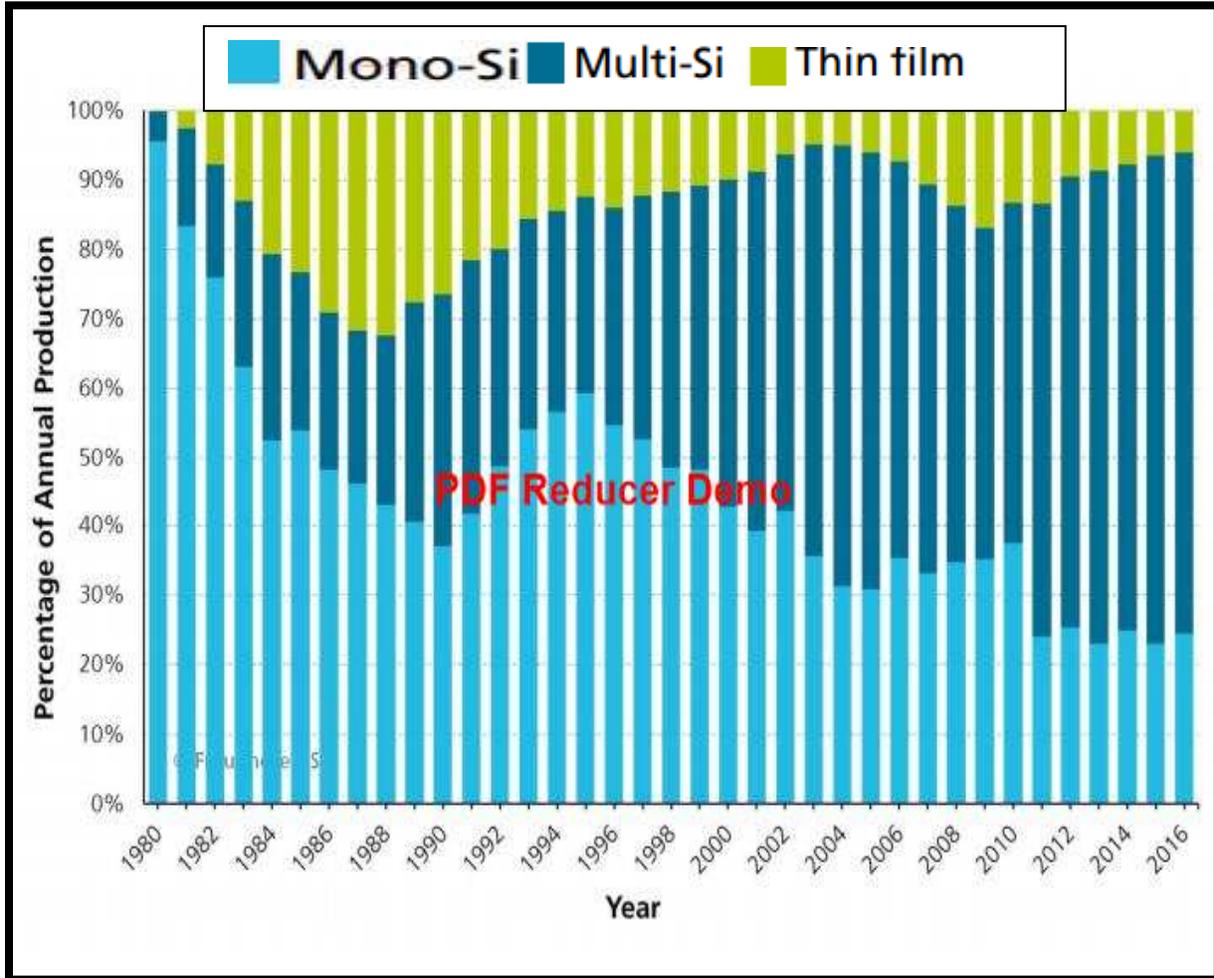
ان من اهم انواع الخلايا الشمسية [31] هي :

A. خلايا سيليكونية (Monocrystalline ,Microcrystalline ,Polycrystalline) تستخدم للحصول على كفاءة تحويل (18%-29%) ، وهي متوافرة بكثرة وتمتلك مقاومة للحرارة عالية

وتتطلب مساحة قليلة وتكون غالية الثمن ، لان الكمية العالية من السيليكون يتطلب كمية عالية من الطاقة للانتاج .

B. خلايا الاغشية الرقيقة (Thin film solar cell) ومنها (Cadmium sulfide , cadmium telluride and copper indium selenide) للحصول على كفاءة تحويل (12%-18%) وهي رخيصة الثمن وسهلة الصنع ،وهي تتكون من طبقة او اكثر من الاغشية الرقيقة على ارضية تعتمد تقنياتها على نوع المادة المستخدمة للارضية .

C. خلايا متعددة الوصلة (Multiple junction solar cell) :وهي عادة ما تصنع من مادة زرنيخيد الكالسيوم (GaAs) للحصول على كفاءة تحويل (30%-42%) وهي غالية الثمن وصعبة التصنيع .
والشكل (5-1) يبين تطور استخدام الخلايا الشمسية :



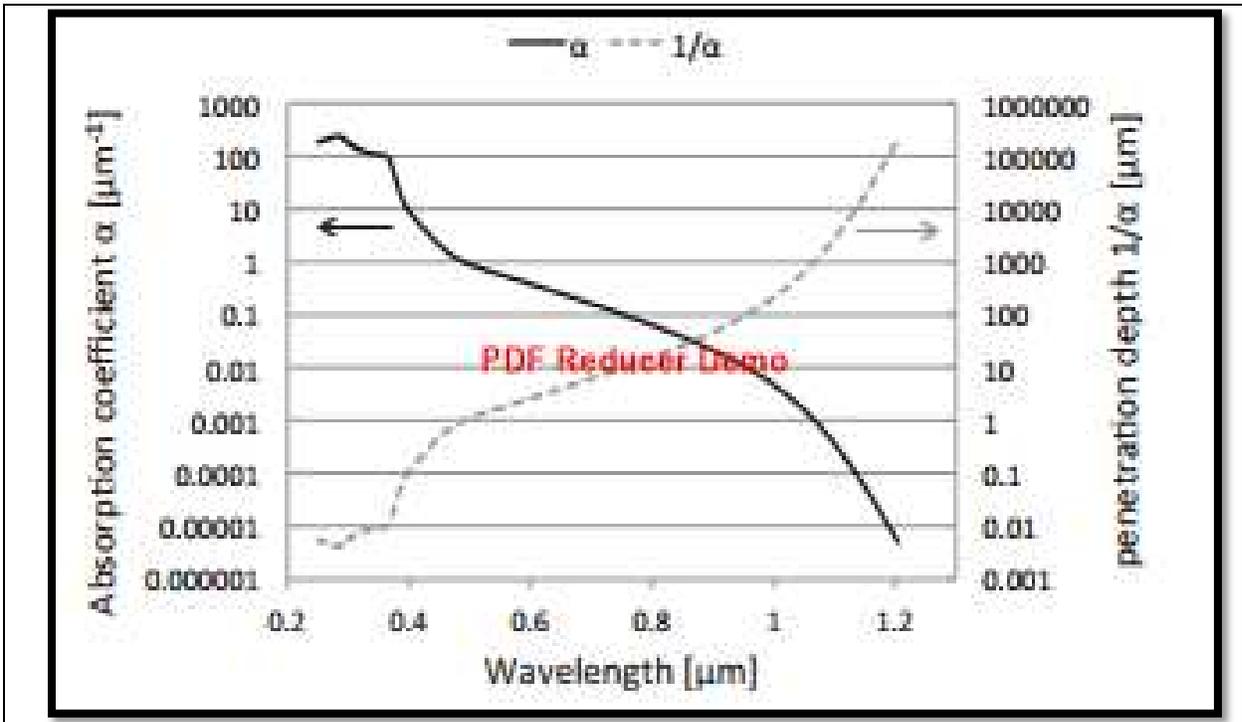
الشكل (5-1) تطور استخدام الخلايا الشمسية من عام (1980-2016) [32] .

6.1 أحتجاز الاشعة الشمسية Trapping of Solar Radiation

ان مادة السليكون (Si) لها العديد من الخصائص التي تجعلها مفضلة لصناعة الخلايا الشمسية ، واهمها فجوة الطاقة للسليكون التي تكون متوافقة مع الطاقة الشمسية الواصلة الى الارض ، وكذلك السليكون يكون شفافا للاشعة تحت الحمراء (نفاذية عالية) [33]. بينما يكون الامتصاص في اوجه عند الاشعة فوق البنفسجية ويقل عند الاشعة تحت الحمراء (يكون معامل الامتصاص α وعمق الاختراق $1/\alpha$). وكما موضح في الشكل (6-1).

يكون الضوء غير الممتص من قبل الخلية الشمسية اما مفقودا عن طريق الانعكاس من الجانب الامامي واما ممتصا من قبل المادة الفعالة غير الضوئية للخلايا الشمسية مثل العاكس الخلفي .

ان هدف أحتجاز الضوء (Light Trapping) هو جعل طول مسار الضوء داخل المادة الفعالة اكبر ما يمكن عند امتصاص الضوء بواسطة الخلية الشمسية ، وهذا يتحقق عن طريق الكثير من الطرائق منها تغيير معالم سطح او قعر الخلية الشمسية باستخدام اخاديد او ثقوب التي تسهم في جعل طول مسار الاشعة اطول داخل الخلية ، لذا فان فرصة امتصاص الفوتونات تكون بداخله اكبر فتزداد الكفاءة .



الشكل (6-1) معامل الامتصاص وعمق الاختراق للسليكون [34] .

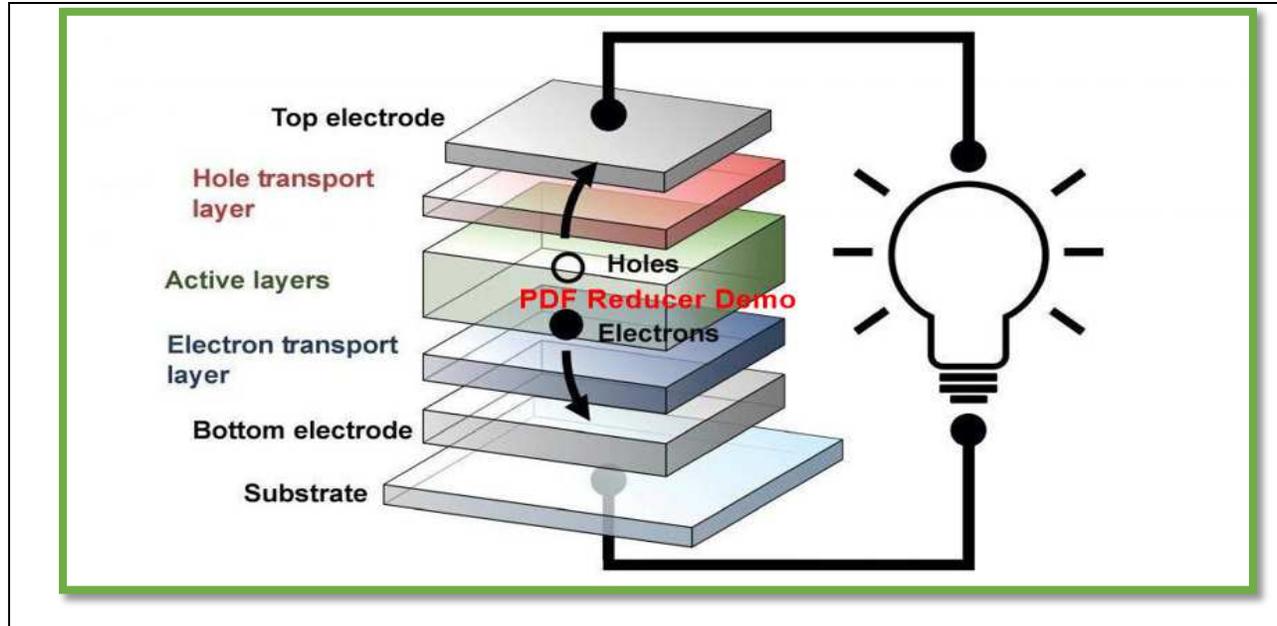
ان السيليكون هو شبه موصل ذو فجوة طاقة غير مباشرة ،يكون امتصاص الفوتون قرب حافة الحزمة يتطلب تولد تلقائي او فناء واحد او عدة فوتونات ،لذلك فان هذا سيقلل احتمالية الامتصاص مما يجعل السيليكون ماصا ضعيفا مقارنة بـماص ذي فجوة طاقة مباشرة وعادة ماتكون خلايا شمسية من نوع الاغشية الرقيقة . تصنع الخلايا الشمسية السيليكونية بسلك (160-200 μm) ،و يفقد من مادة السيليكون على الاقل (100 μm) بعملية نثر كتلة الرقاقة وتسمى بخسارة كيرف (kerf loss) [35] ،وان اعظم كفاءة للخلية الشمسية نظريا تتحقق عند سلك (80 μm) مع شدة استضاءة واحتجاز الاشعة وعندما يكون طلاء السطوح صفرا ،ولكن تبقى كفاءة التحويل (20%) نزولا الى سلك (1 μm) [36]. ان اغلب الخلايا الشمسية تبقى تعمل على الدوام على الاقل (25) سنة ،ولكي يتحقق ذلك يجب ان تكون مغلقة بزجاج لحماية الجزء الامامي من وحدة الخلية ،وان الزجاج عادة ما يكون نافذ بصريا ليقترن مع الخلية الشمسية مكونة مادة مصفحة تكون ذات معامل انكسار مشابه للزجاج .يكون الانتقال بمعامل انكسار من السيليكون الى الزجاج هو اقل من انتقاله من السيليكون الى الهواء [37] .

1.6.1 طرائق احتجاز الاشعة الشمسية Solar Radiation Trapping Methods

تختلف اساليب احتجاز الاشعة الشمسية وطرائق التصميم بحسب نوع المنظومة البصرية ،و لكن بالنتيجة تؤدي الى الغرض نفسه وهو زيادة قدرة الامتصاص الضوئي للخلية الشمسية عن طريق تقليل انعكاس وتشتت الضوء لذلك ستحدث زيادة بكفاءة الخلية الشمسية . وفيما يلي استعراض لاهم الطرائق المستعملة لأسر الاشعة الشمسية :

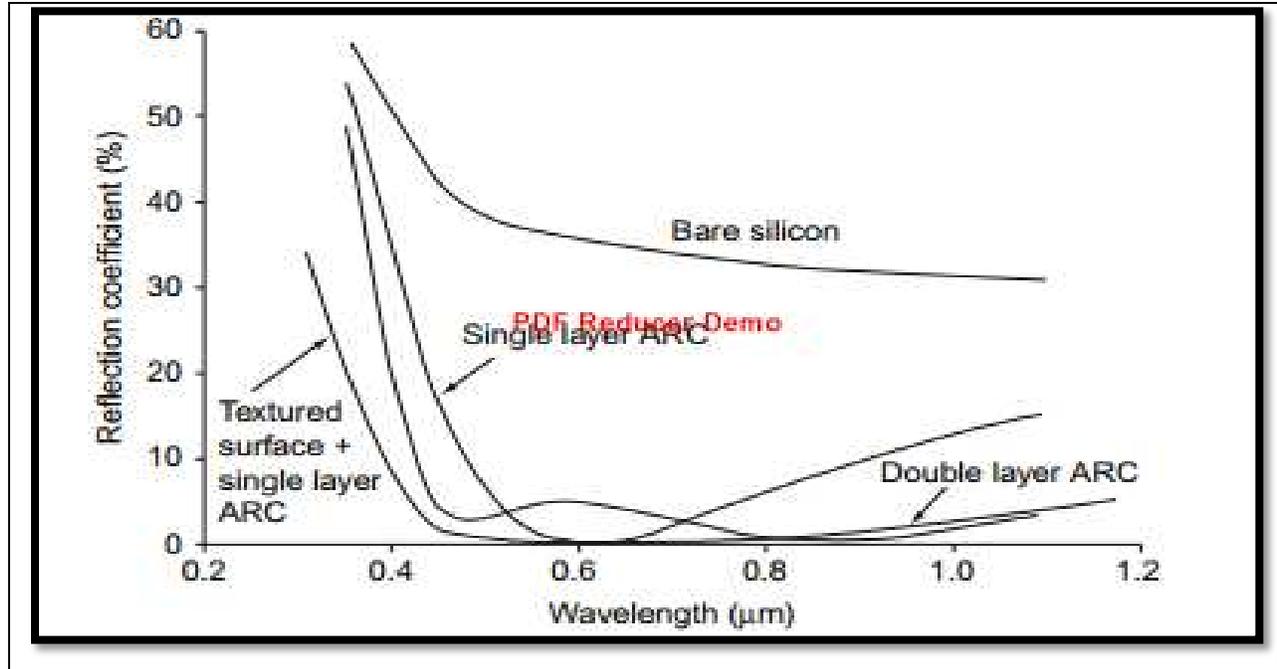
أ- تصميم يتالف من عدة طبقات فعالة للسطح العلوي للخلية تستخدم لتقليل الانعكاس من السطح الامامي [38,39] .وتستخدم فيها بوليمرات مذابة بمحلول عضوي كطرائق طلاء او كاغطية للارضية ،وذلك باضافة طبقات فوق الطبقة الفعالة تسمى بالطبقة الفعالة المركزية (central active layer) ،لأنها تقوم بامتصاص الضوء ، والتي تقوم ايضا بتحويل طاقة الفوتونات الساقطة الى زوج الكترون- فجوة . هناك شحنات انتقائية (selective charge) تعبر الطبقة الموجودة على جانبي الطبقة الفعالة وهي طبقة انتقال الاكترونات (electrons transport layer) او طبقة انتقال الفجوات (holes transport layer) ،ومن ثم الى الاقطاب الكهربائية (Electrodes) ،لانتراع الشحنات من الخلية الشمسية (على الاقل يجب ان يكون هناك واحد من

الاقطاب له الشفافية المطلوبة ليستطيع الضوء المرور خلالها والوصول الى الطبقة الفعالة [40] كما موضح في الشكل (7-1).



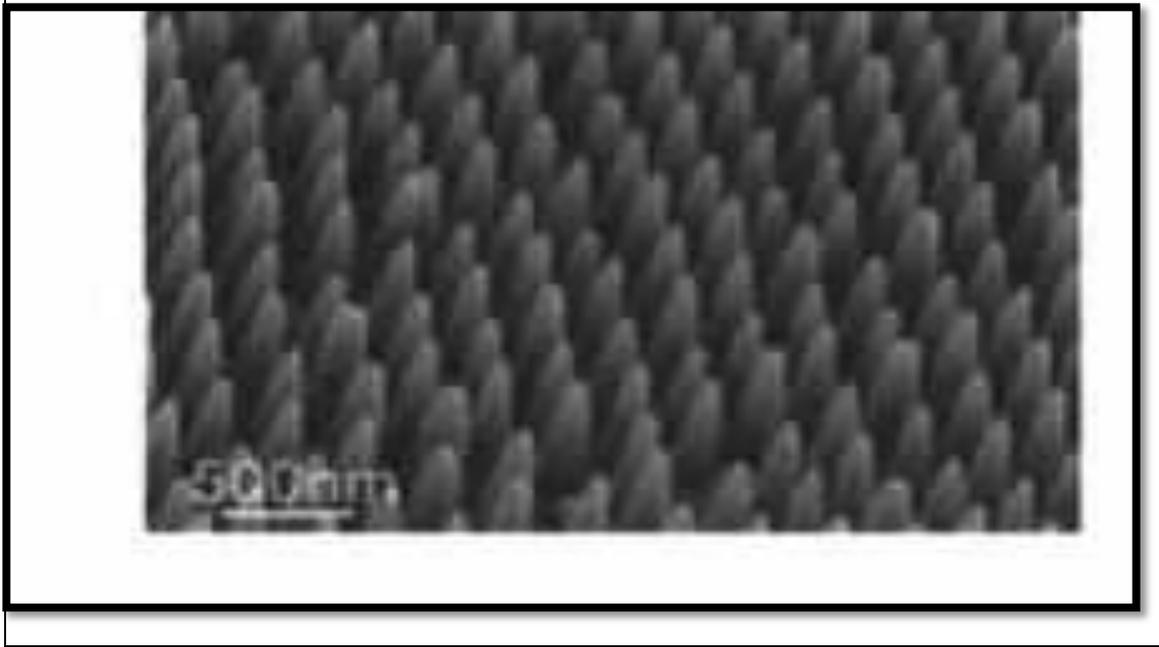
الشكل(7-1) الطبقات الفعالة للخلية الشمسية [40] .

الشكل(8-1) يوضح تأثير معامل الانعكاس من السطح الصقيل الخالي من السيليكون (Bare Silicon) والسطح الصقيل السيليكوني المغطى بطبقة واحدة (Single layer ARC) او طبقتين من الاغطية (Double layer ARC) او بعدة طبقات للسطح المركب ضد الانعكاس (Textured Surface) [38,39] .



الشكل (8-1) معامل الانعكاس لبعض الاسطح بالنسبة للطول الموجي [38].

ب- مصفوفة مخاريط او اهرامات : والتي تمثل اغطية تمنع الانعكاس من سطح الخلية وطريقة لزيادة الانعكاسات الداخلية ، ان آلية الانعكاس المضاد (Anti-reflection) تكون ناتجة عن تغير تدريجي بمعامل الانكسار ما بين الهواء والخلية ، وان الامتصاص سيكون جيدا لزيادة كفاءة قدرة التحويل للخلية الشمسية ، وتختلف احجام هذه المخاريط بحسب نوع النظام وحجمه لتصل الى ابعاد نانوية ، كما في الشكل (9-1).



الشكل (9-1) امتصاص الضوء في القنب النانوية او المخاريط النانوية [41].

ت- محرز الحيود: ان استخدام محرز حيود على الجهة الخلفية للخلية الشمسية يسهم في احتجاز الاشعة الشمسية وعند تصميم هذا التركيب يتطلب المعالجة بدرجات حرارية عالية وتداخل ليثوغرافي (Interference Lithography)، حيث يتم تصنيع هذا التركيب باستخدام تجميع ذاتي (Self-Assembled) لأوكسيد الالمنيوم المثقب لأسر الضوء داخل الخلايا الشمسية. وبما ان معامل الانكسار القليل لأوكسيد الالمنيوم ($n=1.7$) فانه سيققل تأثير الحيود.

ان الانحلال الكهربائي (Electrolyte)، يستعمل في عملية طلاء أوكسيد الالمنيوم لتحقيق افضل حيز للاشعة في الخلايا الشمسية، حيث يجعل الجزء الخلفي للتصميم محتويا على معامل انكسار كبير مغاير لمحزر الحيود، لكي يزيد طول المسار البصري وامتصاص الفوتونات، وبذلك تتم زيادة حيز الاشعة وتحسين كفاءة الخلايا الشمسية [42].

ث- هناك منظومة عدسات دقيقة مع ثقب او حوز اسفل العدسات، حيث تعمل تلك الحوز على احتجاز الاشعة المركزة من قبل العدسات وحجزها داخل الخلية الشمسية لتواجه الاشعة مرآيا على جهتيها وتعكسها عدة انعكاسات داخل الخلية من دون السماح لها بالهروب خارج المنظومة، وان

هذه التقنية تسهم في زيادة طول المسار البصري للفوتونات داخل الخلية لتتم زيادة فرصة امتصاصها [43]. وفي هذه الرسالة تم استخدام هذه الطريقة لاحتجاز الضوء.

7.1 صفوف العدسات الدقيقة Micro Lenses Array

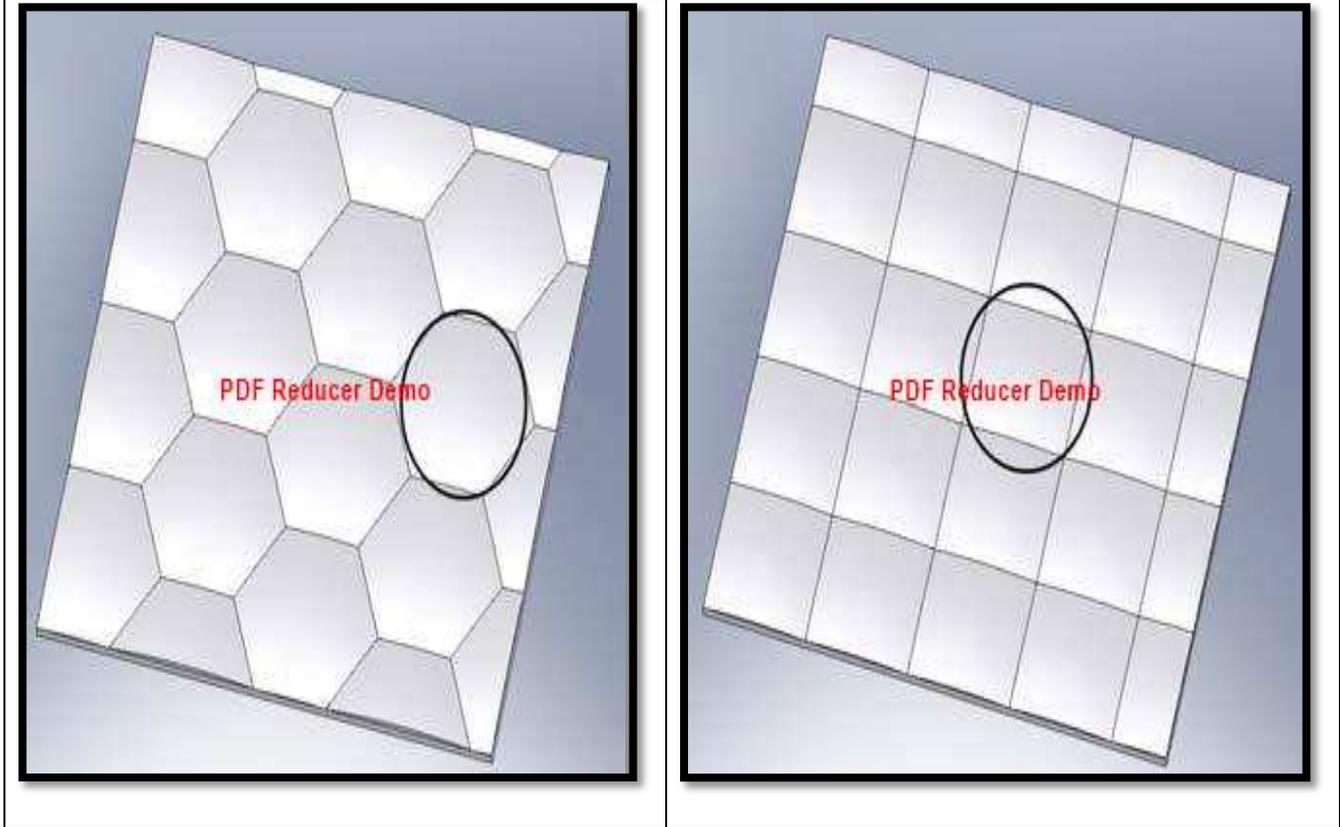
العدسات الدقيقة هي عدسات ذات نصف قطر ضمن المدى (10 μ m-2mm) وانها تكسر الاشعة الداخلة لها طبقا لقانون سنيل، وتصنع من منصهر السيليكا او البايروكس او السيليكون باستخدام تقنية الليثوغرافيا الضوئية (photo lithography). [44]

تستعمل العدسات الدقيقة لموازاة الضوء وتركيزه وتصويره، كمثال (تصور العدسات الدقيقة الضوء من حزمة الالياف البصرية احادية النمط في نبيطة تحويل بصرية وترجع بحزمة ليف آخر).

ان نوعية الزجاج الخاص بالعدسة والتشكيل النادر للعدسات باصطفافها معا يؤكد افضل كفاءة ازدواج لكل القنوات البصرية المتوازية، وان اختيار افضل معاملات لمصفوفة العدسات الدقيقة يعتمد وبشكل كبير على التصميم الفعلي ومتطلبات النظام البصري [45].

كما ان شكل العدسات الدقيقة ونسبة الملى (هو نسبة مساحة العدسة الواحدة الى المساحة الكلية) تعد واحدة من العوامل المؤثرة على كفاءة النظام البصري، ولتجميع اكبر كمية من الضوء، لذا فان مساحة العدسة يجب ان تكون مغطية تقريبا 100% من المساحة الكلية. وان نسبة الملى تتاثر بهندسة قدرة التكبير وتصميم العدسة [46].

ان افضل نسبة ملى تكون لصفوف العدسات الرباعية والسداسية حيث تكون (100%)، كما موضح في الشكل (10-1):



الشكل (10-1) صفوف العدسات الدقيقة ، (اليمين) مربعة، (اليسار) سداسية [47].

1.7.1 المواد المستخدمة في صناعة العدسات Lenses Materials

ان من المواد المستخدمة في صناعة العدسات هي الزجاج والبلاستيك البصري والتي لها خصائص بصرية تجعلها مفضلة في صناعة العدسات ، وان من اهم هذه الصفات هو نفاذيتها الضوئية العالية لمدى الاطوال الموجية المرئية وتحت الحمراء والذي يسهم في نفاذ اغلب الاشعاع الشمسي الواصل الى النظام البصري ،ومن اهم الاختلافات بين الزجاج والبلاستيك التي من الممكن ان تندرج في النقاط الاتية : [48,49,50]

- أ- ان عمليات صنع الزجاج تكون مختلفة عن البلاستيك البصري، فعدسات الزجاج تصنع بواسطة عمليات (طحن وصل) ،بينما تصنع عدسات البلاستيك بواسطة عمليات (حقن وصب) .
- ب- ان عمليات التصنيع تجعل البلاستيك البصري يتميز بقدرة انتاج حجوم فائقة مع تكاليف صناعة قليلة . للزجاج يمكن ان يتحقق انتاج حجوم معتدلة ،ولكن مع تكاليف اكثر بسبب عمليات الطحن والصل مع استهلاك الوقت والعمل المكثف .

- ت- عمليات الطحن والصفل للزجاج تجعل من الصعوبة انتاج سطوح كروية او مستوية، وهي غير اقتصادية ايضا . ولكنها ممكنة وسهلة للمواد البلاستيكية .
- ث- العديد من التصاميم الفريدة لايمكن ان تتحقق للزجاج مثل مصفوفة العدسات وعدسات فريسنل المفيدة لمدى الضوء المنتشت وتطبيقات التجميع.
- ج- المواد البلاستيكية خفيفة الوزن ومقاومة للتكسر اكثر من الزجاج وهي ميزة مهمة جدا.
- ح- ان التطبيقات البصرية للمركبات الفريدة يجب ان توضع مع الزجاج بتراكيب النظام منها اجهزة تركيب ميكانيكية منفصلة، اما البلاستيك فله ميزات حركية ومتزايدة مع المكون البصري وهذا سيقلل تكاليف النظام الكلي .
- خ- يصنع البلاستيك بنوعية ثابتة جدا بحيث كل العدسات تشتق من فجوة القالب نفسه.
- د- ان المعوقات الرئيسية للبلاستيك تجعل منه مادة ليست افضل من الزجاج في موضوع البحث هذا ،وخصوصا انها مادة متحسسة اكثر لتغيرات البيئة مثل درجة الحرارة والرطوبة وهذا لن يفيدنا، لان الخلية الشمسية تكون دائما معرضة للتغيرات البيئية والعوامل الجوية .

8.1 زجاج نوع N-BK7

زجاج البوروسيليكات (Borosilicate glass) (N-BK7) هو نوع من انواع الزجاج يتميز بخواص متعددة منها المتانة الكيميائية، المقاومة النوعية الكهربائية العالية كما ان له نفاذية طيفية جيدة في منطقة الطيف المرئي والاشعة تحت الحمراء.

يتميز زجاج البوروسيليكات بان له معامل تمدد حراري منخفض ،مما يجعله مقاوما للصدمات الحرارية، ليكون مناسباً لصناعة مواد تستخدم في الصناعات الكيماوية مثل المعدات المخبرية وصنع زجاجيات المختبر ،امبولات ،وحاويات الادوية [51].

ان تركيب زجاج البوروسيليكات يتكون عادة من المواد الآتية [52] :

- 80.6% من ثنائي اوكسيد السيليكون (SiO_2) .
- 12.6% من اوكسيد البورون (B_2O_3) .
- 4.2% من اوكسيد الصوديوم (Na_2O) .
- 2.25% من اوكسيد الالومنيوم (Al_2O_3) .
- 0.10% من اوكسيد الكالسيوم (CaO) .

- 0.05% من اوكسيد المغنيسيوم (MgO) .
- 0.04% من اوكسيد الحديد الثلاثي (Fe₂O₃) .

تأتي تسمية زجاج البوروسيليكات من المكونات الغالبة في التركيب وهي السيليكون والبورون.

ان الخصائص الميكانيكية والبصرية والكيميائية للانواع المختلفة من زجاج البوروسيليكات تشبه

بعضها البعض؛ فعلى سبيل المثال، يظهر في الجدول (1-1) خصائص هذا النوع من الزجاج :

الجدول (1-1) يبين الخصائص الميكانيكية والبصرية والكيميائية للزجاج [51,52]N-BK7 .

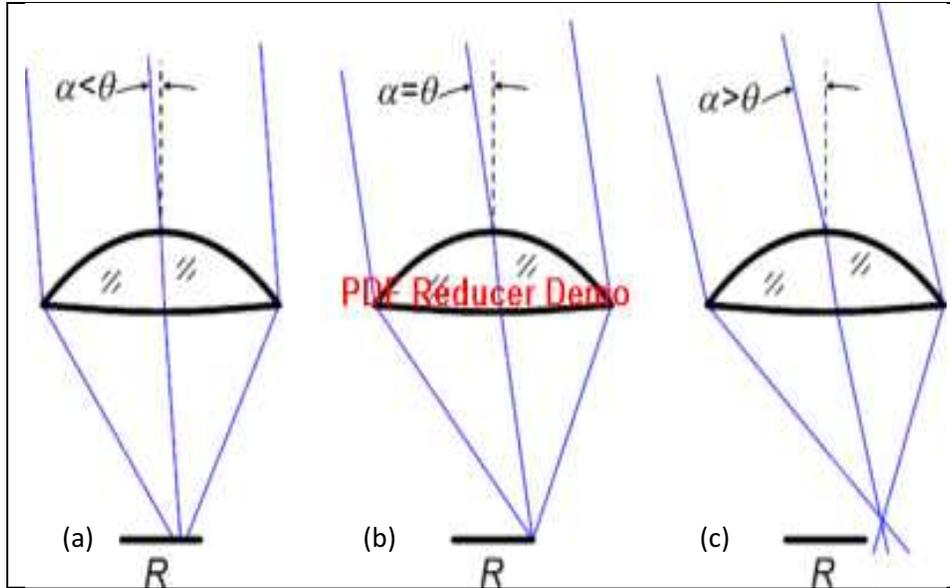
معامل الانكسار	1.473
معامل بويسون	0.22
الكثافة	2.23 g/cm ³
درجة حرارة التحول	565 C°
معامل التمدد الحراري	3.3 *10 ⁻⁶ K ⁻¹
معامل المرونة	64 N.mm ²
نقطة التلدين	560 C°
الصلابة	(488-512) Kg mm ⁻²

9.1 زاوية القبول Acceptance Angle

هي زاوية سقوط الاشعة على النظام البصري بحيث تدخل اليه نسبة (90%) تقريبا من الاشعة ،و تعتمد هذه الزاوية على مقدار تكور العدسات المركزة للاشعاع ومعامل انكسار مادة العدسة كذلك تعتمد على قطر فتحة الادخال للنظام (كما في نظام الالياف البصرية) [53] .

يفضل في الانظمة البصرية غير الصورية (المركزات الشمسية) استخدام زاوية قبول كبيرة نسبيا حتى يقل تاثير تغير زاوية سقوط الاشعة الشمسية على مدار النهار ، فتكون زاوية ميلان الشمس مقبولة حتى مع انحراف قرص الشمس عن الزوال لكون المنظومة تبقى بكفاءة تركيز مقبولة بغض النظر عن مقدار ميلان الشمس.

ان فكرة عمل زاوية القبول ممكن ان توضح من خلال الشكل (11-1). فالمركز هنا عبارة عن عدسة مع مستقبل (R).



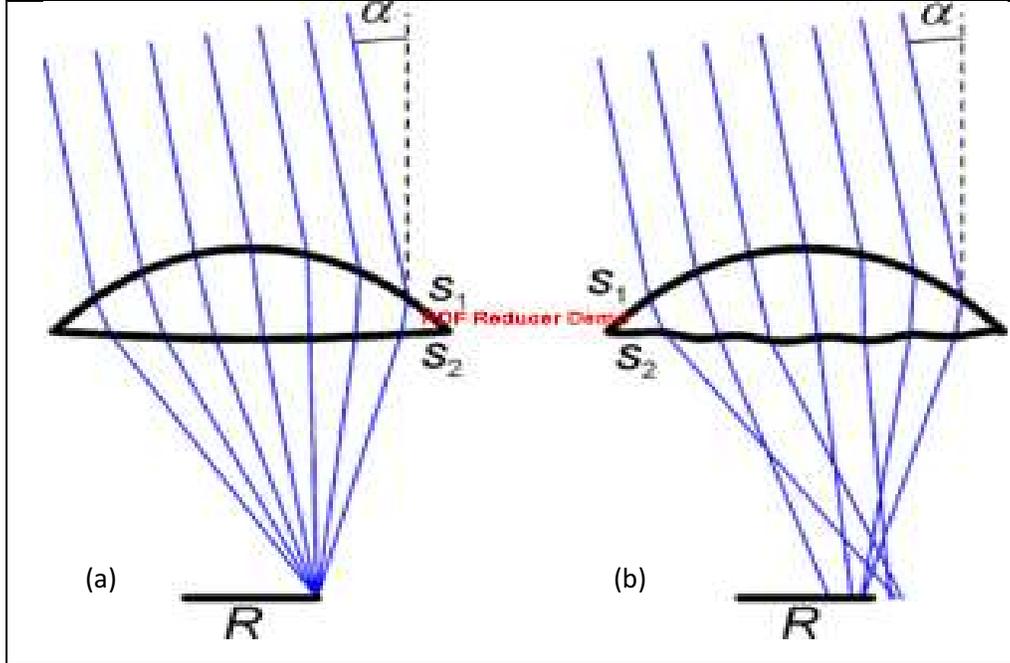
الشكل (11-1) زاوية القبول [54] .

الجزء (a) من الشكل (11-1) يوضح مجموعة اشعة داخلية متوازية على المركز وبزاوية α اصغر من θ مع المحور البصري. فاذا كانت كل الاشعة تنتهي فوق سطح المستقبل فان كل الاشعة تؤسر .

الجزء (b) يوضح مجموعة من الاشعة المتوازية الداخلة على المركز وبزاوية $\alpha = \theta$ مع المحور البصري (للمركزات المثالية فسوف تستلم جميع الاشعة الساقطة) .

اما الجزء (c) فيبين مجموعة من الاشعة المتوازية الداخلة على المركز وبزاوية α اكبر من θ مع المحور البصري وبالنتيجة فان كل الاشعة ستبتعد عن المستقبل وبذلك فان كل الضوء سيخرج من المنظومة (المستلم).

ان استخدام انظمة بصرية ذات زاوية قبول كبيرة نسبيا تلغي الحاجة الى نظام تعقب الشمس المكلف صناعيا ، فتكون زاوية القبول للمركزات هي مقياس لكيفية ضبط دقة تتبع الشمس في السماء اي (اصغر زاوية قبول اكثر دقة تتبع والعكس صحيح) ، وان استخدام نظام بصري ذي مركز شمسي جيد يزيد من قيمة زاوية القبول ، كما موضح في الشكل (12-1).



الشكل (12-1) تأثير نوع المركز الشمسي على زاوية القبول [54]

يوضح الجزء (a) من الشكل (12-1) صناعة عدسة جيدة مع سطوح عاكسة (S_1, S_2) الذي يقتصر كل الاشعة الداخلة وبزاوية α مع المحور البصري ، واما الجزء (b) فيبين عدسة لها سطح سفلي غير صقيل (متموج) ، لذلك فان بعض الاشعة سوف تضيع (تسقط خارج المستلم) وهذا سيقلل سقوط الاشعة داخل النظام البصري لزاوية دخول α لذلك ستقل زاوية القبول .

10.1 الدراسات السابقة Literature Review

ان موضوع تصميم وصناعة الانظمة البصرية والمركزات الشمسية وملحقاتها من انظمة تتبع واحتجاز للاشعة الشمسية احتل موقعا مهما ونال استحسان اهتمام العلماء والباحثين ،لما له من اثر في تطوير انتاج الطاقة الشمسية وحاجة العالم الى الطاقة النظيفة والبديلة عن الوقود الاحفوري .

قام باحثون في مركز ابحاث الطاقة الشمسية العراقي في عام 1990 بدراسة تأثير درجة الحرارة وشدة الاشعاع الشمسي في الألواح السيليكونية وتحسين قدرة الاخراج للمنظومة بواسطة الماء الذي يسري في الانابيب بشكل دائري حول المنظومة الشمسية وتركيز الطيف الشمسي على الألواح الشمسية لتحسين قدرة الاخراج للمنظومة باستخدام مواد مفلورة مذابة في الكحول [55] .

قام W. D. Childs في عام 1999 بدراسة المراكز الشمسية وكفاءتها ،حيث توصل الى ان كفاءة مراكز المرايا 14% والمراكز الصحنية 25% ،اما المراكز الحوضية فتكون كفاءتها 17% [56] .

درست الباحثة (Maruyana) في عام 2000 مع مجموعة من الباحثين بدراسة كيفية حماية الخلية الشمسية بوساطة صفائح مفلورة ملونة بدلا من الزجاج وتأثير التلويين على كفاءة الخلية فكان التلويين باللون الاخضر يؤدي الى زيادة في الكفاءة بنسبة 2.7% واستنتجت ان التلويين باللون الوردي والاحمر يؤدي الى نقصان الكفاءة بنسبة 1.5% و 5.5% على التوالي وتم تفسير ذلك حسب نموذج الامتصاص واعادة الانبعاث للضوء من الصفائح المفلورة وكذلك من الانعكاس في تصميم الخلية الشمسية [57] .

قام الباحثون Rafael Osuna & Antonio Esteban Geure and Paul Nava في عام 2000 بدراسة نظرية وعملية لمجمع شمسي مقعر ذي قطع مكافئ وتطويره وتقليل تكلفته من خلال تطوير جيل من مراكز الطاقة الشمسية وتصميم نموذجين من المراكز للاستفادة منها في توليد البخار اللازم لتوليد الطاقة الكهربائية [58] .

قام الباحثان Ozlem Duyarand and Hussein Z . Durusoy في عام 2004 بدراسة النفاذية والانعكاسية البصرية بصيغة مصفوفة للطبقات المضادة للانعكاس وقد لوحظ ان عدد الطبقات تؤثر على الاداء البصري وان الطبقة المضادة للانعكاس تنفذ حوالي 99.89% عند الطول الموجي (450nm) [59] .

قام R. Shyu et al في عام 2006 بصنع مراكز شمسية باستخدام منظومة عدسات دقيقة معتمدا على نسبة المظهر [60] .

قام C. W. Rugsiero في عام 2007 بتطوير سطح الخلايا الشمسية السيليكونية ذات شكل دائري او قطع مكافئ مع عامل المظهر للسطح وتتبع مسار الضوء بصورة مائلة ومتوازية باستخدام برنامج زيماكس [61] .

قام M. Geetha في عام 2008 بتحسين كفاءة الخلايا الشمسية ودراسة نماذج من الاخاديد للخلايا الشمسية مع قيم متعددة لعامل المظهر باستخدام برنامج زيماكس [62] .

قام Joseph E. Ford, S. H. Karp ,Eric J. Tremblay في عام 2010 بتطوير نموذج مراكز شمسية لتحسين كفاءة الخلايا الشمسية باستخدام صفوف عدسات (محدبة – مستوية) [63].

قام A. Bader في عام 2013 بتصميم مراكز شمسية من صفوف عدسات دقيقة احادية وثنائية البعد والتي تتكون من عدسات مربعة الشكل مع استخدام دعامة زجاجية لتجميع الضوء بواسطة العدسات لتحسين كفاءة الخلايا الشمسية وقد استخدم نمط تتبع الاشعة غير المتسلسل الموجود في برنامج زيماكس ، واستنتج من خلال النموذجين المستخدمين ان النظام البصري يكون منظم لتوزيع الطاقة وان النماذج المقترحة تتطلب نظام تتبع الاشعة وان الكفاءة البصرية تتأثر بنوع المادة المستخدمة لمادة زجاج العدسات والسلك [64].

قام البروفيسور H. Atwater مع بعض الباحثين في عام 2014 باثبات ان السيليكون يمكنه ان يمتص جزءا معينا من الطيف المرئي وينفذ بقية الاطوال الموجية وكذلك وجد انه عند وضع وحدة الواح شمسية بسيطة على سطح المنزل فان السيليكون سيمتص جزءا من الطيف والباقي سيقوم بتسخين المنزل [65].

قام S. Lindane في عام 2015 بدراسة خواص السيليكون النقية وغير النقية وفائدة التشويب للخلايا الشمسية السيليكونية [66].

11.1 هدف البحث The Aim of the Work

يهدف البحث الى تصميم منظومة بصرية لاحتجاز الاشعة الشمسية (عن طريق برنامج زيماكس للتصاميم البصرية) والتي تتكون من صفوف عدسات دقيقة وسطوح عاكسة اسفل العدسات تتخللها شقوق تسمح للضوء بالنفاذ الى داخل النظام ليجري احتجازه:

حيث تم تصميم نوعين من المراكز الشمسية فالاول يتكون من صفوف عدسات دقيقة مربعة الشكل ذي نسبة ملئ (100%) ، والثاني يتكون من صفوف عدسات دقيقة سداسية الشكل ذي نسبة ملئ (100%) ايضا. وذلك من اجل زيادة طول المسار البصري للاشعة داخل الخلية الشمسية من خلال اسرها بين سطحين عاكسين (سفلي وعلوي) وقياس عدد الاشعة الساقطة على الكاشف الواقع اسفل

الخلية الشمسية. كذلك تم تغيير عرض الشقوق وسمك الخلية لبيان مدى تأثيرها على مقدار الاشعة المحتجزة داخل النظام. وبيان تأثير زاوية سقوط الاشعة على كفاءة النظام البصري من خلال معرفة زاوية القبول.

الفصل الثاني

التصميم البصري

1.2 المقدمة Introduction

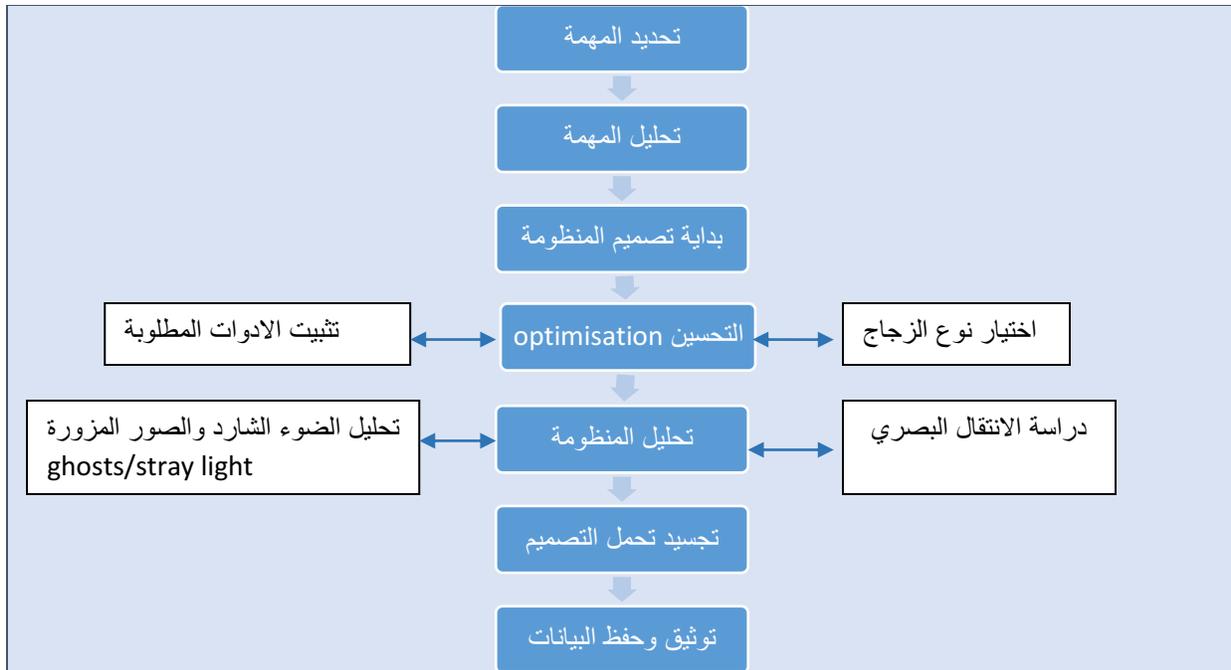
تكمن اهمية التصميم البصري بانه يساعد مهندسي البصريات بتصميم وسائل بصرية مثل (العدسات ،والمجاهر ،والمناظير ،وبعض الاجهزة التي تستخدم خواص الضوء) ،لذلك يجب فهم علم البصريات بالتفصيل وتطبيقه وما هي التقنيات العملية المتوفرة من ،المواد ،والتكاليف وطرائق التصميم .

ان الغاية من التصميم البصري هو تصميم العدسات والمرايا والنبائط التي تجعل الضوء اكثر فائدة وكذلك تقييم التصميم باستخدام تقنيات الحاسوب الحديثة ، كما ان استخدام الهندسة البصرية مع الحاسوب ستجعل امكانية استخدام الوسائل والآلات للعديد من مهندسي البصريات في التطبيقات مثل المحاكاة (Simulation) [67].

1.1.2 خطوات التصميم البصري The Steps of Optical design:

ان نقطة بداية التصميم تحتاج معرفة وتحديد المهمة المطلوبة ومن ثم الى تحليل وفهم. ولاجراء التحسين ليوافق المهمة المطلوبة يجب على المصمم ان يثبت الادوات الضرورية او ان ياخذ بنظر الاعتبار تأثير اخطاء صناعة العدسات وتأثيرها على ادائها ليتم بذلك اختيار نوع الزجاج المطلوب .كما ان دراسة الانتقال البصري (Optical Transmission) وتحليل الضوء الشارد (Stray Light) والصورة المزورة (Ghost Images) تكون مطلوبة عند تحليل النظام البصري لتقليل التحسس للاخطاء ،وبعد تجسيد تحمل التصميم (Tolerance) من الممكن ان تجهز للمتجراو توثق و تحفظ على شكل (Documentation) [68,69].

وفي اثناء التصميم قد يحتاج المصمم الى التخلي عن نوع واحد او اكثر من كل العمل الذي قام به مالم يمتلك الادوات الصحيحة او الخبرة .وكما موضح بالشكل (1-2).



الشكل (1-2) تسلسل خوارزمية تصميم النظام البصري [70] .

2.2 برامج التصميم البصري Optical design programs

ان برمجة التصاميم البصرية عن طريق محاكاة النموذج من الامور المهمة في انجاح التصميم ، لكونه يعطي التفاصيل والاحداثيات المناسبة لتكوين فكرة شاملة للتصميم ونسبة الكفاءة ومقدار تحمل التصميم للظروف الخارجية ، وهناك العديد من البرامج الخاصة بالتصميم البصري تختلف من حيث الاسلوب والنموذج الرياضي المستخدم ونوع العناصر البصرية المتاحة وطريقة قياس الكفاءة للنموذج ، وفيما يأتي اهم انواع هذه البرامج :

1.2.2 :CODE V

وهو برنامج تصميم بصري يستخدم للتحسين (Optimize) ، والتحليل (Analyze) ، والعرض (Modeling) ، ويقدم الدعم لتصنيع وتطوير الانظمة البصرية ، كما انه يتميز بقدرة وسهولة لاستخدام ادوات تقنية بصرية وعمليات حسابية تمكن من انشاء تصميم اعم واشمل ليظهر التصميم بصورة صحيحة ، وهو برنامج سريع ودقيق وله مكتبة داخلية شاملة لنماذج تصميم بصري مثل العدسات والمرايا وانواع مختلفة من الزجاج ، وله ايضا قدرة تصميم شاملة (صور ، بيانات) ، وعرض مظلل ، ومؤثرات صورية ثنائية وثلاثية الابعاد [71].

:ASAP 2.2.2

هو برنامج يستخدم محاكاة الانظمة البصرية (Simulate optical systems) ليتعامل مع مصادر الضوء المتشاكهة وغير المتشاكهة ،ويعد كاداة تتبع الاشعة غير المتسلسلة (استخدام تحليل انظمة العدسة وتحليل الضوء الشارد) [72,73].

:OSLO 3.2.2

هو برنامج تصميم بصري يستخدم لتصميم العدسات ،العكاسات ،ادوات بصرية ،تلسكوب الموازاة الليزري و انظمة الاضاءة . يستخدم ايضا لمحاكاة وتحليل الانظمة البصرية مستخدما بصريات فيزيائية وهندسية عن طريق الرسومات التفاعلية (interactive graphics) ويمثل نظام برمجي رياضي ، ويضم مكتبة بيانات متطورة وهذا يجعله يتعامل مع (Dynamic data exchange) ويعمل مع البرمجيات التي تستخدم برنامج (Mat lab) لانشاء بنية متعددة الانماط [74,75].

:HEXAGON 4.2.2

هو برنامج هندسة بصرية يسمح بتصميم العدسة البصرية وتحليلها وبتنوع واسع ،وله القدرة على العمل مع برامج التصميم البصري الاخرى (CODE V, OSLO ,ZEMAX) ، كما ان البيانات المستخرجة يمكن ان تتحول من والى برنامج (Mat lab) ، والعمل مع برامج (CAD) والأكسل (Excel) [76,77].

:WinLens 5.2.2

هو برنامج يتألف من مكونات تؤدي كل التحليلات البصرية ماعدا الضوء الشارد من السطوح الدقيقة البصرية وتتبع الاشعة غير المتسلسل ،ويحمل عناصر مخصصة وانظمة بصرية متطورة ،لذلك هو برنامج دقيق جدا وله قدرة تحمل عالية ليحمل الانظمة غير المتماثلة التدوير (Non-rotationally symmetric) ،فهو يقوم بتصميم العدسات والمواشير، وكذلك يمكن ان تطبق الميلان واللامركزية (Tilts and Decenters) للسطوح الفردية ولمجموعة من المكونات [78,79].

:ZEMAX 6.2.2

هو برنامج تصميم بصري يستخدم لتصميم أنظمة التصوير وتحليلها مثل عدسات الكاميرا وأنظمة الإضاءة لتصميم وتوليد الأشعة خلال النظام البصري . يعمل بواسطة نمط تتبع الأشعة (Ray tracing) بنوعيه المتسلسل وغير المتسلسل [80]، ويحتوي البرنامج على مكتبة واسعة من أنواع الزجاج والعدسات وكذلك يحتوي على عدد كبير من نماذج الأنظمة البصرية التقليدية الجاهزة للاستخدام مع كل ملحقاتها البيانية والرياضية .

يوفر البرنامج معلومات متوافرة حول التصميم البصري من خلال مجموعة كبيرة من أدوات تقييم الأداء الخاصة بالنظام البصري مثل نمط توزيع البقعة (spot diagram) ومنحنيات الزيغ (fan ray aberration) والطاقة المتمركزة (encircled energy) ودالة الانتشار النقطية (point spread function) ودالة الانتقال البصرية (optical transfer function) وغيرها من الأدوات التي تقيس مدى كفاءة النظام [81].

و في هذه الرسالة تم استخدام هذا البرنامج في تصميم ودراسة المنظومة البصرية.

3.2 نمط تتبع الأشعة في برنامج زيماكس Ray Tracing Mode in Zemax

ان النمط الرياضي المستخدم في برنامج زيماكس (Zemax) هو نمط تتبع الأشعة عن طريق معالجة رياضية لقوانين الانعكاس، الانكسار، الامتصاص والاستطارة للضوء عند انتقاله عبر وسائط النظام البصري ، وهذا يتم بطريقة تمثيل المصفوفات (matrix presentation) التي يتم من خلالها التعرف على صفات الصورة المتكونة [82]. ولتوضيح انماط تتبع الأشعة المستخدم في هذا البرنامج :

1.3.2 نمط تتبع الأشعة المتسلسل Sequential Ray Tracing mode

يستخدم هذا النمط بشكل رئيس لتصوير تصاميم بصرية مثل المجهر ، الكاميرا والأنظمة البصرية ، وتكون السطوح فيه موجودة ضمن نافذة محرر بيانات العدسة ، وقد سمي هذا النمط بالنمط المتسلسل لان الشعاع يسقط على كل سطح مرة واحدة ويفعل ذلك بترتيب محدد وحسب تسلسل السطوح.

ان الشعاع ينعكس فقط اذا كانت مادة السطح هي مرآة ، والانعكاس يكون جزئيا من سطوح الانكسار (انعكاس فرينل) ومحسوب لمدى نسبة الانكسار الصحيحة متضمنة التأثيرات على العازل او المرايا .

كل سطح له نظام احداثيات موضعي كما ان موقع كل سطح يكون على طول المحور البصري وهو مرجع للسطح السابق (اي ان السمك بمحرر بيانات العدسة يشير الى المسافة من السطح الحالي الى السطح التالي وليس من نقطة المرجع -السطح الكروي).

يحتوي هذا النمط على مجموعة وافرة من ادوات تقييم الاداء الخاصة بهذا النمط منها توزيع الاستضاءة ودالة الانتشار النقطية والطاقة المتمركزة ودالة الانتقال البصرية ومنحنيات الزيغ .

يحتوي نظام تتبع الأشعة المتسلسل في برنامج زيماكس على نوافذ رئيسة منها نافذة محرر بيانات العدسة (Lens Data Editor) وكما في الشكل (2-2) ، والتي تحتوي على ثلاثة صفوف يمثل كل صف فيها سطح من سطوح النظام البصري الموجود ضمنا في العمود الاول (Surface type) ، ويكون الصف الاول هو وصف الجسم (OBJ) والذي فيه قائمة خاصة لاختيار نوع المصدر من بين مجموعة متعددة من المصادر ، اما الصف الثاني فهو صف (STO) والتي تحتوي على عدة خيارات منها (عدسة ، مرآة الخ) ، و يكون الصف الثالث خاص بالصورة (IMA) .

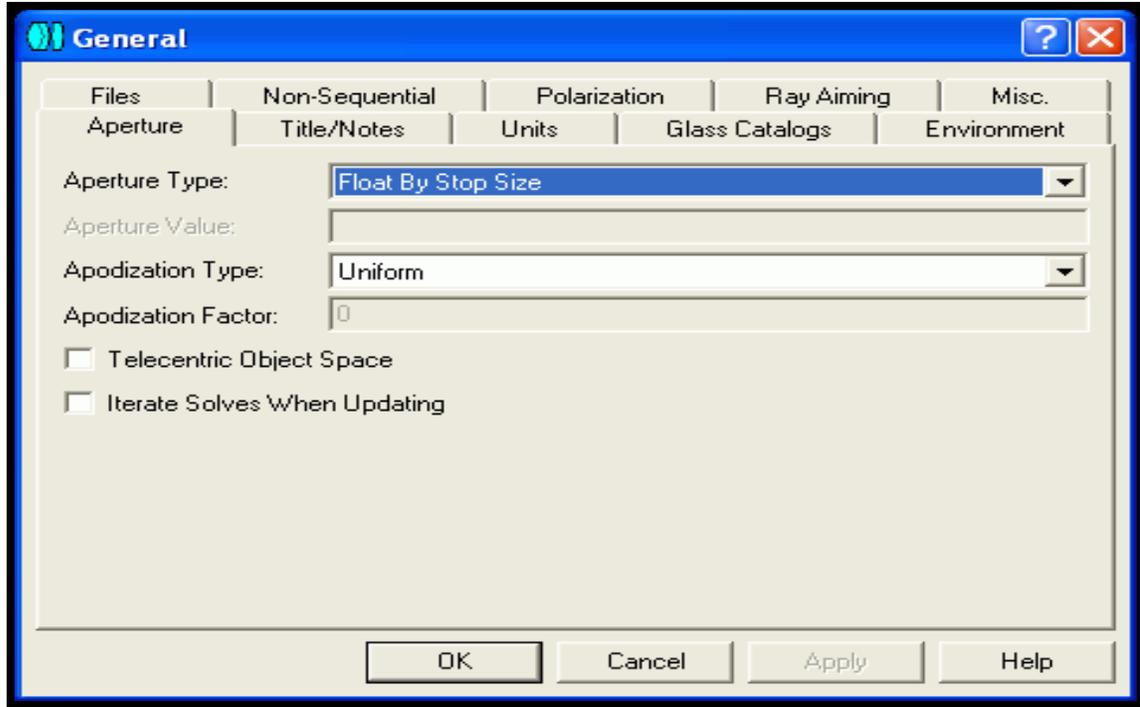
لاضافة معلومات خاصة عن اي سطح لتمييزه عن بقية السطوح الموجودة يتم استخدام العمود الثاني (Comment) ، ثم يتم ادخال نصف قطر التكور للسطح من خلال العمود الثالث (Radius) ، اما العمود الرابع فهو خاص بالسمك (Thickness) والذي يمثل المسافة بين السطح المعني والسطح الآخر الذي يليه ، ولادخال نوع مادة الزجاج المستخدم في التصميم فيكون من العمود الخامس (Glass) والذي يحتوي على عدة انواع من الزجاج ، اما بقية الاعمدة فهي اضافية وخاصة بنوع السطح وابعاده .

The screenshot shows the 'Lens Data Editor' window with a menu bar (Edit, Solves, Options, Help) and a table of lens data. The table has columns for Surf, Type, Comment, Radius, Thickness, and Glass. The rows represent different surfaces in the lens system.

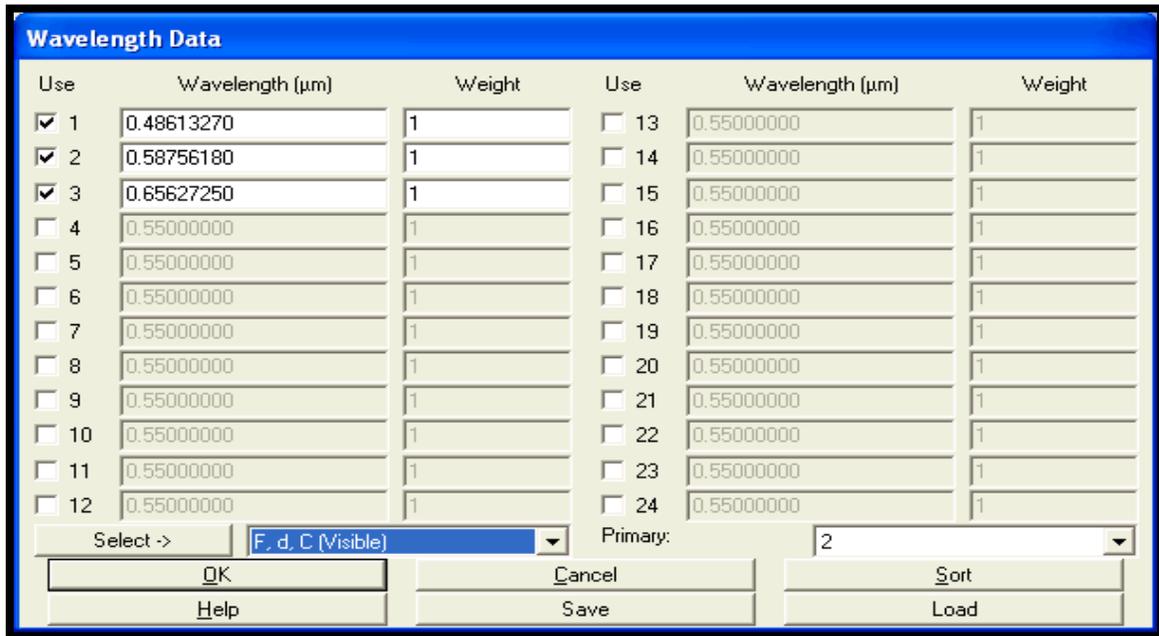
Surf	Type	Comment	Radius	Thickness	Class
OBJ	Standard		Infinity	Infinity	
1	Standard		Infinity	10.000	
STO	Standard		Infinity	5.000	N-BK7
3	Standard		Infinity	5.000	N-BK7
4	Standard		Infinity	20.000	
IMA	Standard		Infinity	-	

الشكل (2-2) محرر بيانات العدسة لنمط تتبع الأشعة المتسلسل في برنامج زيماكس [83] .

كما ان هذا النمط يحتوي في قائمة الخيارات الرئيسية على خانة (file) التي من خلالها يمكن فتح نوافذ عدة وحفظ خطوات العمل و تغيير نمط التتبع المتسلسل او غير المتسلسل . ولتحديد حجم فتحة سداد ادخال الاشعة وشكلها فيتم عن طريق الخيار (General) والذي يحتوي على (Aperture value) و (Aperture type) ،وكما موضح في الشكل (2-3) . ويحتوي ايضا الخيار (General) على بيانات الطول الموجي (Wavelength) لاختيار انواع الاطوال الموجية من القائمة الجاهزة وادخالها يدويا ،كما في الشكل (2-4).



الشكل (3-2) النافذة الخاصة للخيار (General) في برنامج زيماكس [84] .



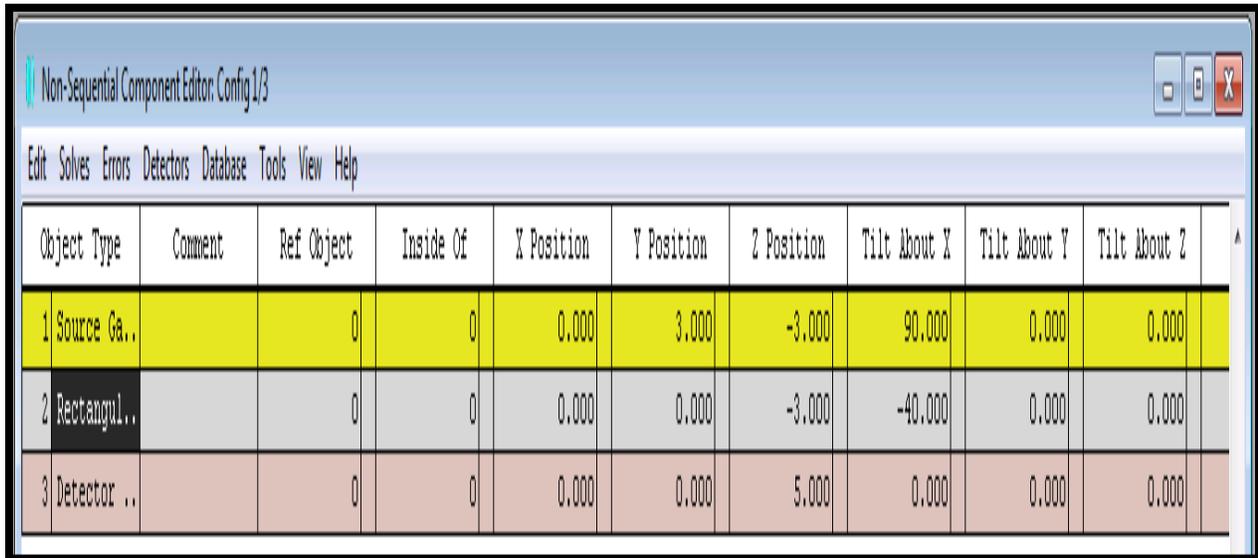
الشكل (4-2) النافذة الخاصة بالطول الموجي [85] .

2.3.2 نمط تتبع الاشعة غير المتسلسل Non Sequential Ray Tracing Mode

هو نمط اساسي يستخدم للانظمة البصرية غير الصورية مثل انظمة الاضاءة والمركزات وتحليل الضوء الشارد،ويمكن للشعاع ان يسقط على السطح نفسه اكثر من مرة ،ويمكن ايضا ان يسقط على عدة سطوح من دون تسلسل ومن هنا جاءت التسمية . يوفر هذا النمط مجموعة من الادوات لتقييم كفاءة التصميم مثل توزيع الاستضاءة والطاقة المتمركزة والكواشف (Detectors) [86].

تعد الكواشف من اهم ادوات تقييم الاداء التي تحتوي على نافذة لتوزيع الاستضاءة ونافذة لحساب عدد الضربات الواصلة الى الكاشف (Total Hit) والنتيجة عن انعكاسات الضوء ما بين الكاشف الذي هو عبارة عن مرآة وما بين الشرائح الزجاجية الموضوعه داخل النظام المصمم بوساطة البرنامج ، ويمكن ايضا باستخدام الكاشف حساب القدرة الناتجة والاستطارة والاستقطاب .

تحتوي نافذة زيماكس الرئيسة لنمط تتبع الاشعة غير المتسلسل على عدة صفوف واعمدة لتبين مميزات مصدر الاضاءة والمسار البصري داخل النظام ،وكذلك مميزات المستلم ،وكما موضحة في الشكل (2-5):



Object Type	Comment	Ref Object	Inside Of	X Position	Y Position	Z Position	Tilt About X	Tilt About Y	Tilt About Z
1 Source Ga..		0	0	0.000	3.000	-3.000	90.000	0.000	0.000
2 Rectangul..		0	0	0.000	0.000	-3.000	-40.000	0.000	0.000
3 Detector ..		0	0	0.000	0.000	5.000	0.000	0.000	0.000

الشكل (2-5) النافذة الرئيسة لبرنامج زيماكس لنمط تتبع الاشعة غير المتسلسل [87] .

يمكن اختيار نوع مربع او مثلث او اي شكل لمصدر الاضاءة بعد اختياره من قائمة متعددة الاختيارات من خلال العمود الاول (Object Type)، ويكون العمود الثاني خاص بالتعليق

(Comment) لاضافة اي ميزة حول السطح ،ثم يليه اعمدة تمثل مواقع السطوح وميلانها بالنسبة للمحاور (X ,Y ,Z) واعمدة لبيان نوع مادة الجسم وابعاده وكذلك نصف القطر .

4.2 تمثيل المصفوفات لتتبع الشعاع Matrix Presentation of ray Tracing

تستخدم تقنية تمثيل المصفوفة لتتبع الاشعة خلال نظام بصري في تصميم بعض الانظمة البصرية وخاصة انظمة الليزر ، حيث يمكن وصف النظام البصري بعمل مصفوفة عناصرها مسارات الضوء في النظام ،ومن ثم ضرب العناصر ضربا اتجاهيا في متجهات الاشعة. ان اهمال سمك العدسات الدقيقة يعني اعتبار لمعامل الانكسار للسطحين فقط والذي يمكن ان يختلف على جهتي العدسة حيث ان معامل الانكسار خارج العدسة هو (1) ومعامل انكسار العدسة هو معامل انكسار مادة زجاج العدسة [88] . لذلك فان مصفوفة العدسة يمكن ان تستخرج بضرب السطحين الكرويين للعدسة :

$T^{\wedge} =$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -(1-n)/R_2 & n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -(n-1)/nR_1 & 1/n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -(n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) & 1 \end{bmatrix} \dots (1.2)$$

حيث ان :

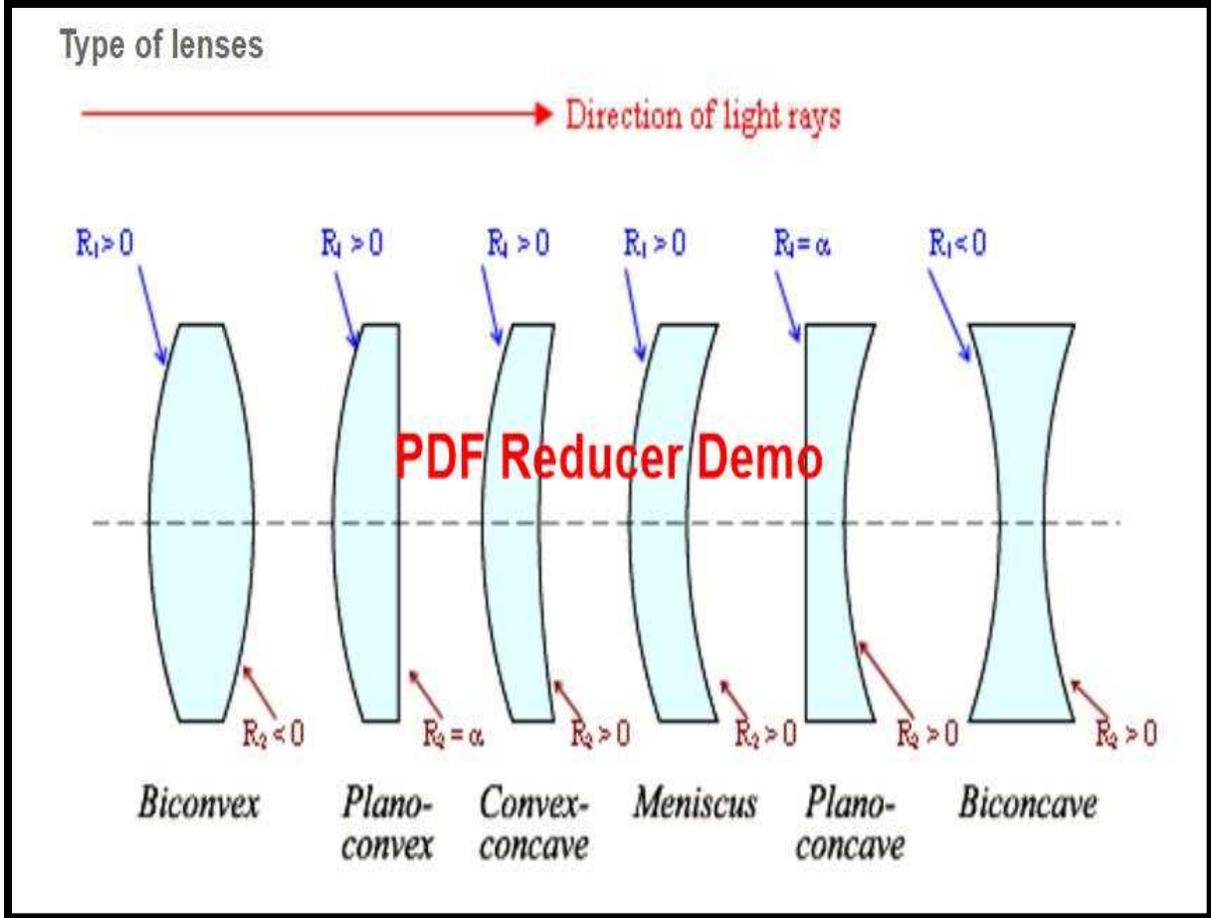
T^{\wedge} متجه مصفوفة العدسة الدقيقة .

R_1 نصف قطر تكور السطح الاول للعدسة .

R_2 نصف قطر تكور السطح الثاني للعدسة .

n معامل انكسار سطح العدسة .

علما ان R_1, R_2 يمكن ان تكون موجبة او سالبة بحسب شكل العدسة ،وكما موضح بالشكل (2-6):



الشكل (6-2) قيم R_1 و R_2 بالنسبة للانواع المختلفة من العدسات [89] .

لتمثيل المصفوفة للنظام البصري من الجسم الى سطح مستوي الصورة يكون كما يلي :

$$\hat{O} = \begin{bmatrix} 1 & -S \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -(n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & S \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 - S(n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) & -S + S\left[1 + S(n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)\right] \\ -(n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) & 1 + S(n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \end{bmatrix} \dots (2.2)$$

حيث تمثل :

\hat{O} متجه مصفوفة كل النظام البصري .

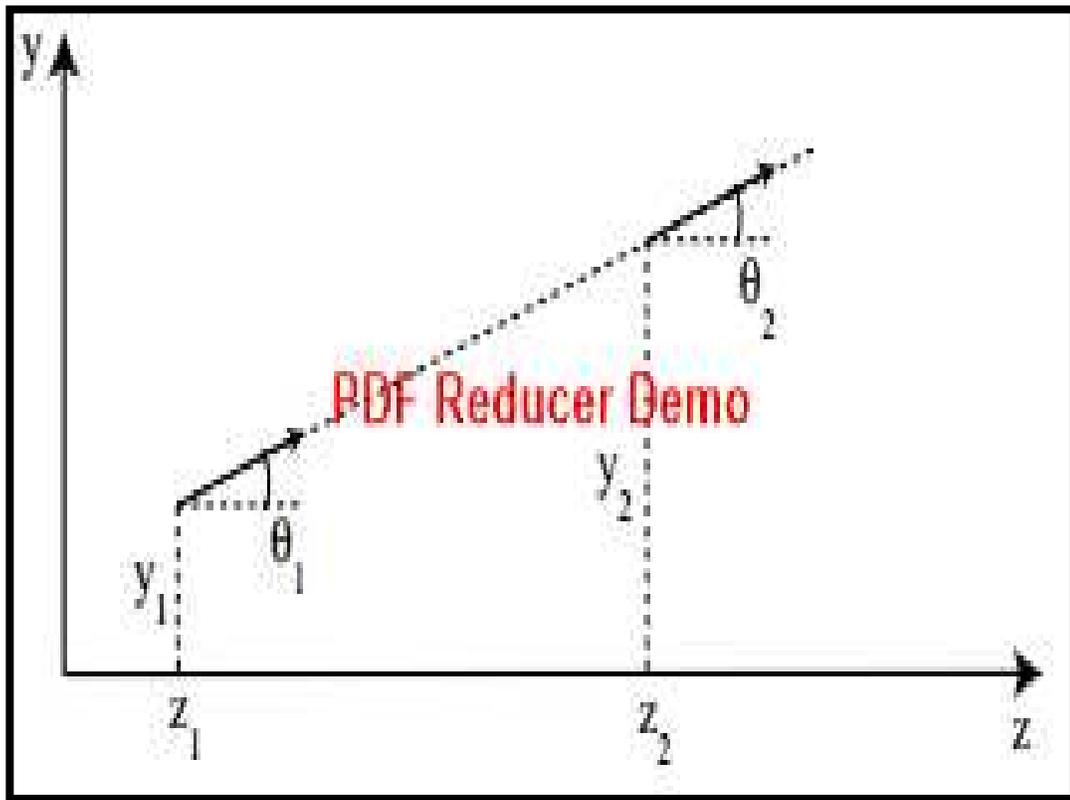
S بعد الجسم عن العدسة .

S' بعد الصورة عن العدسة .

$$\begin{bmatrix} y_2 \\ \theta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ \theta_1 \end{bmatrix} \dots(3.2)$$

لكي تتشكل الصورة فان كل الاشعة القادمة من y_1 يجب ان تنتهي عند y_2 ، غير المعتمدة على θ_1 ، وكما

موضح بالشكل (7-2):



الشكل (7-2) ارتفاع الشعاع الضوئي وزاويته [90] .

وهذا يعني انه يجب ان يكون $B=0$ لكي تتشكل الصورة وكمايتي :

$$(n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} \dots (4.2)$$

نقارن بالمعادلة العامة للعدسات :

$$\frac{1}{S'} + \frac{1}{S} = \frac{1}{f} = \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) (n - 1) \dots (5.2)$$

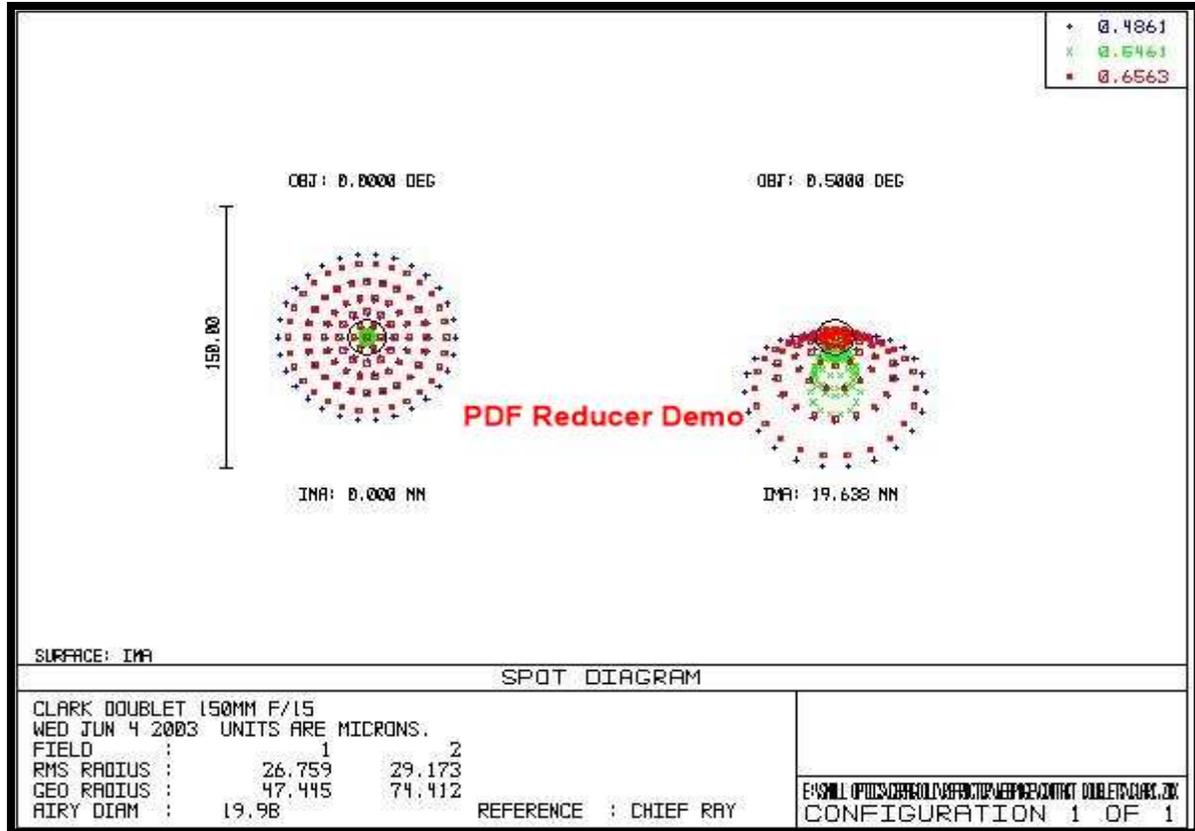
وهذه هي معادلة صيغة صانعي العدسات التي تربط معامل انكسار العدسة مع انصاف اقطار التكور مع البعد البؤري (f) لها [91].

5.2 ادوات تحليل زيماكس Zemax Analysis Tools

يوفر برنامج زيماكس مجموعة متنوعة من الادوات التي تسهم في تحليل الصورة، لذا يتم اعطاء حكم على جودة النظام البصري ، وكل اداة تختلف عن الاخرى من حيث الاسلوب ونوع المعلمات الخاصة بها ونوع النظام البصري المستخدم سواء كان صوري او غير صوري. وفيما يأتي استعراض موجز لأهم انواع هذه الادوات:

1.5.2 مخطط توزيع النقاط Spot Diagrams

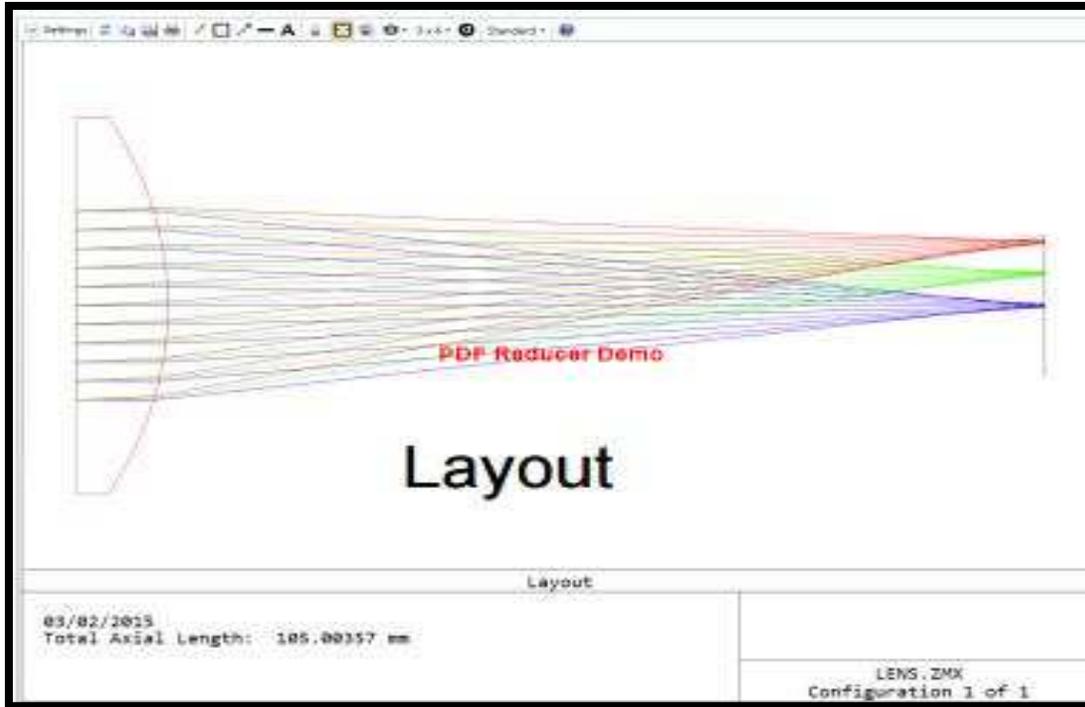
هو تصوير هندسي يتشكل بوساطة النظام البصري في مستوى الصورة و يوفر فكرة عن التوزيع الهندسي لانتشار الاشعة في مستوى الصورة [92,93]، و ان الرسوم النقطية تبين التمثيل المرئي لتوزيع الطاقة عند تصوير جسم نقطي ضمن عنصر الصورة (pixel) حيث يكون معيار جودة الصورة من خلال نطاق دائري يمثل قرص ايري (Airy Disk) الذي تحتوي تقريبا 68% من الطاقة والتي يمكن ان تبلغ قيمتها العظمى خصوصا عندما يكون العمل مع اجهزة الاستشعار المنقطة [94]، وكما موضح في الشكل (8-2).



الشكل (8-2) مخطط توزيع النقاط [95] .

2.5.2 مخطط المظهر Layout Plot

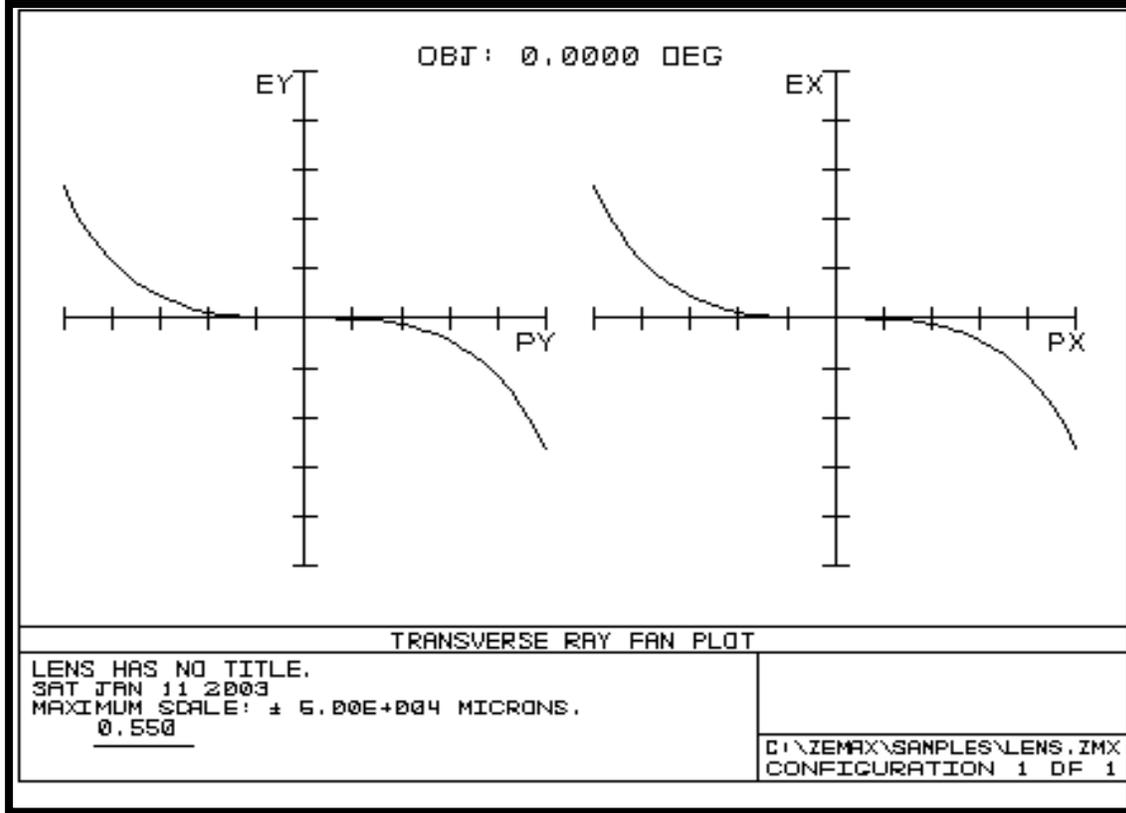
تعطي مخططات المظهر فكرة عيانية للتصميم من جميع النواحي باستخدام رسم للشكل ثنائي وثلاثي الابعاد ، وكذلك يستخدم الشكل المجسم الصلاد لاعطاء فكرة عن المظهر الخارجي للتصميم [96] ، وكما موضح بالشكل (9-2) .



الشكل (9-2) مخطط المظهر العام [97].

3.5.2 مخطط زيبغ الاشعة Rays Aberration Plot

يمثل المخطط انحراف الاشعة عن مسارها الاصلي بالمستوي السهمي والمماسي للمحور البصري ، بحيث يعطي فكرة عن نوع الزيغ الموجود وكميته داخل النظام البصري عن طريق نوع الانحراف وشكله ومقداره الحاصل في منحنى الزيغ [98]، وكما موضح بالشكل (10-2).



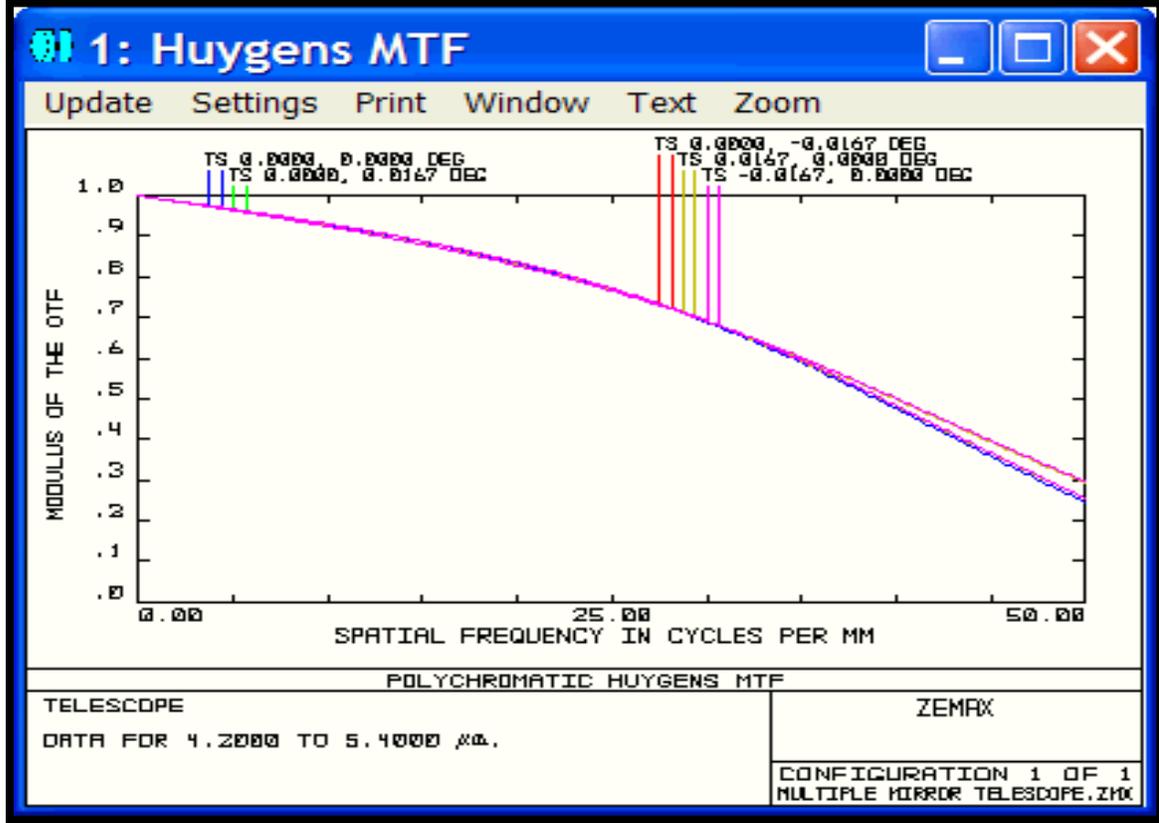
الشكل (10-2) مخطط زيفغ الاشعة [99].

4.5.2 دالة الانتقال البصرية (OTF) Optical Transfer Function

دالة الانتقال البصرية هي تحويل فورير لدالة الانتشار النقطي - Point Spread Function (PSF) وتستخدم لحساب كفاءة المنظومة البصرية وجودة الصورة حيث ان صورة الجسم النقطي لا تكون نقطة وانما بقعة (spot) متسعة وافضل المنظومات البصرية هي التي لها دالة (PSF) ضيقة وهي ايضا تتحدث عن القيمة المركبة للتردد المكاني. و تستخدم من قبل مهندسي البصريات لوصف كيفية سقوط الضوء الصادر من المصدر (الجسيم) على الفيلم لتقييم كفاءة الصورة البصرية المستلمة .

ان دالة الانتقال البصري تكافئ دالة الانتقال المعدلة - Modulation Transfer Function (MTF) في العديد من الحالات وتكون مغايرة لها فقط في حالة اهمال تاثير الطور ،حيث تكون دالة الانتقال المعدلة هي وصف لانتقال الاشعة من الجسم الى الصورة كدالة للتردد المكاني وهي تستخدم لتحديد كفاءة النظام خلال التصميم البصري ،وتكون أقصى قيمة لها هو (1) [100].

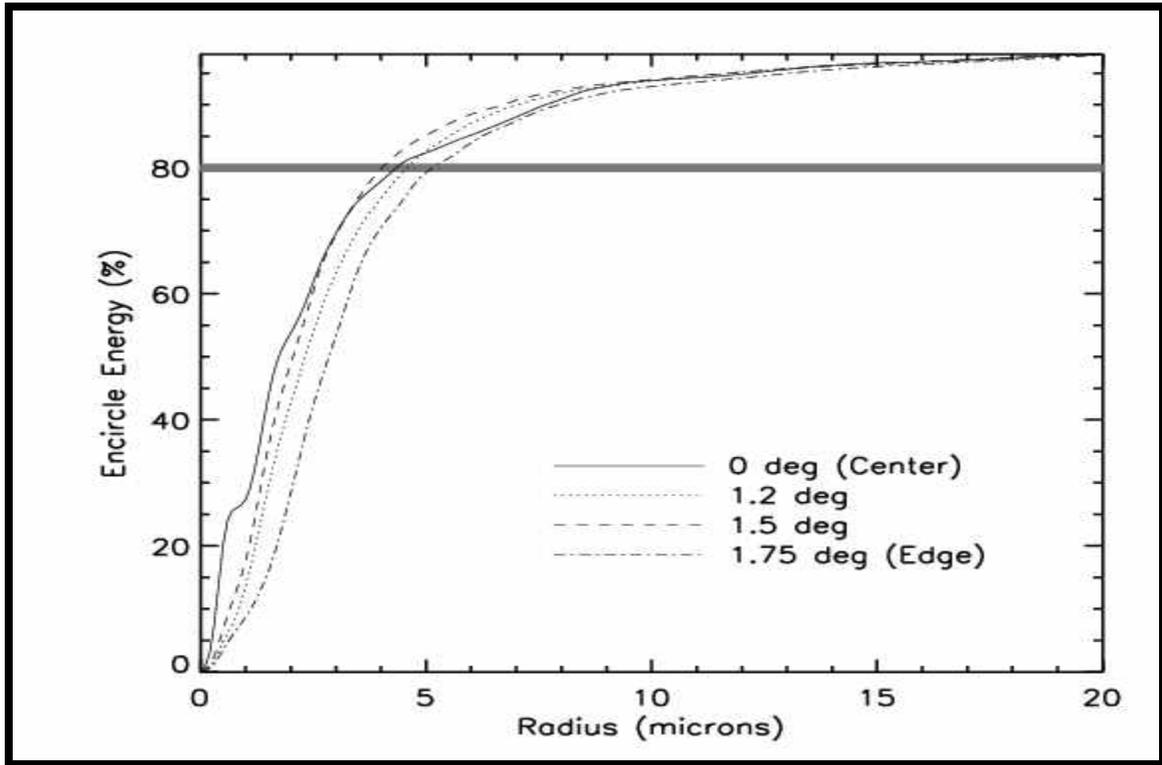
، وذلك لان(الصورة الحقيقية/الصورة المستلمة =MTF)، وكما موضح بالشكل (11-2).



الشكل (11-2) دالة الانتقال البصرية المعدلة [101].

5.5.2 الطاقة المتمركزة Encircled Energy

الطاقة المتمركزة هي تركيز الطاقة في مستوى الصورة وهي نسبة مئوية يمكن تمثيلها بدالة قطر او نصف قطر الصورة حيث تكون 80% من الطاقة المحتواة ضمن قطر جسم نقطي وهي نسبة جيدة لتطابق المتحسس كما يترك فيها بعض الحواف (الهوامش) لتحمل التصنيع، وان مساحة الطاقة المتمركزة تكون متزايدة ابتداء من المركز و الى كل مستوى الصورة وبالتدريج [102]، وكما موضح في الشكل (12-2).



الشكل (12-2) الطاقة المتمركزة [103] .

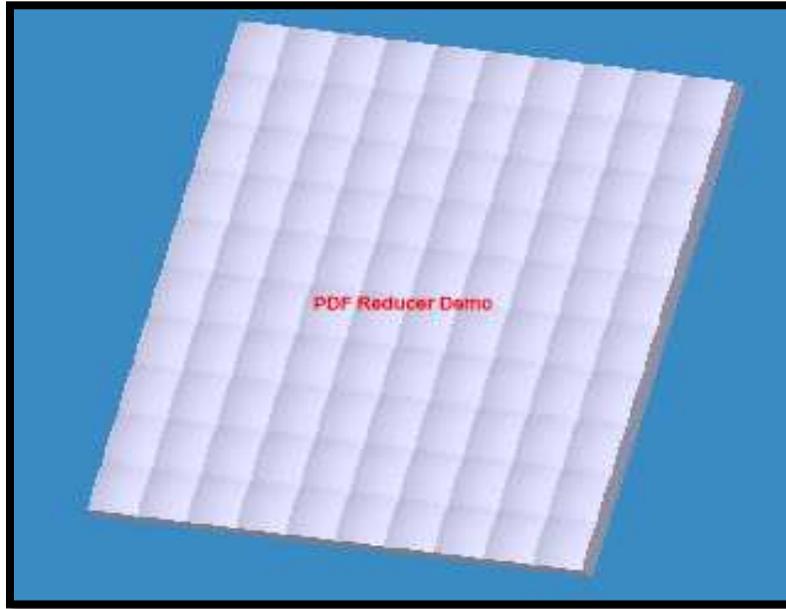
6.2 النمذج المصممة Designed Samples

تم تصميم النموذج البصري المستخدم نظريا باستخدام نسخة برنامج زيماكس (ZEMAX –EE) (2005) والذي استخدم فيه نظام تتبع الاشعة لفهم كفاءة التصميم ، وذلك بواسطة الكاشف الموجود اسفل الخلية والذي يتحسس عدد الاشعة الساقطة عليه لتقارن بعدد الاشعة الداخلة من خلال فتحة الادخال والتي عددها (1000) شعاع والموجودة ضمن عمود (Analysis ray) ، فكانت النمذج المصممة هي :

1.6.2 النموذج الاول (صفوف عدسات مربعة محدبة مستوية)

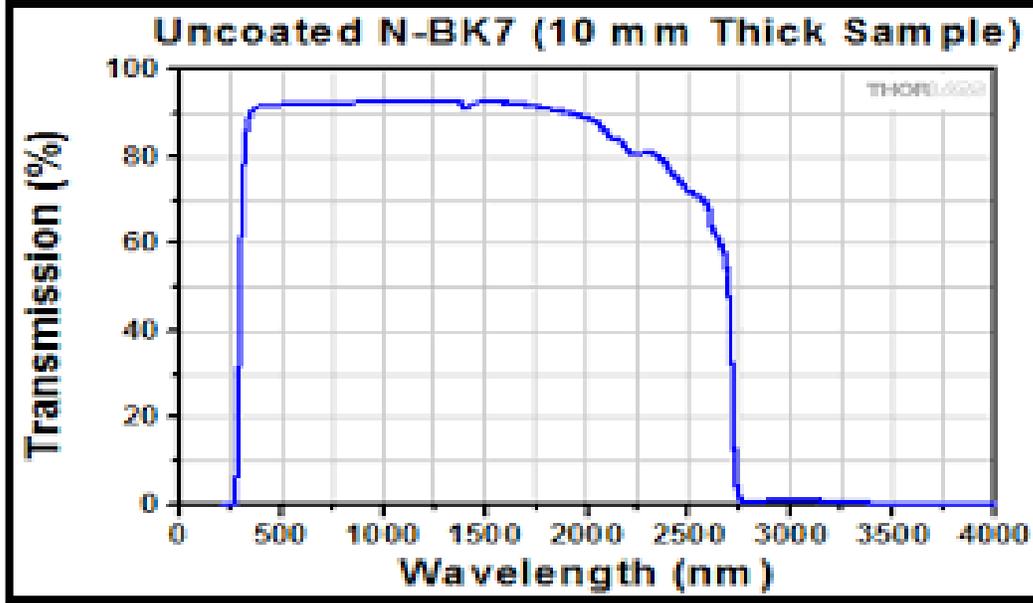
First model (Plano-Convex Square array Lenses)

يتألف هذا النموذج من صف عدسات دقيقة مربعة (10x10) ذات ابعاد (20×20 cm) ليكون عرض كل عدسة (2cm) وبنصف قطر ($R_1= 4\text{cm}$, $R_2= 0$) ، وكما موضح في الشكل (13-2):



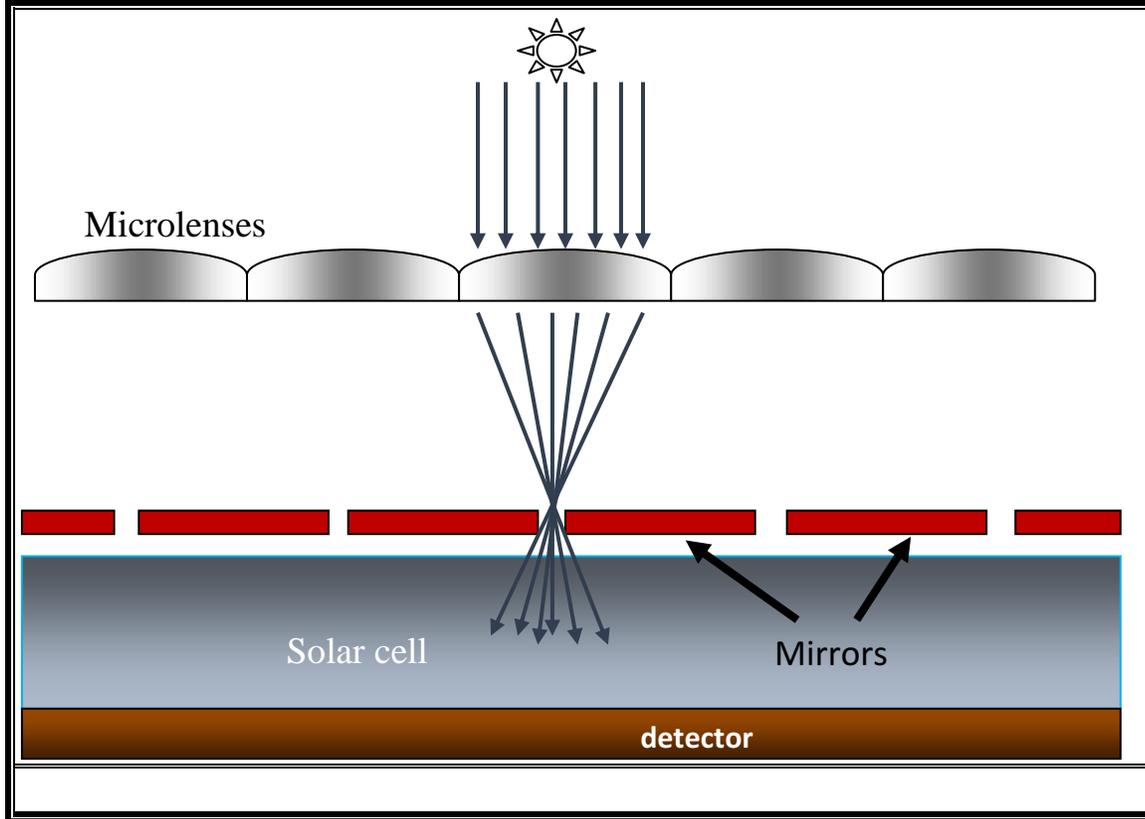
الشكل (13-2) صفوف عدسات مربعة محدبة مستوية .

وقد صممت العدسة من مادة الزجاج من نوع (N-BK7) ، واستخدم ضوء الشمس كمصدر في هذه التصاميم والذي يتضمن الضوء المرئي والاشعة تحت الحمراء لتتوافق مع نفاذية مادة الزجاج المصنعة منها العدسات ، وكما موضح بالشكل (14-2).



الشكل (14-2) النفاذية الطيفية لمادة الزجاج نوع (N-BK7) [104]

وضعت اسفل صفوف العدسات مرايا مستطيلة الشكل ذات وجه سفلي عاكس (تقع في المستوى البؤري للعدسات) وتفصل بينها شقوق متغيرة العرض ما بين (0.1-1mm) حيث تسمح للاشعة المركزة من قبل العدسات بالمرور خلالها وصولا الى الخلية الشمسية التي تقع اسفل المرايا ، ثم يليه الكاشف الضوئي الذي يقع اسفل الخلية الشمسية مباشرة ، كما موضح في الشكل (15-2) .



الشكل (15-2) نموذج للنظام البصري المصمم .

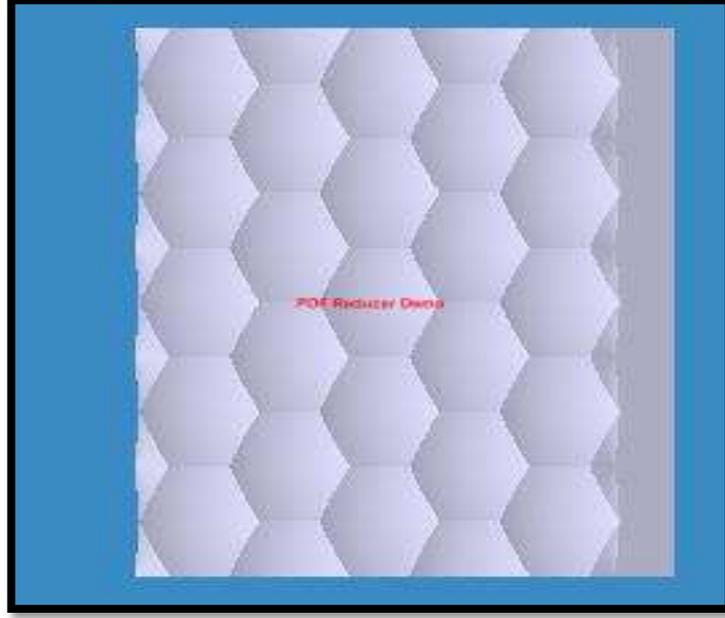
ان هدف التصميم هو تجميع الاشعة الشمسية عن طريق صفوف العدسات وعدم السماح لها بالهروب خارج النظام البصري عن طريق حجزها بالشقوق اسفل العدسات وعكسها ثانية الى داخل النظام عند ارتدادها من الخلية الشمسية عن طريق المرايا ، فتزداد عدد الانعكاسات الداخلية في الخلية ، ولذلك يزداد طول المسار البصري للاشعة والذي يعني زيادة فرصة امتصاص الفوتونات خلال مرورها داخل الخلية وبالنتيجة تزداد كفاءة النظام .

2.6.2 النموذج الثاني (صفوف عدسات سداسية محدبة مستوية)

Second Model(Plano-Convex Hexagonal array Lenses)

تم تصميم النموذج المتألف من صف عدسات سداسية مصنوعة من مادة **N-BK7**، ويحتوي هذا النموذج على أعمدة و صفوف (5x5) بعرض فتحة ادخال (2.5cm) وبنصف قطر (5cm) ، وكما في النموذج الاول وضعت مرايا تفصل بينها شقوق بابعاد متباينة (0.1-1 mm) لتجميع الاشعة القادمة من العدسات ولتسقط اسفل النظام حيث توجد الخلية الشمسية ، وكما موضح بالشكل (16-2) .

ان فكرة استخدام العدسات المربعة والسداسية مناسبة في الانظمة البصرية غير الصورية (المركزات الشمسية) التي تمتاز بنسبة ملئ (100%) لصفوف العدسات ، على الرغم من ان كفاءة الصورة المتكونة في العدسات المربعة والسداسية لا تضاهي كفاءتها في العدسات الدائرية لكون هذه الانظمة لا تهتم بجودة الصورة بقدر كفاءة تركيز الاشعة .



الشكل (2-16) صفوف العدسات السداسية محدبة مستوية.

الفصل الثالث

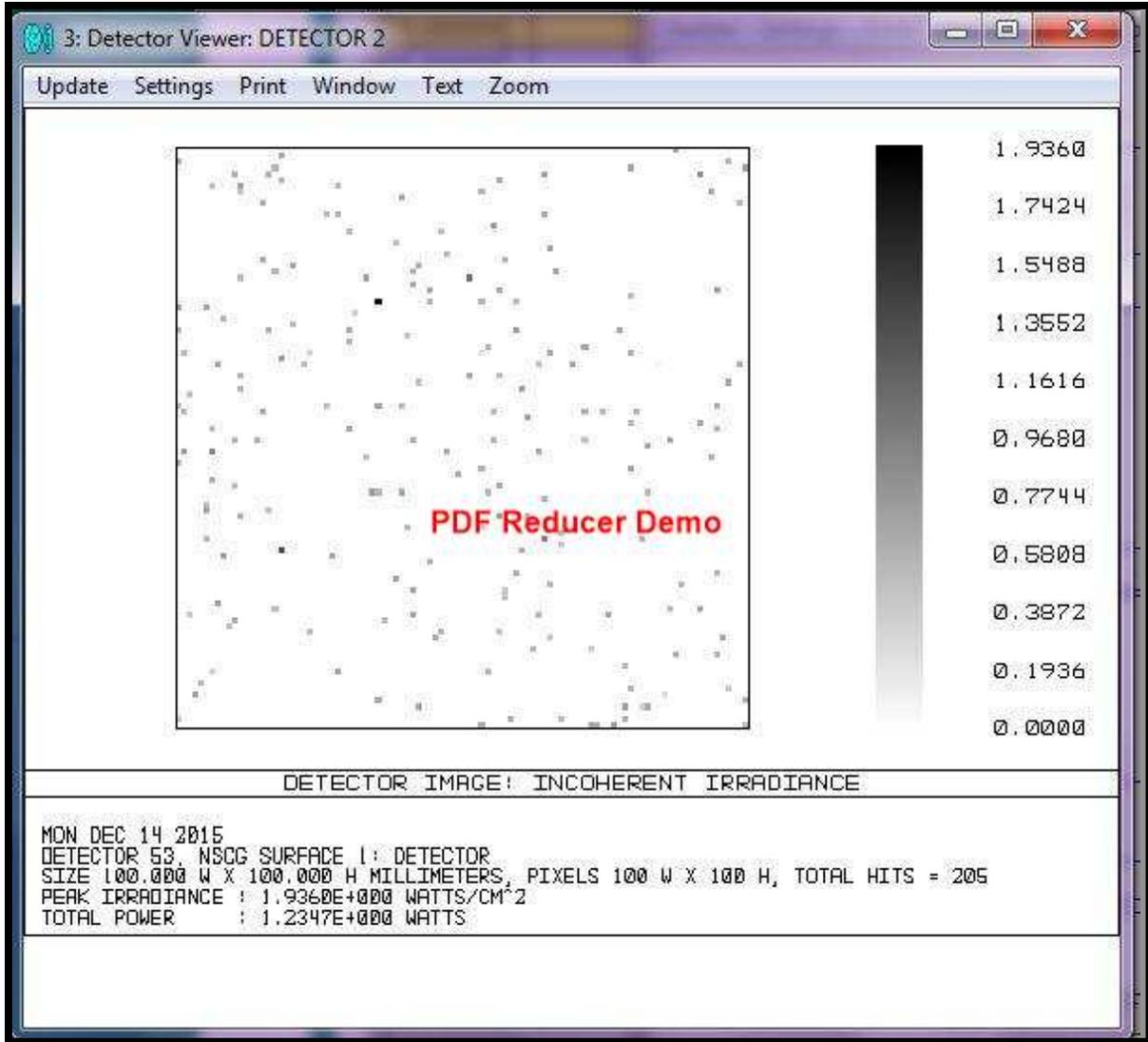
النتائج والمناقشة

1.3 المقدمة Introduction

يتضمن هذا الفصل عرض النتائج ومناقشتها والتي تم الحصول عليها بأهمال التوهين من خلال دراسة تأثير نوع العدسات ذات نسبة ملئ 100% على كفاءة الخلية الشمسية بوساطة برنامج زيماكس ، ولنمط تتبع الأشعة غير المتسلسل للأشعة والتي عددها نحو 1000 شعاع الواصلة الى الكاشف بعد حدوث عدة انعكاسات داخلية بين الكاشف والشرائح المصنوعة من المرايا الموضوعة قبل الكاشف للحصول على زيادة في طول المسار البصري ،ومن ثم زيادة امتصاص فوتونات الضوء للأشعة المنعكسة داخليا .

تم تصميم ودراسة نموذجين للأنظمة البصرية (صفوف عدسات مربعة الشكل وسداسية الشكل)، لتركيز الأشعة على مجموعة شقوق متوازية موضوعة عند المستوى البؤري للعدسات ،ومن ثم تحجز الأشعة الشمسية داخل الجزء السفلي التي توضع فيها الخلية الشمسية .تم استخدام مجموعة ادوات يوفرها برنامج زيماكس (قراءة عدد الأشعة الواصلة الى الكاشف والقدرة البصرية والاستضاءة) لدراسة الكفاءة البصرية للنظام والمقارنة بينهما وتأثير زاوية ميلان الشعاع الشمسي (0° - 70°) بزيادة (5°) في كل مرة من خلال ادخال قيم الزوايا ضمن العمود (tilt about) الموجود في برنامج زيماكس ومعرفة زاوية القبول الخاصة بالنماذج المستخدمة .

تم استخدام كاشف اسفل الخلية الشمسية مباشرة لقراءة عدد الأشعة الواصلة الى السطح السفلي للخلية التي يتحسسها الكاشف والتي يمكن عرضها وقراءتها من خلال نافذة (Detector Viewer) مثل عدد الضربات (Total Hit) او مخطط توزيع الاستضاءة (Peak Irradiance) او القدرة الكلية (Total Power) ،وكما موضح بالشكل (1-3) :



الشكل (1-3) نافذة (Detector Viewer) في برنامج زيماكس .

2.3 النموذج الاول (نظام بصري يحتوي صفوف عدسات مربعة الشكل) First Model (Optical System with Square array Lenses)

يعد استخدام العدسات المربعة واحدا من التصاميم المهمة في انظمة المركبات الشمسية لكونها تعطي نسبة ملئ (packing factor) مقداره 100% ، وهذه النسبة تعطي افضلية لاستلام الاشعة داخل النظام البصري من دون خسارة في التركيز، حيث تمكن نسبة الملئ هذه من ادخال كل الاشعة القادمة من المصدر ، وبالتالي الاستفادة القصوى منها بوصولها الى الخلية الشمسية .

3.3 ادوات تقييم النظام البصري في برنامج زيماكس Evaluation Tools in Zemax

يوفر برنامج زيماكس مجموعة متنوعة من الادوات لتقييم كفاءة النظام البصري بنوعيه (الصوري وغير الصوري) وبمنطيه لتتبع الاشعة (المتسلسل وغير المتسلسل) ،اذ من الممكن للمصمم ان يختار الاداة المناسبة للتقييم ، ومن الممكن ان يختار اكثر من واحدة في الوقت نفسه لتأكيد النتائج وشمول التصميم بدراسة مستفيضة تبين جودته ، وقد استخدم في هذا العمل اداة قراءة الكاشف (لكونها اهم اداة في نمط تتبع الاشعة غير المتسلسل) والتي تعطي قراءة لعدد الاشعة الساقطة والاستضاءة والقدرة الكلية ، وفيما يأتي استعراض موجز لهذه الادوات في النموذج الاول:

1.3.3 قراءة الكاشف Detector measurement

يعد الكاشف واحدا من اهم طرق القياس التي يوفرها برنامج زيماكس ، لكونه يعطي فكرة كافية عن كمية الاشعة الواصلة الى داخل الخلية الشمسية والقدرة والاستضاءة ،بالاضافة الى نمط توزيع الاشعة على الكاشف (متجانس ام لا) .تم وضع شرائح عدد(11) عند تصميم النموذج لكي تناسب ابعاد التصميم وتكون على شكل مرايا لتجعل الضوء بعد تركيزه بوساطة العدسات المربعة يعاني عدة انعكاسات متكررة بينها وبين الكاشف الموضوع اسفل الخلية ، وتم تغيير عرض الشقوق الموجودة بين الشرائح ما بين (0.1-1mm) وقراءة الكاشف لكل عرض شق ولكل زاوية (0° - 70°) من زوايا السقوط للاشعة والتي عددها 1000 شعاع على المنظومة .

1.1.3.3 تأثير تغيير زاوية السقوط مع تغيير عرض الشق على عدد الاشعة للعدسات المربعة

ان تأثير زاوية سقوط الاشعة يعد عاملا مهما عند دراسة الخلايا الشمسية التي تتعرض لاشعة الشمس طوال مدة النهار وبزوايا تتغير تدريجيا ، وكذلك معرفة زاوية القبول للنظام البصري التي تعطي كفاءة بصرية بحدود (90%) لكون الانظمة ذات زوايا القبول الكبيرة نسبيا توفر امكانية الاستغناء عن انظمة تعقب الشمس باهظة الثمن .

تم دراسة تأثير زاوية السقوط ومعرفة زاوية القبول لكل نموذج مستخدم ،حيث يتبين من الشكل (2-3) عدد الاشعة الواصلة للكاشف (Total Hit T.H) بزوايا سقوط مختلفة تتراوح بين (0° - 70°) ، لكونها اعظم زوايا سقوط ممكن استخدامها للحصول على اشعة داخلية الى النظام .

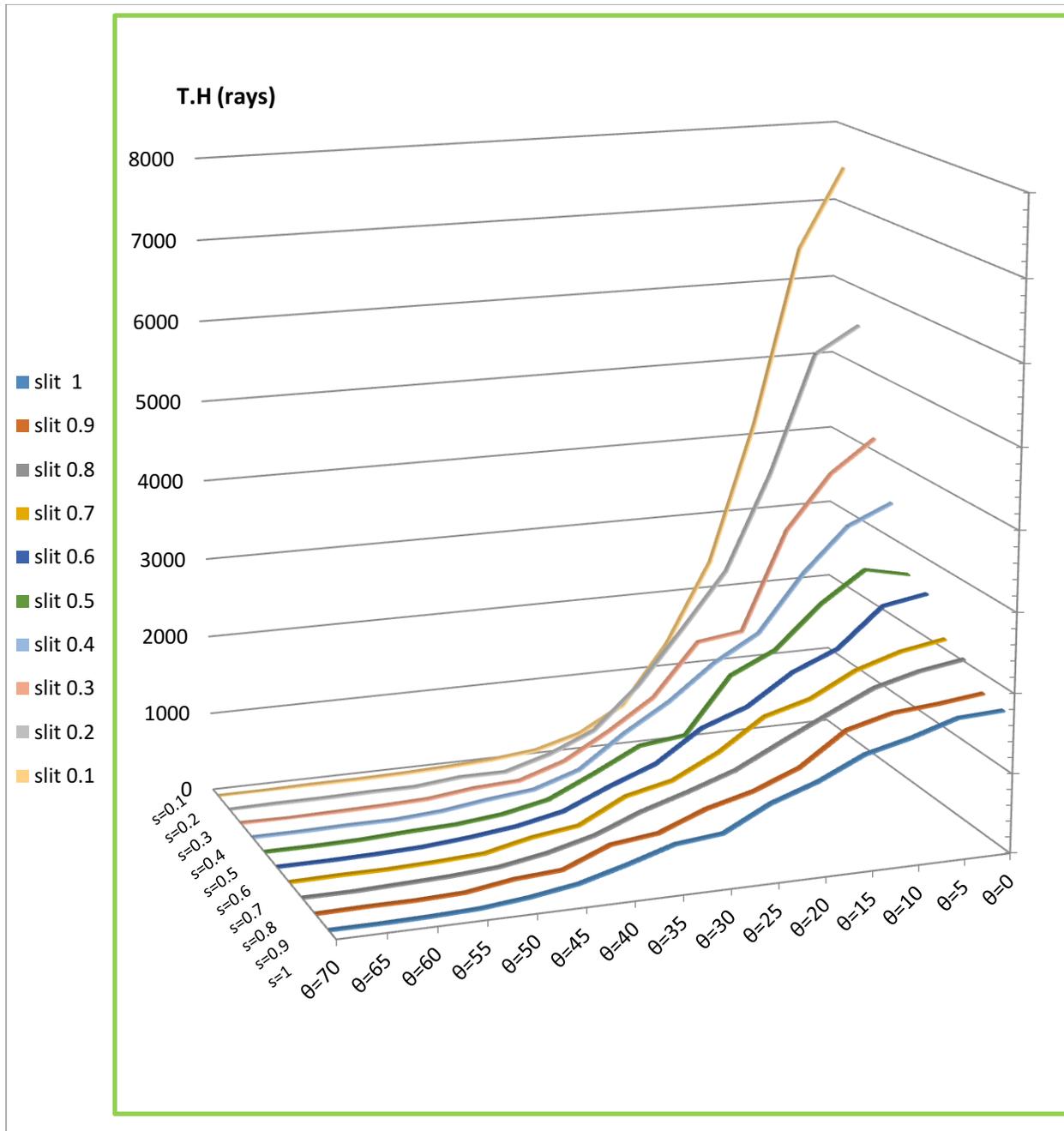
تم تغيير عرض الشق (s) بقيمة بين (0.1-1 mm) لبيان تأثير عرض الشق على كفاءة التصميم ، ولكونه عاملا مؤثرا ومهما للتصميم الخاص باحتجاز الاشعة والذي يمثل النافذة الوحيدة التي تسمح للاشعة بالدخول او الخروج من والى النظام .

نلاحظ من الشكل تباين عدد الاشعة الساقطة باختلاف زاوية السقوط لكل النماذج المختلفة في عرض الشق (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1mm)، فتكون جميع المنحنيات منحدره من القيمة القصوى عند زاوية السقوط العمودية على النظام ($\theta=0^\circ$) فتصل الى اقل قيمة عند الزاوية ($\theta=70^\circ$) للخلية ذات سمك (5mm) .

اما زاوية القبول فتكون ذات قيمة واحدة لكل النماذج وهي ($\theta=25^\circ$) التي تعطي عدد اشعة مقدارها (1000) شعاع ، اي عدد الاشعة الساقطة نفسها على النظام .

اما عدد الاشعة المستلمة من الكاشف فتمثل عدد الانعكاسات الداخلية في الخلية الشمسية ، حيث ان كل النماذج المنغيرة بعرض الشق (0.1-1mm) سجلت زيادة عدد الاشعة المستلمة بقيم متفاوتة ، فكانت اعلى قيمة (7450 rays) عند النموذج ذي عرض الشق (0.1 mm) ، وتنخفض تباعا الى ان تصل الى ادنى قيمة (1370 rays) عند النموذج ذي عرض الشق (1 mm) . ان سبب هذا التفاوت يعود الى زيادة عرض الشق الامر الذي يؤدي الى زيادة فرصة هروب الاشعة بعد الانعكاس من السطح السفلي من الخلية ورجوعها الى خارج النظام البصري ، من ثم نقصان الانعكاسات الداخلية فتقل قراءة الكاشف .

الجدير بالذكر ان كل النماذج ضاعفت عدد الاشعة الساقطة عليها على الرغم من التفاوت المذكور اعلاه ، وبالتالي تزداد كفاءة التصميم وهو الغرض الاساس لتصميم النموذج لأسر الاشعة الشمسية .



الشكل (2-3) منحنى يبين العلاقة بين عدد الأشعة وتغيير زاوية السقوط مع تغيير عرض الشق عند سمك خلية (5mm) للعدسات المربعة.

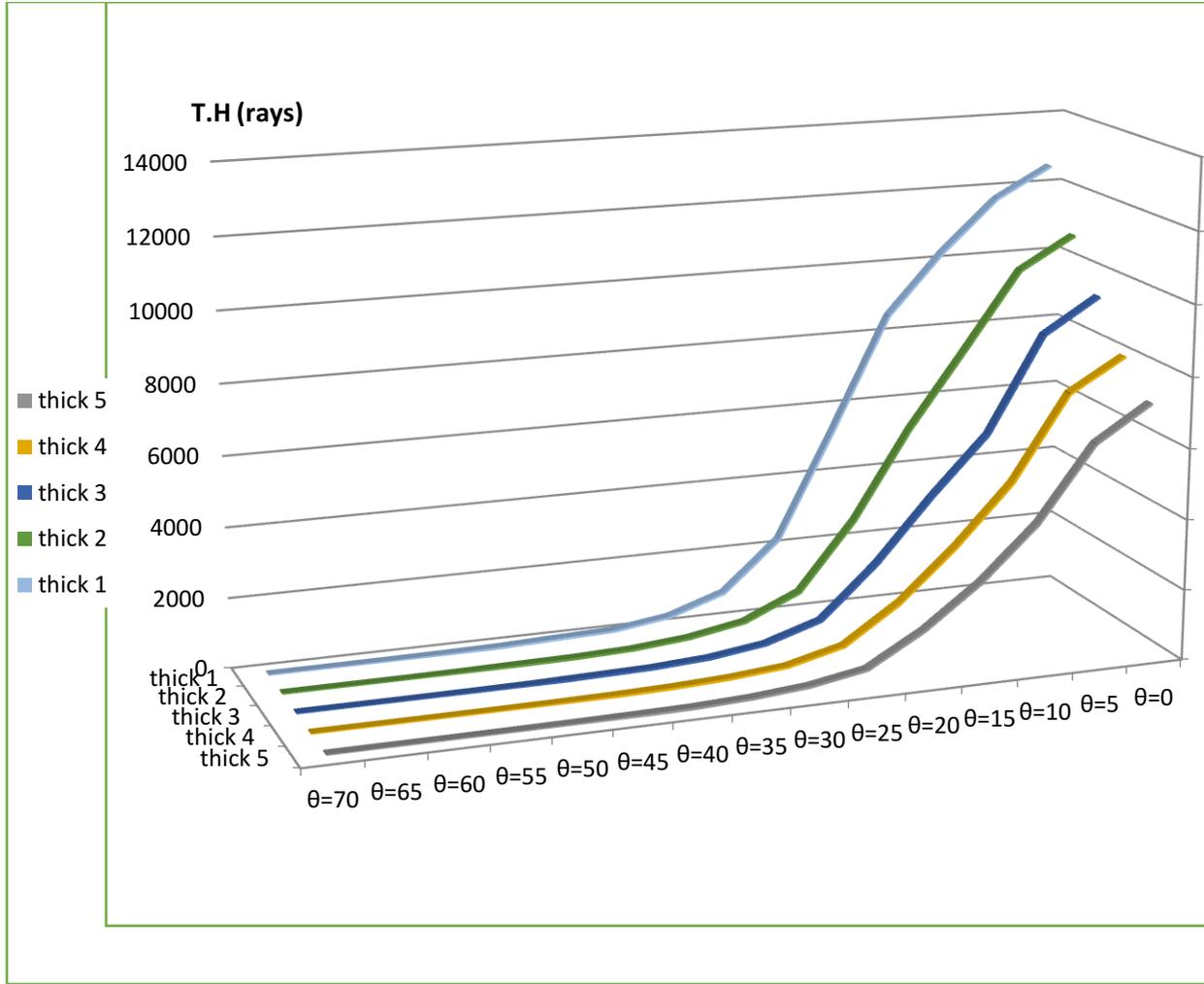
2.1.3.3 تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير زاوية السقوط على عدد الأشعة للعدسات المربعة

ان لسمك الخلية وعلاقته بزاوية سقوط الأشعة أهمية كبيرة لزيادة كفاءة الخلية الشمسية بسبب إمكانية استخدام خلايا شمسية متعددة الطبقات لزيادة مدى طيف الأشعة الممتصة من قبلها، فقد تمت دراسة تغيير سمك الخلية وتأثير زاوية السقوط لنموذج العدسات المربعة، حيث يوضح الشكل (3-3) عدد الأشعة الواصلة للكاشف بتغيير سمك الخلية .

تم تغيير السمك ما بين (1-5 mm) لمعرفة تأثير السمك الأفضل لتصميم الخلايا الشمسية ، فبين الشكل اختلاف في عدد الأشعة الساقطة عند تغيير السمك لكل نموذج مختلف عن الآخر بالسمك ، فتكون جميع المنحنيات منحدره من أعلى قيمة لها عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) الى أقل قيمة عند ($\theta=70^\circ$) للنموذج ذي عرض شق (0.1mm) .

نلاحظ من خلال قراءات الكاشف ان كل النماذج سجلت قيما مختلفة لاعداد الأشعة المستلمة عن قيمة الأشعة الداخلة فتكون أعلى قيمة (12583 rays) عند النموذج ذي سمك (thick= 1mm) ، عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) وتنخفض الى ان تصل الى أدنى قيمة وهي (1ray) عند النموذج ذي سمك (thick=5mm) عند الزاوية ($\theta=70^\circ$) .

ويلاحظ عدم تسجيل قراءات على الكاشف لكل النماذج بدءا من الزاوية ($\theta=30^\circ$) وحتى الزاوية ($\theta=70^\circ$) ، بسبب طبيعة النموذج الذي لا يسمح بمرور الضوء داخل الخلية الشمسية عند زاوية السقوط التي تساوي او اكبر من (30°) .



الشكل (3-3) منحنى يبين العلاقة بين عدد الأشعة وتغيير زاوية السقوط مع تغيير سمك الخلية عند عرض الشق (0.1mm) للعدسات المربعة .

3.1.3.3 تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير عرض الشق على عدد الأشعة للعدسات المربعة

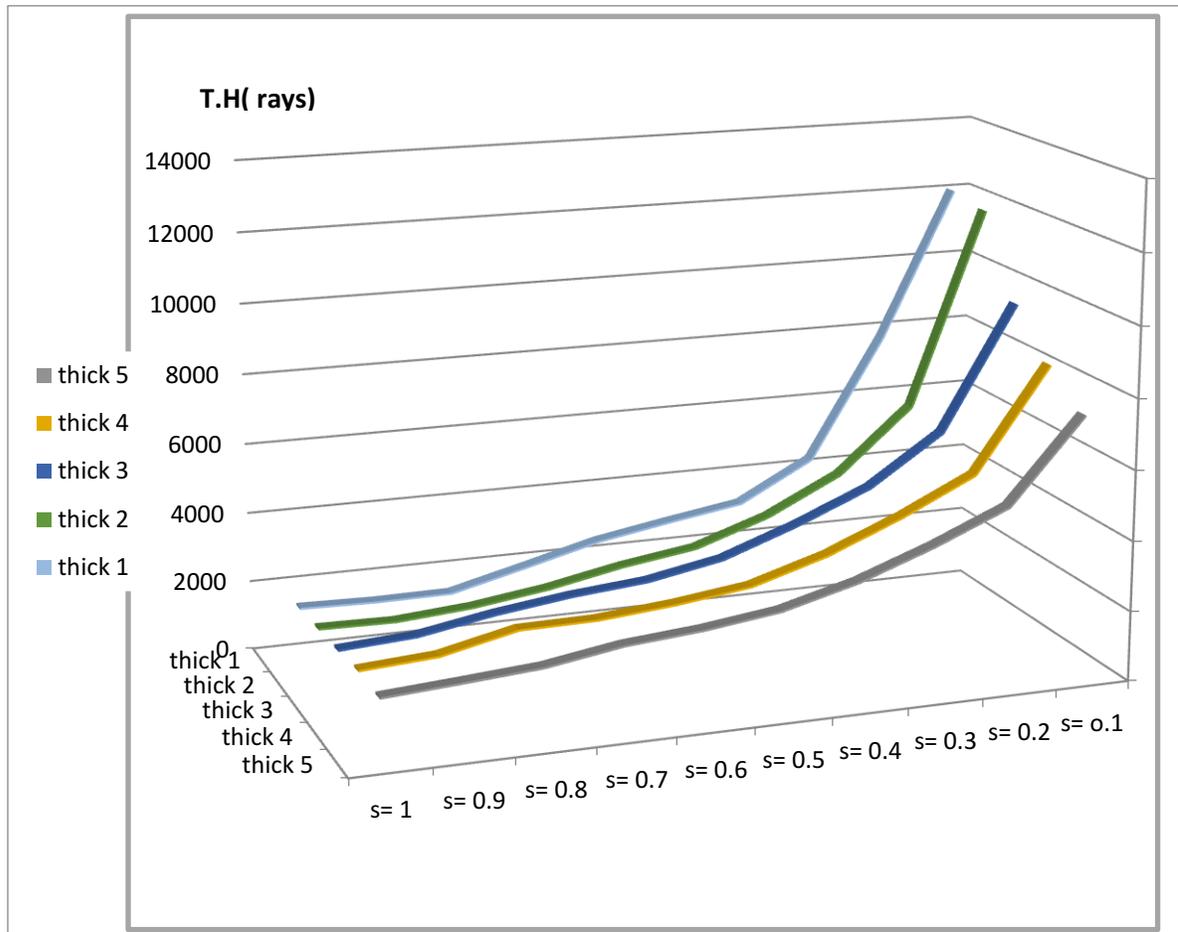
ان تغيير سمك الخلية ما بين (1-5mm) وتغيير عرض الشق ما بين (0.1-1mm) يؤثر على كفاءة الخلية الشمسية لتتباين عدد الأشعة الساقطة باختلاف السمك ولكل عرض الشق مختلف لتكون جميع المنحنيات مبينة في الشكل (4-3).

ان اعظم قيمة يمكن الحصول عليها عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) تكون للنموذج ذي عرض الشق (0.1mm) وهي (12069 rays) ، ثم تنحدر عدد الأشعة لتصل الى ادنى قيمة لها عند النموذج ذي عرض الشق (1mm) لتكون (1460 rays) عند سمك الخلية (thick= 1mm) .

يؤكد الشكل ان الانحدار التدريجي يكون لنموذج ذي عرض شق (0.1mm) عند تغيير سمك الخلية فيلاحظ أن عدد الأشعة عند السمك (thick= 1mm) هي (12069 rays)، ثم تنخفض لتصل الى أقل قيمة عند السمك (thick=5) وهي (7416rays) عند الزاوية ($\theta=0^\circ$).

كما يبين الشكل ان افضل قراءات الكاشف لعدد الأشعة يمكن أن يقرؤها تكون للنموذج ذي عرض الشق (0.1mm) والنموذج ذي عرض الشق (0.2mm) وذلك لصعوبة هروب الأشعة المحتجزة داخل الخلية من خلال هذين النموذجين لضيق عرض الشق لهما.

يلاحظ ان هناك تفاوتاً واضحاً من خلال الشكل بين المنحنيات لكل نموذج شق ولكل سمك خلية على الرغم من انها تبدأ من أعلى قيمة لتصل الى قيم أقل، ولكنها تكون أعلى من عدد الأشعة الداخلة الى الخلية الشمسية (1000 rays).



الشكل (3-4) منحنى يبين العلاقة بين عدد الأشعة وتغيير عرض الشق مع تغيير سمك الخلية عند زاوية سقوط ($\theta=0^\circ$) للعدسات المربعة.

2.3.3 القدرة الكلية الخارجة (T.P) Output Total power

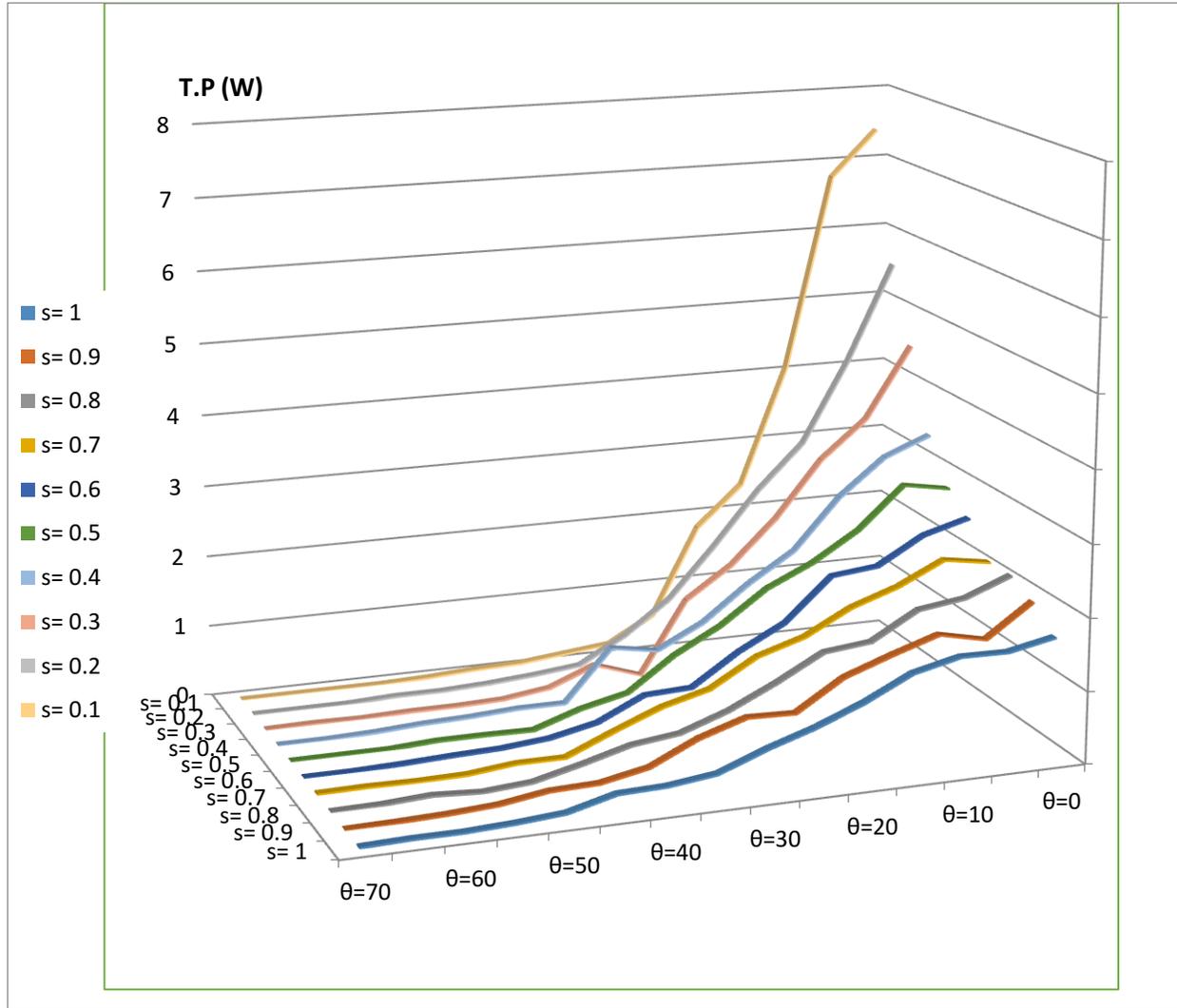
تعد القدرة واحدة من العناصر المهمة التي تبين كفاءة الخلية الشمسية حيث تقارن بقدرة المصدر المستخدم في التصميم والذي تكون قدرته الداخلة هي (1watt) لتقارن بالنتائج المستخلصة من قراءة الكاشف وذلك من خلال العلاقات الآتية:

1.2.3.3 تأثير تغيير عرض الشق مع تغيير زاوية السقوط على القدرة الكلية الخارجة للعدسات المربعة

ان لعرض الشق له تأثير كبير على كفاءة التصميم المستخدم لاحتجاز الاشعة والذي يكون معرضا لاشعة الشمس وبزاويا سقوط مختلفة (للخلية ذات السمك (thick = 5mm))، فيلاحظ من خلال الشكل (3-5) ان القدرة التي يقرأها الكاشف ولكل النماذج تضاعفت عن قيمتها (1watt) الداخلة الى النظام لتصل في بعض النماذج مضاعفة الى أكثر من عدة مرات فتكون للتصميم ذي عرض شق (0.1mm) قيمتها (7.43watt) عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) وهي أعظم قدرة ناتجة ثم تنخفض بالتدريج لتصل الى أدنى قيمة لها فتكون (0watt) عند الزاوية ($\theta=70^\circ$).

كذلك يؤكد الشكل ان زاوية القبول هي ($\theta=25^\circ$) لكل النماذج المصممة لتكون بعدها منحنيات النماذج متقاربة القيم في قيمة القدرة ، ويبين الشكل أن الانحداريكون تدريجيا في قيم القدرة لكل النماذج الخاصة بالنظام البصري المصمم من أعظم قيمة عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) الى أدنى قيمة لها عند الزاوية

($\theta=70^\circ$)



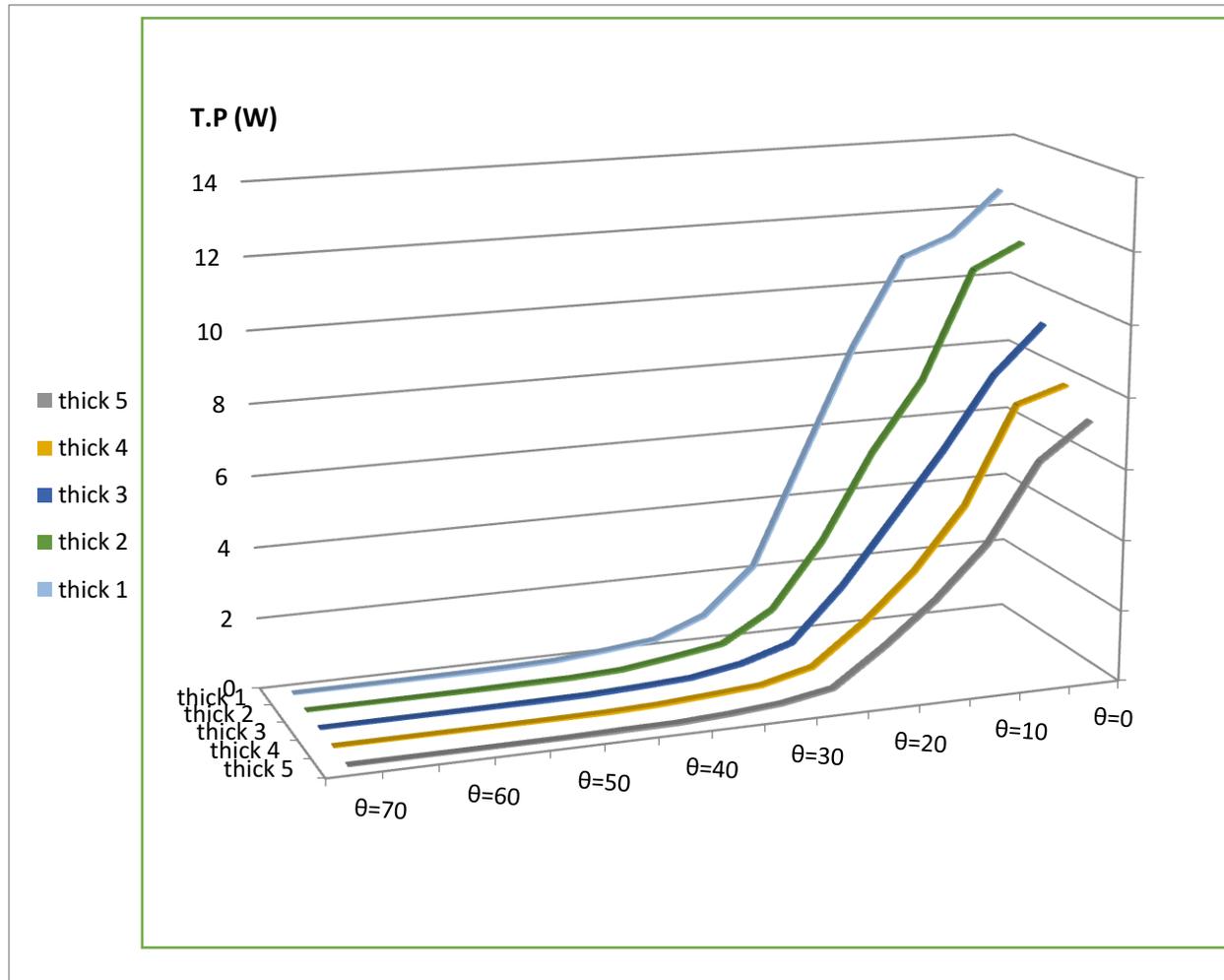
الشكل (5-3) منحنى يبين العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة وتغيير عرض الشق مع تغيير زاوية السقوط عند سمك خلية (5mm) للعدسات المربعة .

2.2.3.3 تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير زاوية السقوط على القدرة الكلية الخارجة للعدسات المربعة

ان استخدام نماذج مختلفة السمك لدراسة تأثير زاوية سقوط الاشعة على مقدار القدرة التي يسجلها الكاشف من العوامل المهمة لبيان النموذج ذي كفاءة تصميم عالية ، اذ يمكن ملاحظة قيم القدرة العالية في الشكل (6-3) لهذه النماذج ، وعلى الرغم من وجود تفاوت في قيمتها لزاويا سقوط مختلفة (للمنموذج ذي عرض شق (0.1mm) فتكون أقصى قيمة للقدرة عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) للمنموذج ذي سمك

هي (Thick = 1mm) (12.58 watt) وهي قيمة عالية جدا لتتحد بعدها لكل نموذج تصميم لتصل الى أقل قيمة (7.43watt) للنموذج ذي سمك (Thick = 5mm) .

يتبين من خلال الشكل (3-6) ان زاوية القبول هي ($\theta=25^\circ$) ، وكما يتبين من الشكل ان الانحدار واضح للنماذج المصممة من أعلى قيمة عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) الى أدنى قيمة عند الزاوية ($\theta=70^\circ$) .

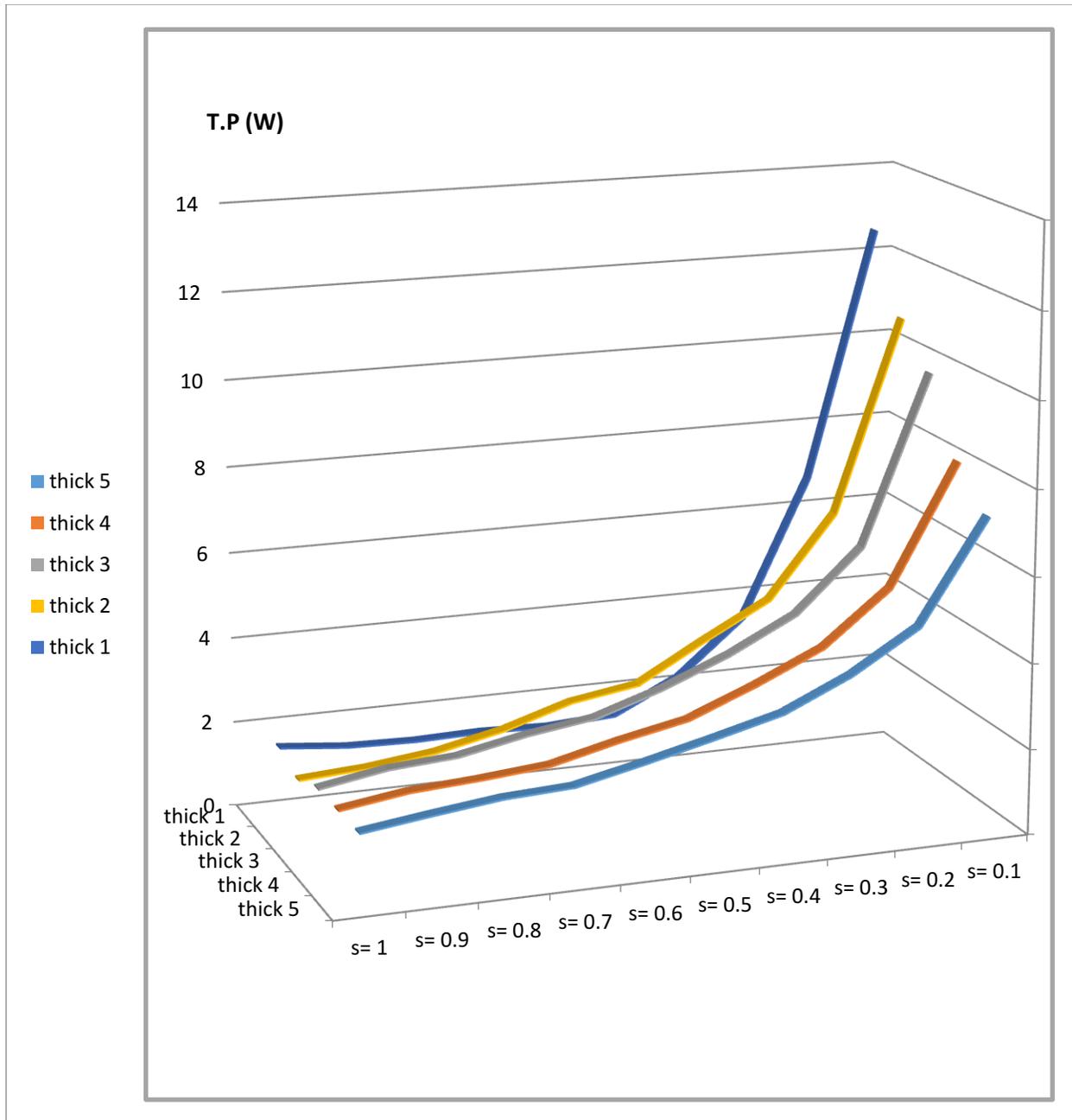


الشكل (3-6) منحنى يبين العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة وتغيير زاوية السقوط مع تغيير سمك الخلية عند عرض شق (0.1mm) للعدسات المربعة .

3.2.3.3 تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير عرض الشق على القدرة الكلية الخارجة للعدسات المربعة

ان القدرة التي يسجلها الكاشف والموضحة بالشكل (3-7) والمختلفة في السمك وتأثير تغيير عرض الشق على كمية القدرة المسجلة لكل نموذج تصميم . حيث يوضح الشكل ان قيمة القدرة تتفاوت في كل نموذج من النماذج المصممة فتكون افضل قدرة يمكن الحصول عليها هي للنموذج ذي عرض شق (0.1mm) ، حيث تكون (12.58watt) كما ان منحنيات القدرة توضح ان كل النماذج المصممة تعطي قدرة عالية ومضاعفة عن القدرة الداخلة على الرغم من وجود تفاوت في قراءات الكاشف للقدرة وللنموذج نفسه عند تغيير سمك الخلية .

يتبين من الشكل ان المنحنيات تنحدر من أعلى قيمة لها عند النموذج ذي سمك (0.1mm) الى أقل قيمة لها والتي تكون للنموذج ذي عرض شق (1mm) والتي تكون (1.3watt) .



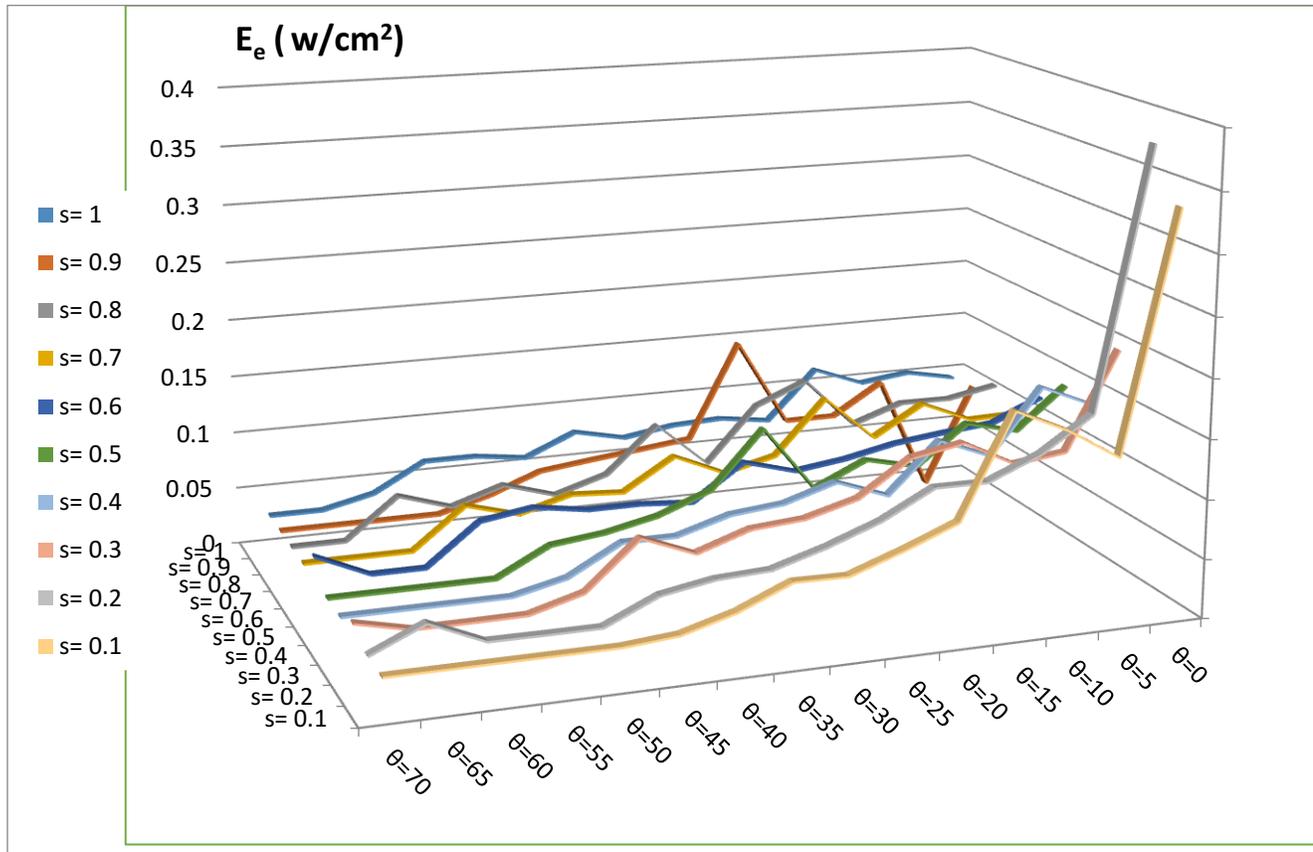
الشكل (7-3) منحنى يبين العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة وتغيير عرض الشق مع تغيير سمك الخلية عند زاوية سقوط $\theta=0^\circ$ لعدسات المربعة .

3.3.3 الاستضاءة (E_e) Irradiance

ان توزيع سقوط الاشعة على سطح الكاشف يمكن توضيحها من خلال الاستضاءة والتي قد تسمى بالقدرة النوعية . تم استخدام الاستضاءة لكل نموذج تصميم لمعرفة ماهية تأثير تغيير

عرض الشق وزاوية السقوط للاشعة على مقدار الاستضاءة، فيلاحظ من الشكل (8-3) ان هناك تفاوتاً طفيفاً في توزيع الاستضاءة لكل النماذج المصممة وعند كل زاوية من زوايا السقوط .

يتبين من خلال الشكل ان النموذج ذو عرض شق (0.1mm) والنموذج ذو عرض شق (0.2mm) لهما توزيع استضاءة مختلف عن بقية النماذج المصممة فتكون لاول (0.335 W/cm²) وللثاني (0.377 W/cm²) وذلك عند سمك الخلية (thick=1mm). اما بقية النماذج فتكون متشابهة في توزيع الاستضاءة تقريبا وبالاخص للزوايا الاكبر من زاوية القبول ($\theta=25^\circ$)، والسبب يعود الى ان هذين النموذجين يكون لكل منهما طول مسار الفوتونات اكبر لكثرة الانعكاسات المتكررة ومن ثم زيادة الاشعة الواصلة الى الكاشف فتزداد الاستضاءة.



الشكل (8-3) منحنى يبين تأثير تغيير زاوية السقوط مع تغيير عرض الشق على الاستضاءة عند سمك خلية 1mm للعدسات المربعة.

4.3 النموذج الثاني (نظام بصري يحتوي صفوف عدسات سداسية الشكل)

Second Model (Optical System with Hexagonal array Lenses)

ان صفوف العدسات السداسية التي تمتلك نسبة ملئ (100%) تعد واحدة من نماذج المركزات المهمة التي تستخدم على سطح الخلايا الشمسية حيث تقوم بتركيز الاشعة بطريقة تختلف عن غيرها من العدسات ، بسبب طبيعة شكلها الهندسي .وقد استخدمت العدسات السداسية في التصميم لعمل مقارنة بينها وبين العدسات المربعة لكونها مناسبة في انظمة المركزات ، وكذلك تمتلك نسبة ملئ متساوية .

1.4.3 قراءة الكاشف Detector measurement

عند تصميم نموذج صفوف العدسات السداسية تم اختيار (6) شرائح مرايا تحت العدسات السداسية لتوافق أبعاد الخلية الشمسية ولجعل الضوء ينعكس انعكاسا كليا داخليا بينها وبين الكاشف، وكما يأتي :

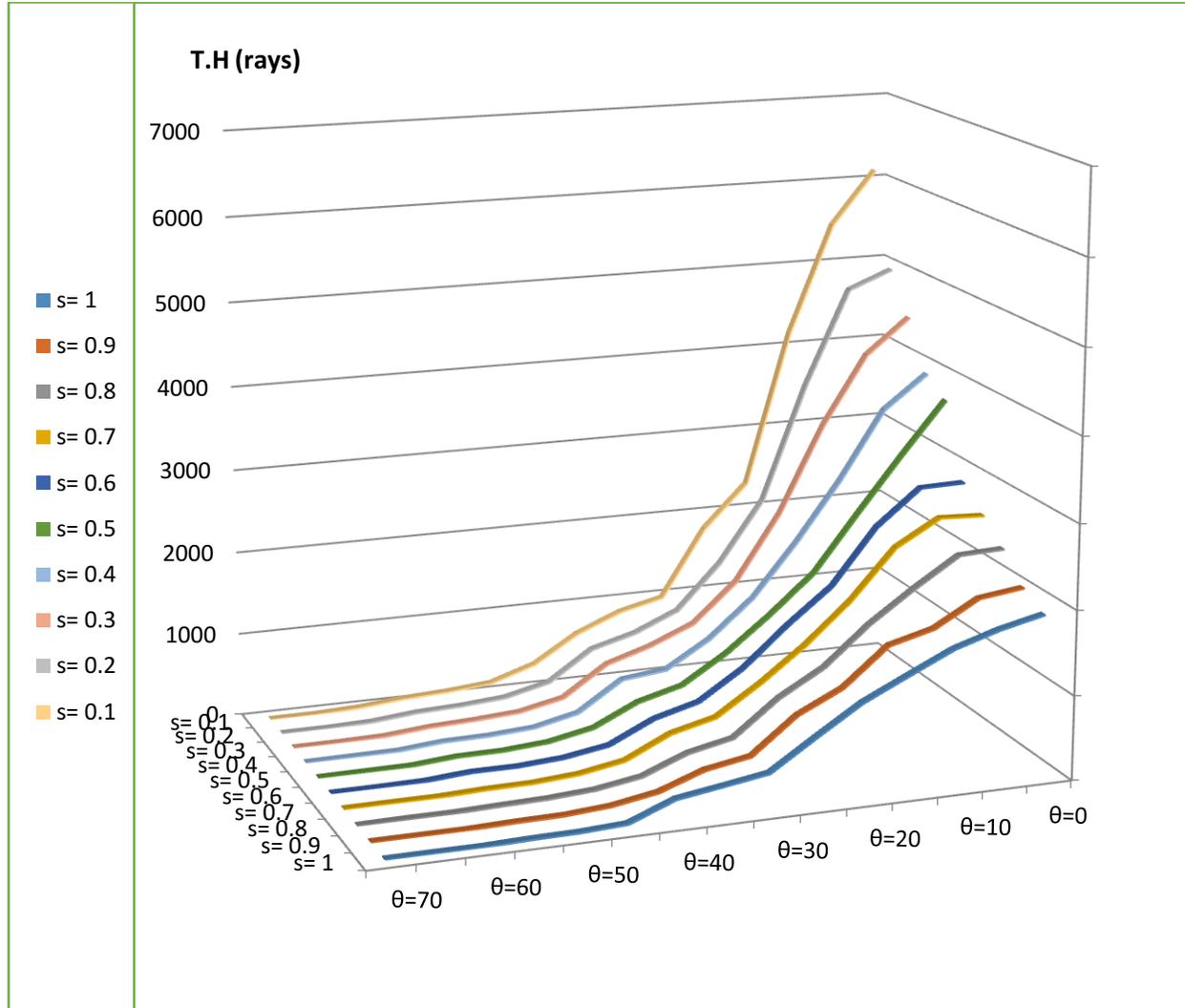
1.1.4.3 تأثير تغيير عرض الشق مع تغيير زاوية السقوط على عدد الاشعة للعدسات السداسية

استخدمت تصاميم للنظام البصري مختلفة لدراسة تأثير تغيير عرض الشق على عدد الأشعة الداخلة والخارجة من النظام ، فيلاحظ من الشكل (3-9) ان عدد الاشعة لنموذج ذي سمك خلية (thick= 5mm) يتغير مع زاوية السقوط فتكون اعظم قيمة عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) للنموذج ذي شق (0.1mm) وهي (6115 rays) ثم تنحدر بالتدرج عند زيادة عرض الشق الى أقل قيمة (1912 rays) قد تم الحصول عليها وتكون للنموذج ذي عرض شق (1mm) .

يتبين من خلال الشكل عدد الاشعة تنحدر ايضا بالتدرج لكل نموذج تصميم عند تغيير زاوية سقوط الاشعة لتبلغ اعظم قيمة لها عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) ثم تصل الى أقل قيمة عند الزاوية ($\theta=70^\circ$) ، وعلى الرغم من التفاوت الموجود بين نماذج التصاميم الا ان عدد الاشعة قد تضاعف عند كل نموذج تصميم .

تكون زاوية القبول في كل نماذج التصميم هي الزاوية ($\theta=25^\circ$) والتي تكون مشابهة لزاوية القبول لنموذج العدسات المربعة . كما يلاحظ بذلك ان عدد الاشعة الساقطة على الكاشف يقل مع زيادة زاوية السقوط لتكون عند الزاوية ($\theta=70^\circ$) هي (0) شعاع للنموذج ذي الشق (0.1mm) و (0.2mm) .

كما ان الشكل يبين ان عدد الاشعة الواصلة للكاشف يكون متساويا لجميع الشقوق تقريبا من الزاوية $(\theta=30^\circ)$ وحتى الزاوية $(\theta=70^\circ)$.



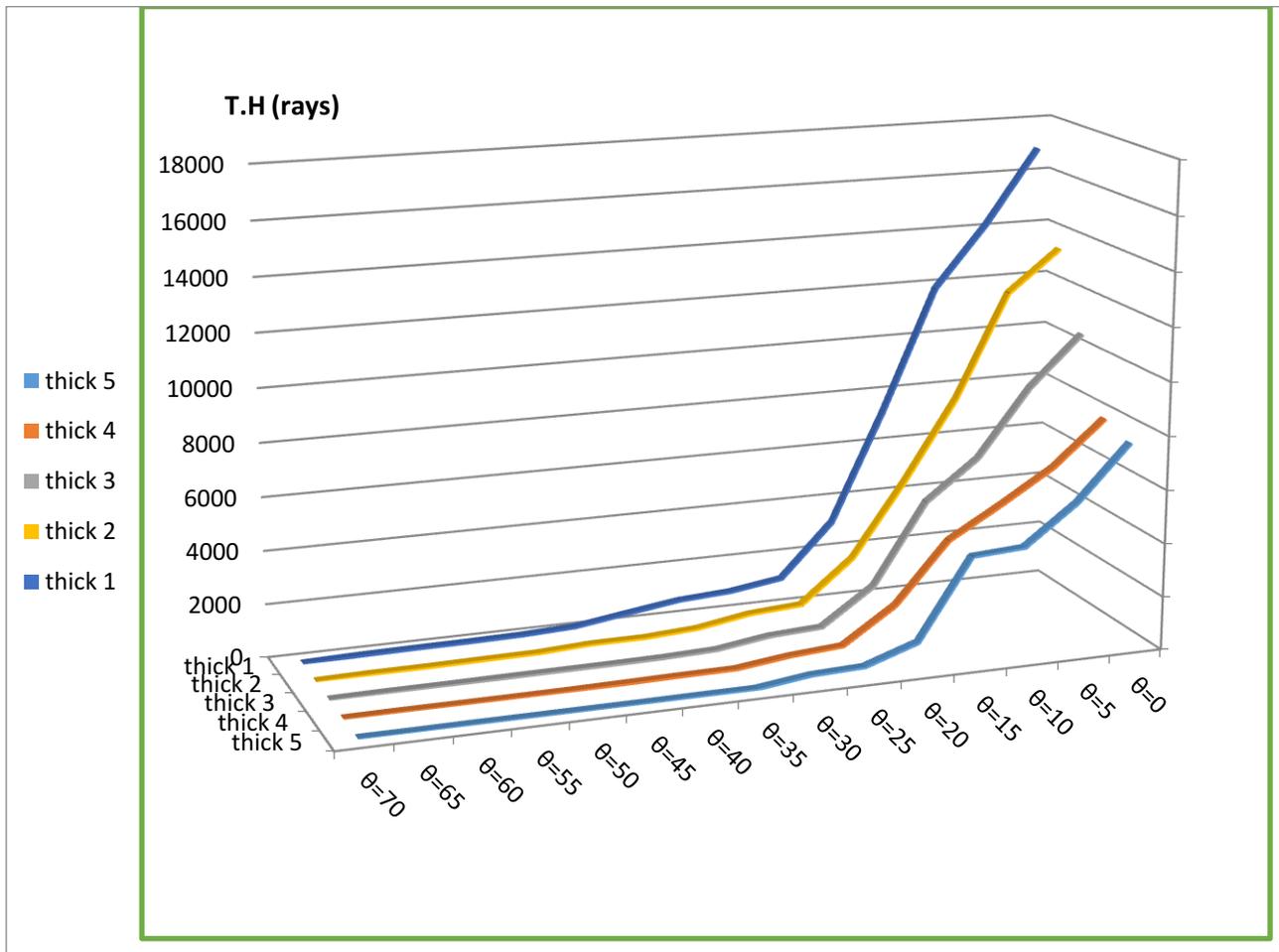
الشكل (9-3) منحنى يبين العلاقة بين عدد الاشعة وتغيير زاوية السقوط مع تغيير عرض الشق عند سمك خلية 5mm للعدسات السداسية .

2.1.4.3 تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير زاوية السقوط على عدد الاشعة للعدسات السداسية

يتضح من خلال الشكل (10-3) تأثير زاوية سقوط الاشعة على كل نموذج تصميم ذي سمك معين، فيلاحظ نقصان عدد الاشعة الواصلة الى الكاشف عند زيادة سمك الخلية فيكون عدد الاشعة للنموذج ذي

السك (thick=1mm) للزاوية ($\theta=0^\circ$) وللنموذج ذي عرض شق (0.1mm) هو (16968 rays) لتقل بالتدرج، فالنموذج ذو السك (thick=5mm) يكون عدد الاشعة الواصلة فيه الى الكاشف هي (6115 rays).

كما يتضح من الشكل ان عدد الاشعة يبلغ اقصاه عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) ثم ينحدر بالتدرج حتى يصل الى زاوية القبول ($\theta=25^\circ$) لتتقارب بعدها القراءات وتضحى قليلة لكل نموذج تصميم الى ان تصل الى أقل قيمة لها عند الزاوية ($\theta=70^\circ$). يبين الشكل ان عدد الاشعة ينحدر بشدة من الزاوية ($\theta=0^\circ$) الى الزاوية ($\theta=25^\circ$) ليكون التقارب بعدها واضحا، وكما في الشكل .

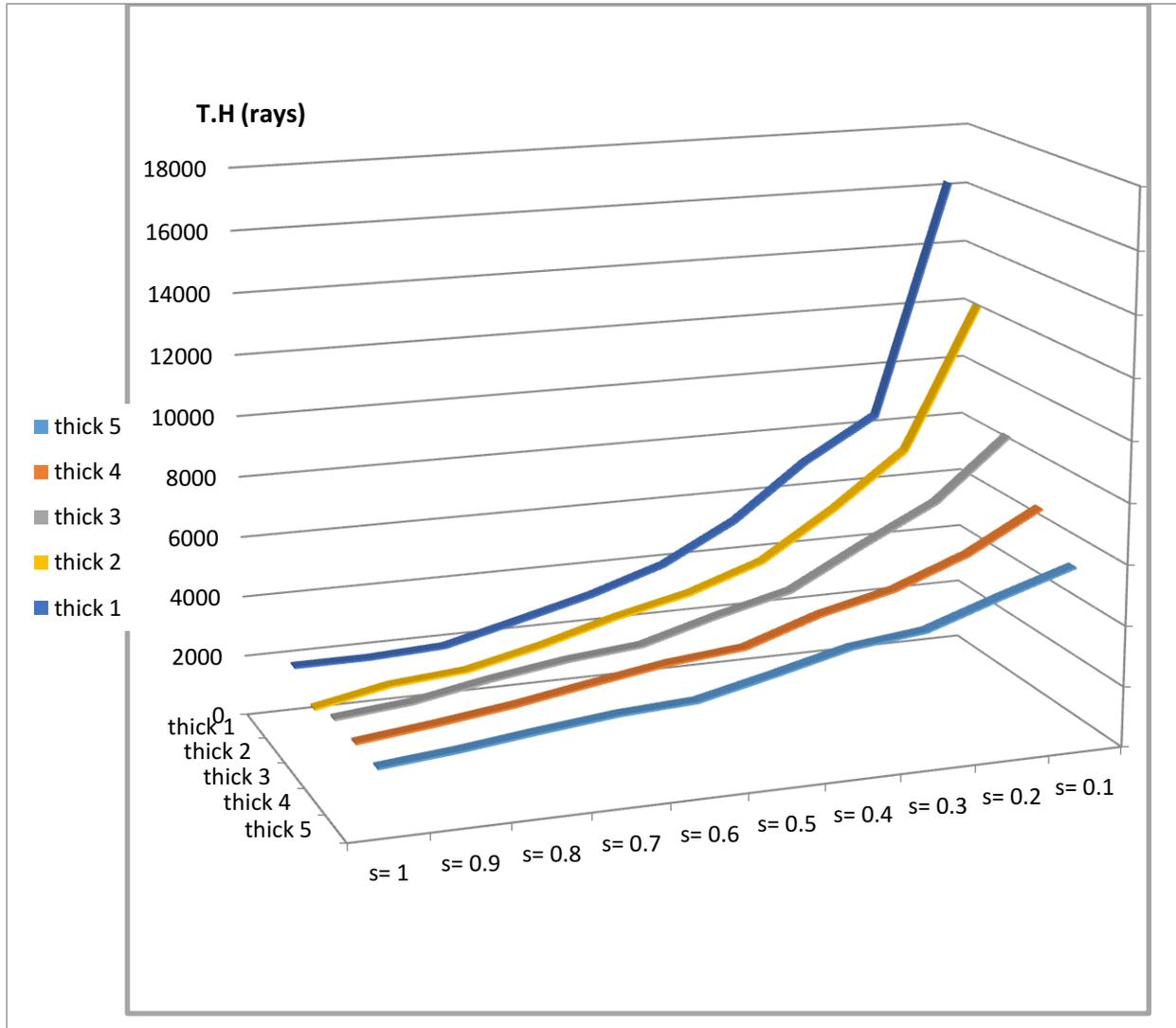


الشكل (10-3) منحنى يبين العلاقة بين عدد الاشعة وتغيير زاوية السقوط مع تغيير سمك الخلية عند عرض شق (0.1mm) للعدسات السداسية .

3.1.4.3 تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير عرض الشق على عدد الأشعة للعدسات السداسية

يختلف عدد الأشعة الواصلة الى الكاشف (بزاوية سقوط عمودية على النظام) ولكل نموذج من النماذج المصممة عند تغيير سمك الخلية او عند تغيير عرض الشق وتكون منحدره من أعلى قيمة الى أدنى قيمة، فيكون عدد الأشعة للنموذج ذي عرض شق (0.1mm) هي (16300 rays) وهي أقصى قيمة يمكن ان يسجلها الكاشف والتي تكون عند السمك (thick=1mm) ثم تنزل القيم الى أقل قيمة (1907 rays) للنموذج ذي عرض شق (1mm) .

كما يتبين من خلال الشكل (3-11) ان عدد الأشعة لكل نموذج يتفاوت بشكل طفيف عند تغيير سمك الخلية ولكنه يشهد زيادة كبيرة مقارنة بعدد الأشعة الداخلة الى النظام البصري المصمم ، بينما يوضح الشكل ان عدد الأشعة يتفاوت تفاوتاً كبيراً ونحصل على افضل قراءات للكاشف عندما نأخذ نموذج ذي سمك (thick=1mm) ونغير عرض الشق .



الشكل (11-3) منحنى يبين العلاقة بين عدد الأشعة وتغيير سمك الخلية مع تغيير عرض الشق عند زاوية سقوط ($\theta=0^\circ$) للعدسات السداسية .

2.4.3 القدرة الكلية الخارجة Output Total power

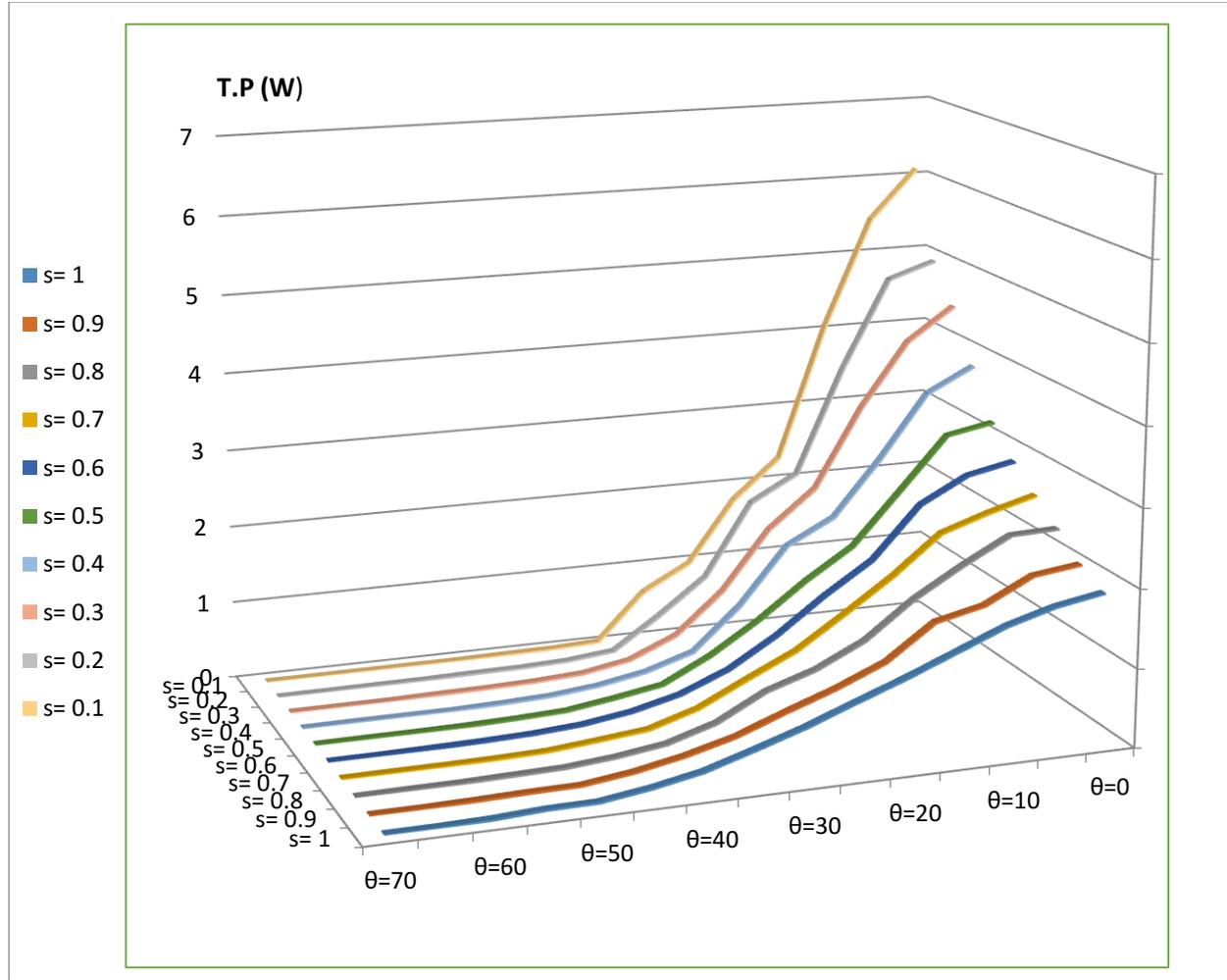
ان قيمة القدرة الكلية تتأثر بشكل كبير مع زاوية السقوط للأشعة الساقطة على الخلية الشمسية وكذلك بتغيير سمك الخلية، اما التأثير الأكبر فيكون بنوع العدسات المستخدمة على السطح الخارجي للخلية والتي تكون في هذا النموذج عدسات سداسية، وكما يلاحظ في النتائج الآتية :

1.2.4.3 تأثير تغيير عرض الشق مع تغيير زاوية السقوط على القدرة الكلية الخارجة للعدسات السداسية

يبين الشكل (3-12) ان قراءات الكاشف (للخلية ذات سمك $(thick=5mm)$) تكون متباينة فتكون المنحنيات منحدره من أعلى قيمة الى أدنى قيمة لها، وان افضل النتائج التي يمكن الحصول عليها تكون للنموذج ذي الشق $(0.1mm)$ حيث تكون القدرة الناتجة في قراءات الكاشف عند الزاوية $(\theta=0^\circ)$ للاشعة الداخلة التي قدرتها $(1watt)$ والنافذة من خلال الشق $(0.1mm)$ هي $(6.1watt)$ ، وهي أعظم قدرة يمكن الحصول عليها ثم تنحدر عند زيادة زاوية السقوط حتى تصل الى أدنى قيمة $(0 watt)$ عند الزاوية $(\theta=70^\circ)$.

يلاحظ من خلال الشكل ان القدرة تكون مضاعفة لكل النماذج المصممة عن قيمتها الداخلة على الرغم من انخفاضها عند زيادة عرض الشق فتكون للنموذج ذي عرض شق $(1mm)$ هي $(1.9watt)$ عند الزاوية $(\theta=0^\circ)$ ، و يبين الشكل ان زاوية القبول هي $(\theta=25^\circ)$ والتي تعطي قيمة القدرة الداخلة .

يتبين من خلال الشكل ان قراءات الكاشف القدرة تبدأ بالانحدار التدريجي لكل نموذج من النماذج لتتقارب بعدها القراءات عند زاوية القبول $(\theta=25^\circ)$ ثم تتقارب اكثر بعدها تقارب لدرجة المساواة عند الزاوية $(\theta=40^\circ)$ ليستمر حتى الزاوية $(\theta=70^\circ)$ ولكن بقيمة أقل من القدرة الداخلة الى الخلية .



الشكل (12-3) منحنى يبين العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة وتغيير زاوية السقوط مع تغيير عرض الشق عند سمك خلية (5mm) للعدسات السداسية .

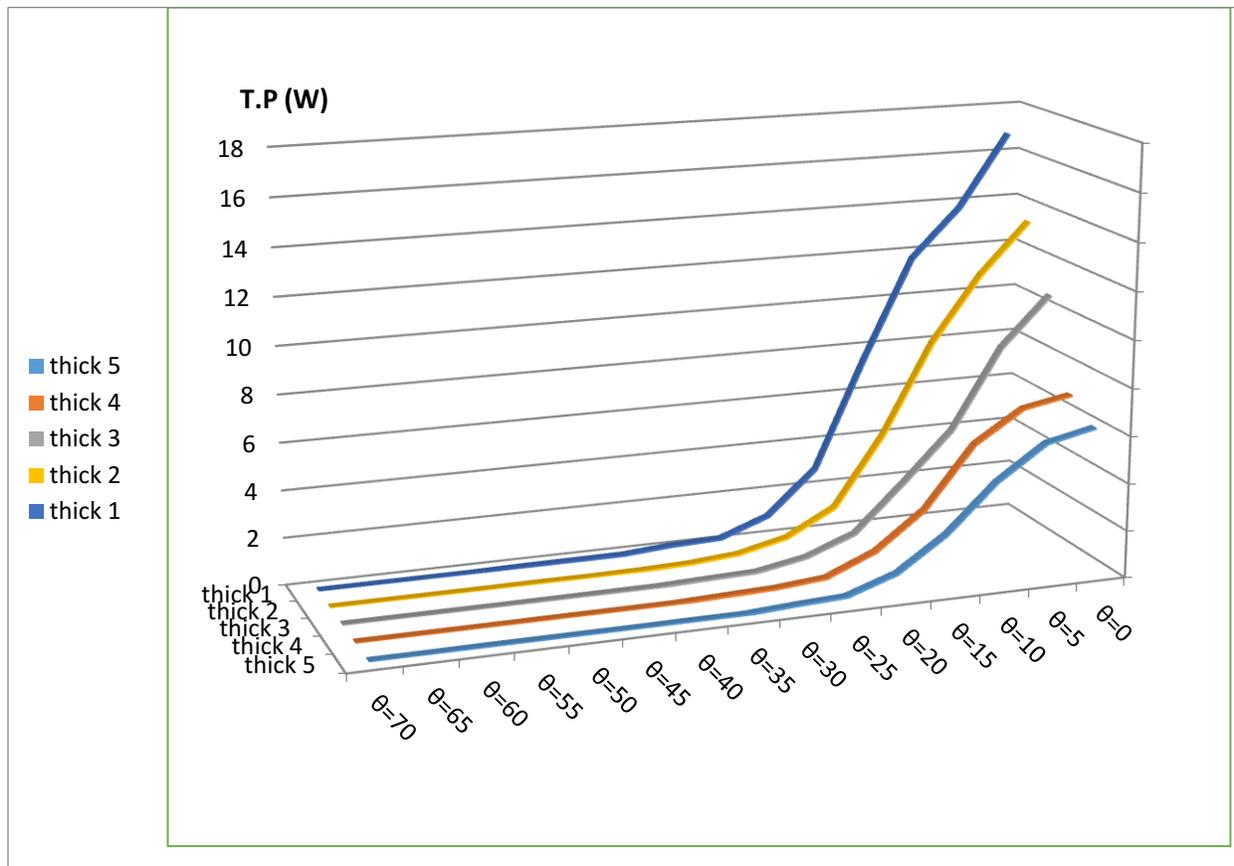
2.2.4.3 تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير زاوية السقوط على القدرة الكلية الخارجة للعدسات السداسية

يوضح الشكل (13-3) ان العدسات السداسية هي افضل من العدسات الرباعية في انتاج قدرة مضاعفة لقدرة الاشعة الداخلة الى الخلية الشمسية بمقدار اكثر من (16) مرة للنموذج ذي سمك (thick=1mm) فتكون القدرة عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) هي (16.8 watt) للنموذج ذي عرض شق (0.1mm).

يبين الشكل ايضا ان قراءات القدرة للكاشف تكون هي الافضل على الرغم من انها تظهر منحدره عند زيادة سمك الخلية وبالاخص عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) ولكل نموذج ذي سمك محدد من التصاميم المصممة ، فتكون أقل قيمة يمكن الحصول عليها عند النموذج ذي سمك ($\text{thick}=5\text{mm}$) هي (6.1 watt) وهي أكثر من (6) أضعاف القدرة الداخلة وبالنتيجة ستعطي النماذج كفاءة عالية جدا.

ان قيم القدرة تنخفض بالتدرج وكما يتضح من الشكل من أعلى قيمة عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) الى أدنى قيمة عند زيادة زاوية سقوط الاشعة حتى تصل الى زاوية القبول ($\theta=25^\circ$) لتتقارب بعدها القدرة ولجميع النماذج المصممة حتى تصل الى القيمة (0 watt) عند الزاوية ($\theta=70^\circ$) .

كما ان الشكل يوضح ان القدرة من الزاوية ($0^\circ-20^\circ$) ولكل سمك تكون أكبر من القدرة الداخلة الى الخلية (1watt) لتبدا بعدها القدرة بالانحدار الى أقل من القدرة الداخلة وقد تكون منعدمة كما عند الزاوية ($\theta=70^\circ$) ولجميع قيم السمك .

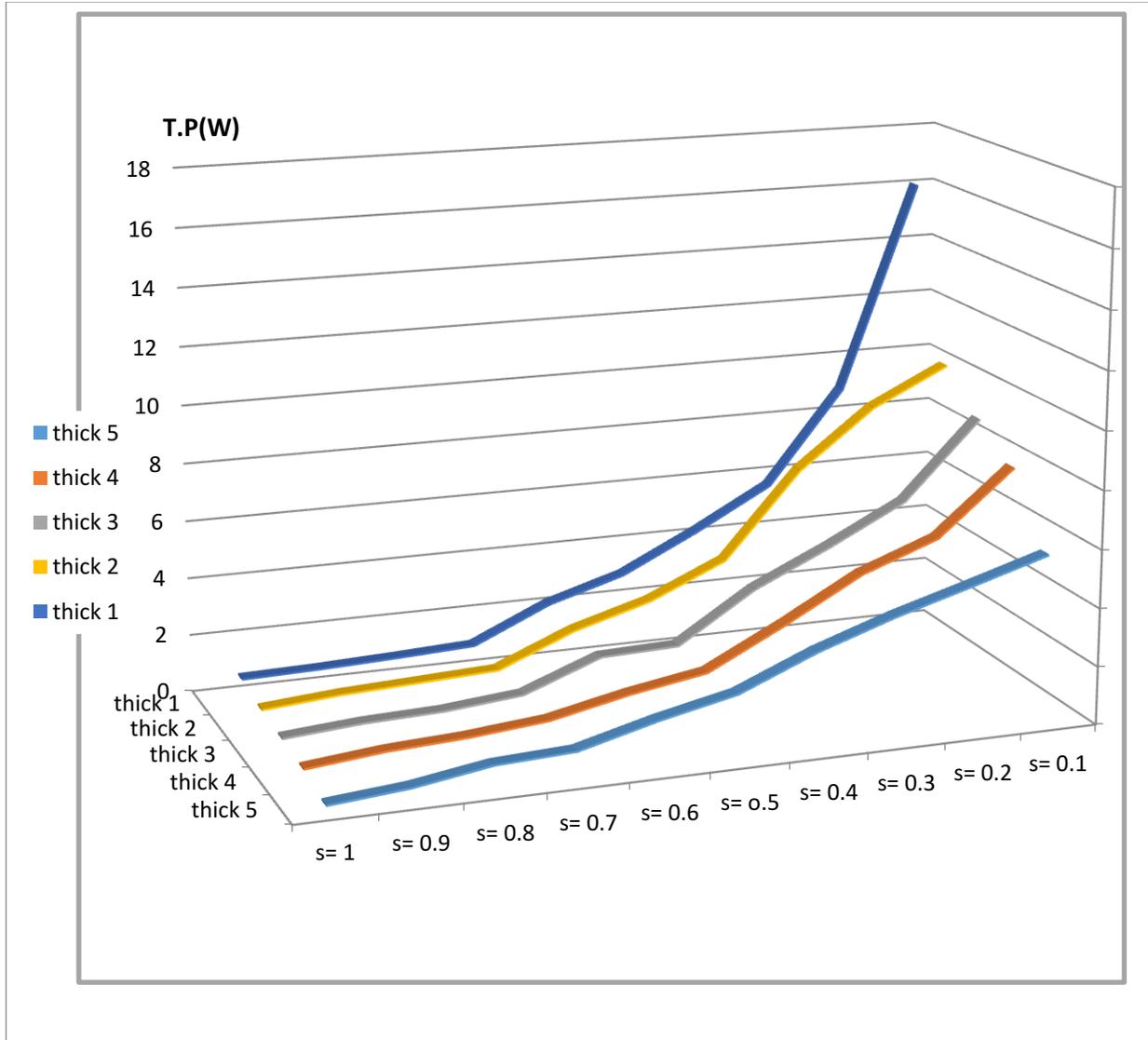


الشكل (3-13) منحنى يبين العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة وتغيير زاوية السقوط مع تغيير سمك الخلية عند عرض شق (0.1mm) للعدسات السداسية .

3.2.4.3 تأثير تغيير سمك الخلية مع تغيير عرض الشق على القدرة الكلية الخارجة للعدسات السداسية

عند دراسة العلاقة بين سمك الخلية وعرض الشق نحصل على نتائج القدرة المبينة كما في الشكل (14-3) فتكون القدرة متباينة في قيمتها ولكل نموذج من النماذج المصممة لتبلغ أقصى قيمة لها عند النموذج ذي عرض شق (0.1mm) فتكون (16.1 watt) عند السمك (thick=1mm)، ويكون لهذا التصميم انحدار في قيم القدرة يختلف عن بقية النماذج ليكون في أدنى قيمة له عند السمك (thick=5mm) لتكون (5.6 watt) وهي قدرة مضاعفة عدة مرات عن القيمة الداخلة على الرغم من انها أقل قيمة .

كما يتبين من خلال الشكل ان النموذج ذو السمك (0.2mm) والنموذج ذو السمك (0.3mm) لهما الانحدار نفسه بالمنحني تقريبا ،على الرغم من اختلاف قيم القدرة لهذين النموذجين ، كما يتضح من الشكل ان النماذج ذات عرض شق (0.4, 0.5, 0.6mm) تعطي قدرة مضاعفة ولكل نموذج سمك ،اما النماذج ذات عرض شق (0.7, 0.8, 0.9, 1 mm) فتكون القدرة متقاربة وقريبة من القدرة الداخلة، وكما يظهر من خلال الشكل .



الشكل (3-14) منحنى يبين العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة وتغيير سمك الخلية مع تغيير عرض الشق عند زاوية سقوط $(\theta=0^\circ)$ للعدسات السداسية.

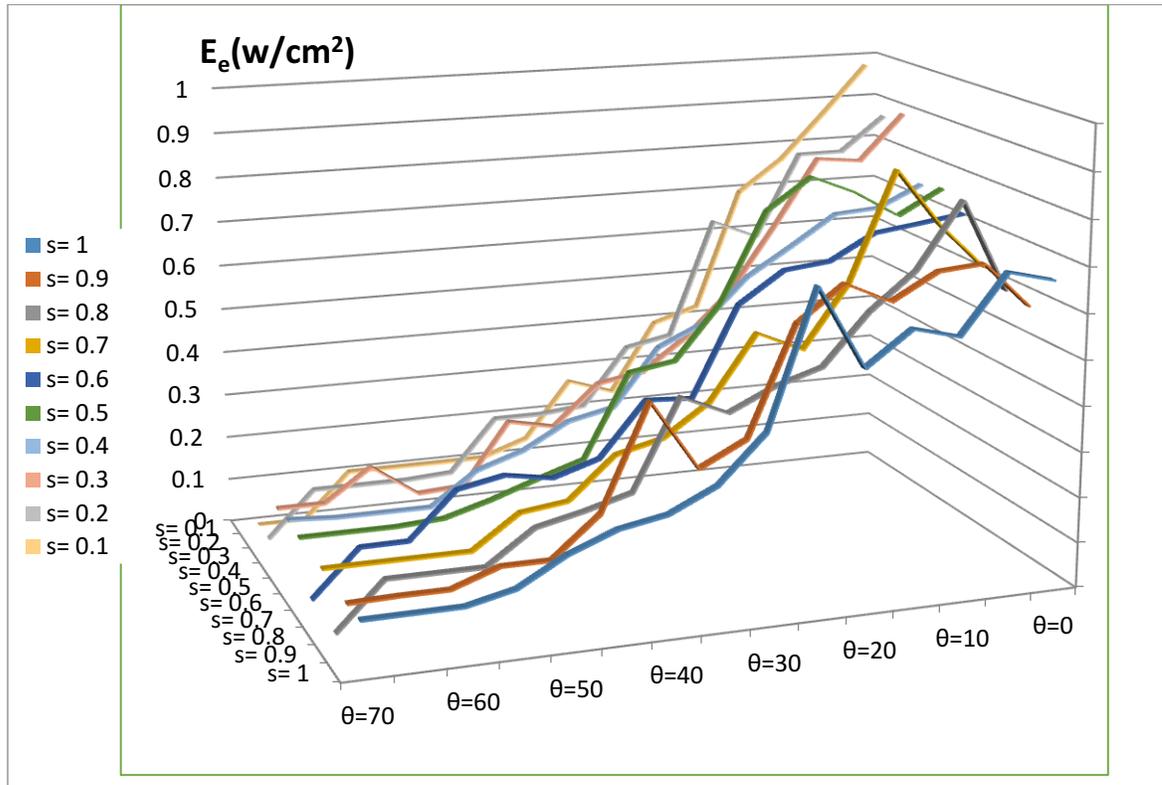
3.4.3 الاستضاءة (E_e) Irradiance

ان توزيع الاستضاءة في العدسات السداسية يكون اكثر من العدسات الرباعية كما انه يختلف ما بين نموذج وآخر وكذلك ما بين زاوية واخرى، وتكون القيم متفاوتة، لان توزيع الاشعة على الكاشف لا يكون بالكيفية نفسها .

ان استخدام الاستضاءة لدراسة العلاقة بين عرض الشق وزاوية السقوط يبينها الشكل (15-3) فكما يظهر من الشكل ان توزيع الاشعة الساقطة على الخلية والواصلة الى الكاشف ليست بالكيفية نفسها حيث تكون منحدره ومتفاوتة ولكل نموذج من النماذج المصممة .

يلاحظ من خلال الشكل ان الاستضاءة تنحدر تدريجيا للشق (0.1mm) من أعلى قيمة لها (0.97 W/cm²) عند الزاوية (θ=0°) وللخلية ذات سمك (thick=1mm) الى أقل قيمة وهي (0 W/cm²) عند الزاوية (θ=70°) .

يكون توزيع الاستضاءة بشكل غير منتظم كما يظهر من الشكل ولكل نموذج فيكون ما بين صعود ونزول في الشق الواحد ولزوايا مختلفة او للزاوية نفسها ما بين النماذج المختلفة ، بسبب طبيعة التصميم الذي يحتوي على شقوق تعمل على تباين توزيع الاستضاءة داخل الخلية ومنها الى الكاشف.



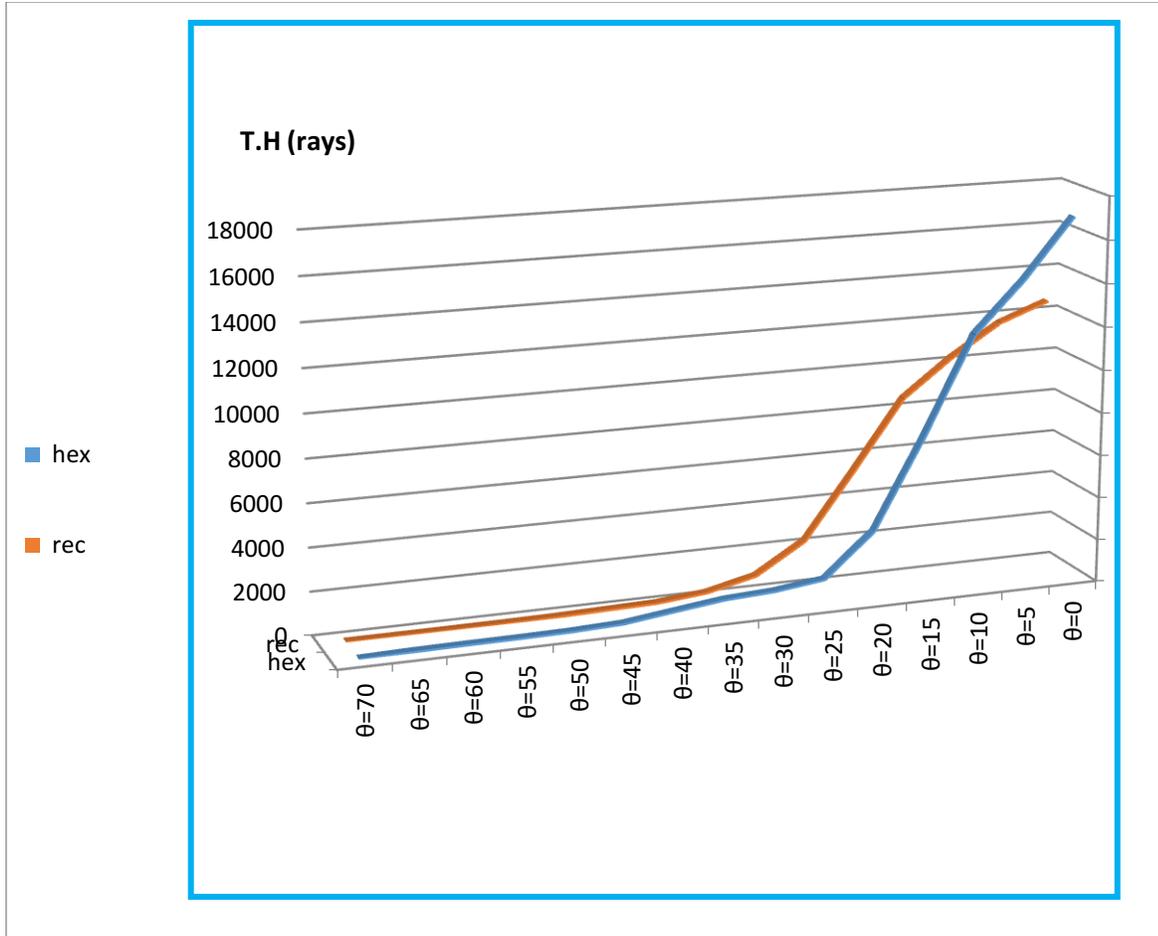
الشكل (15-3) منحنى يبين تأثير تغيير زاوية السقوط مع تغيير عرض الشق على الاستضاءة عند سمك خلية (1mm) للعدسات السداسية .

5.3 المقارنة بين النظامين المصممين comparing between the designed systems

تم اختيار نوعين للعدسات المستخدمة في النموذجين المصممين لكونهما الانسب في انظمة المركزات الشمسية التي تعطي نسبة ملئ (100%) دون الحاجة الى مراعاة كمية الزيغ الكبيرة التي تعطيها هذه الانواع من العدسات ، وعلى اعتبار ان انظمة المركزات الشمسية (غير الصورية) لا تدخل في حساباتها عامل الزيغ.

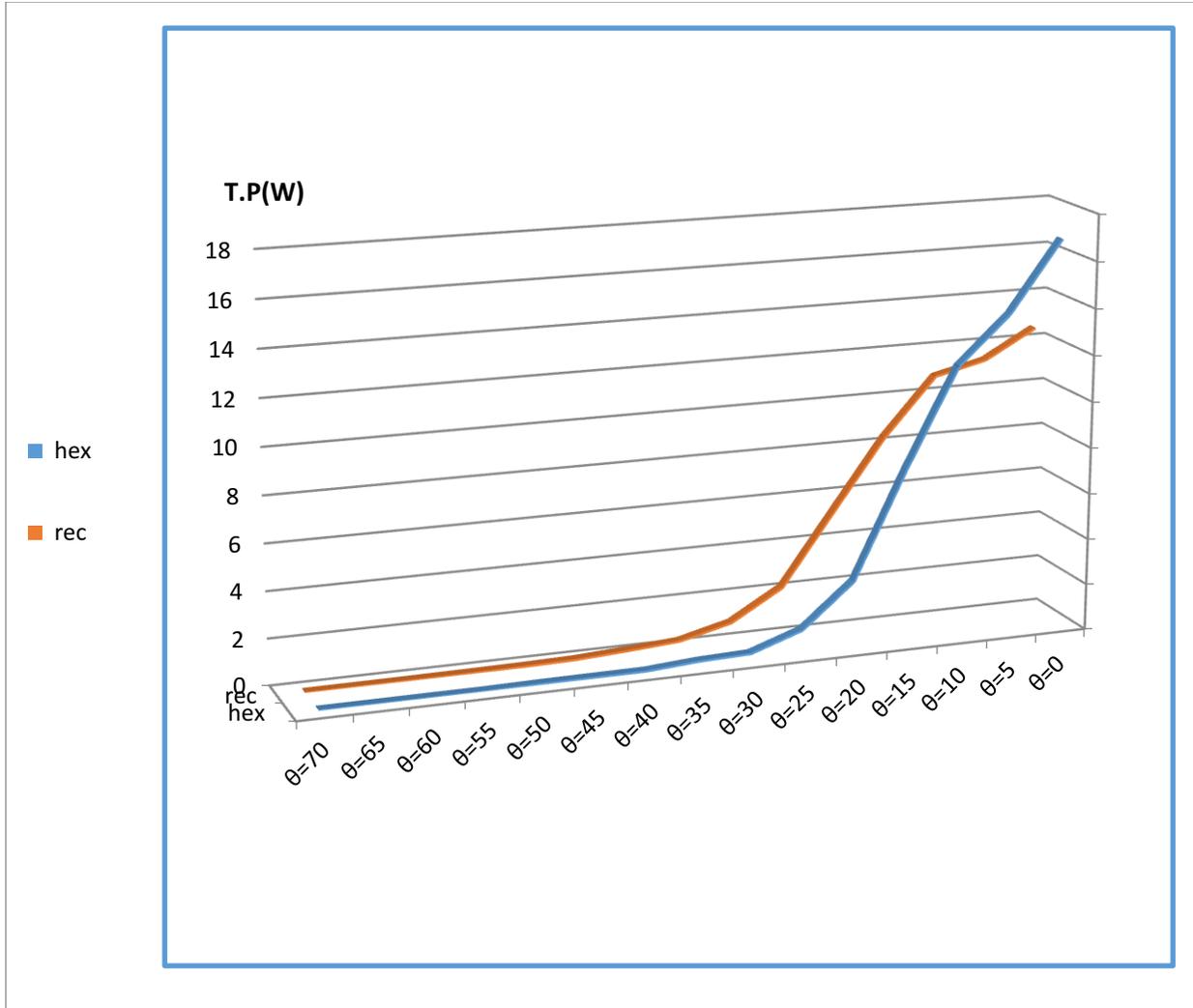
ولبيان المقارنة بين النموذجين المصممين (المربع والسداسي) تم استخدام عرض الشق الافضل (0.1mm) وسمك الخلية الافضل (1mm) .

ولدراسة علاقة قراءة الكاشف مع زاوية سقوط الاشعة لعرض الشق الافضل (0.1mm) ، يلاحظ ان انحدار المنحني للتصميمين من أعلى قيمة عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) الى أدنى قيمة عند الزاوية ($\theta=70^\circ$) ، وكما ان زاوية القبول تكون متساوية لهما وهي ($\theta=25^\circ$) . الا ان قراءات الكاشف لعدد الاشعة الخاصة بالعدسات السداسية (المنحني الأزرق) هي أعلى قيمة من قراءات الكاشف للعدسات المربعة وذلك عند سمك الخلية الأفضل وهو السمك (thick=1mm) ، وكما يلاحظ من المنحني (3-16) ، لذلك تكون العدسات السداسية افضل من العدسات الرباعية من حيث زيادة عدد الاشعة الساقطة على الكاشف عن قيمتها الداخلة (بسبب طبيعة التصميم الهندسي للعدسات السداسية) ومن ثم زيادة احتمالية امتصاص الفوتونات اكثر لتؤدي الى زيادة كبيرة في كفاءة الخلية الشمسية.



الشكل (3-16) منحنى يبين العلاقة بين قراءة الكاشف و تغيير زاوية سقوط الاشعة للنموذجين المستخدمين لعرض شق 0.1mm وسمك خلية 1mm.

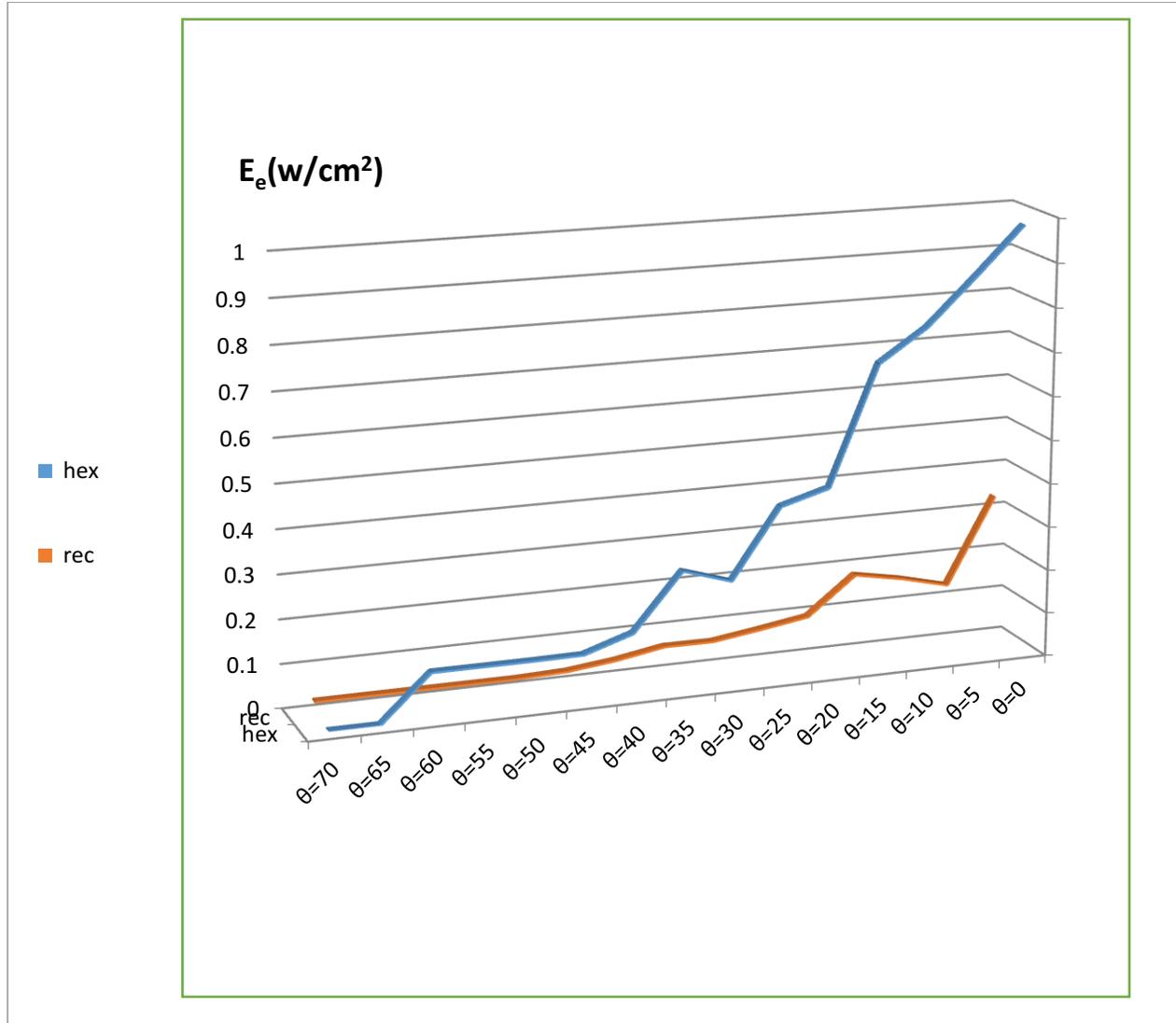
ومن اجل المقارنة بين النظامين المصممين من ناحية القدرة الكلية الناتجة والتي يقرؤها الكاشف للنموذج الافضل الذي هو ذو عرض شق (0.1mm) وللسمك الافضل (thick=1mm)، يلاحظ من خلال الشكل (3-17) ان المنحنيين يسلكان الانحدار نفسه من أعلى قيمة عند الزاوية ($\theta=0^\circ$) الى أقل قيمة عند الزاوية ($\theta=70^\circ$)، ولكن الجدير بالذكر ان المنحنى الخاص بصفوف العدسات الرباعية (المنحنى البني) تكون أعلى قراءة له هي أقل من قدرة العدسات السداسية عند كل سمك في منظومة التصميم (لان العدسات السداسية تعطي قدرة تكبير عالية)، ومن ثم فان الخلية ذات صفوف العدسات السداسية هي الفضلى للحصول على القدرة الكلية التي تعد افضل من غيرها. وكما يلاحظ من الشكل ان المنحنيين يتساويان بقيمة زاوية القبول ($\theta=25^\circ$) وقيم القدرة تتساوى بعد زاوية القبول وحتى نهاية المنحنيين.



الشكل (17-3) منحنى يبين العلاقة بين القدرة الكلية الخارجة و تغيير زاوية سقوط الاشعة للنموذجين المستخدمين عند عرض شق 0.1mm وسمك خلية 1mm .

ويلاحظ من خلال منحنى الاستضاءة الخاص بالنموذجين المصممين في الشكل (18-3) ان المنحنى الخاص بالعدسات السداسية (المنحنى الازرق) يبين ان توزيع الاشعة على كل الخلية الشمسية يكون منتظما بشكل افضل وأعلى من المنحنى الخاص بالعدسات الرباعية وهذا امر طبيعي ،لان الاشعة الداخلة الى النموذج الخاص بالعدسات السداسية ستعاني انعكاسات اكثر داخل الخلية الشمسية وبالاخص عند الزوايا الاقل من زاوية القبول ($\theta=25^\circ$) لكثرة عدد الاشعة الواصلة الى الخلية الشمسية. كما ان الشكل (18-3) يوضح ان الاستضاءة تنحدر من أعلى قيمة عند زاوية السقوط ($\theta=0^\circ$) الى أقل قيمة عند زاوية السقوط ($\theta=70^\circ$) ولكلا التصميمين ولكن انحدار المنحنى الخاص بالعدسات الرباعية (المنحنى البني) يكون

أقل من الواحد، وكما موضح بالشكل بينما يلاحظ ان المنحني الخاص بالعدسات السداسية يمتلك استضاءة عالية نسبيا.



الشكل (18-3) منحنى بين تأثير تغيير زاوية سقوط الأشعة على الاستضاءة للنموذجين المستخدمين عند عرض شق 0.1mm وسمك خلية 0.1mm.

الفصل الرابع

الاستنتاجات

والمشاريع المستقبلية

1.4 الاستنتاجات Conclusions

تناول هذا البحث تصميم المركبات الشمسية ذات العدسات الرباعية والسداسية ودراسة خصائصها باستخدام الادوات التحليلية الموجودة في برنامج زيماكس ، فقد تم تقييم اداء المنظومة للنموذجين من خلال نمط تتبع الاشعة غير المتسلسل ليتم التوصل الى النقاط الآتية :

- ❖ ان اضافة العدسات الرباعية او السداسية على سطح الخلية سيؤدي الى مضاعفة عدد الاشعة الداخلة وتكبير القدرة الداخلة بمقدار قد يصل الى (16-12) مرة ،ومن ثم زيادة كفاءة الخلية.
- ❖ ان لزاوية سقوط الاشعة وعرض الشق الموجود بين شرائح المرايا تأثيرا كبيرا على قراءة الكاشف.
- ❖ انحدار قراءة الكاشف لعدد الاشعة من أعلى قيمة الى أدنى قيمة عند زيادة عرض الشق ولزاوية معينة او عند زيادة زاوية سقوط الاشعة وللشق الواحد او عند زيادة سمك الخلية.
- ❖ تقل قيمة القدرة التي يقرؤها الكاشف عند زيادة عرض الشق لزاوية معينة او عند زيادة زاوية سقوط الاشعة عند نموذج ذي عرض شق معين.
- ❖ تنحدر قيمة القدرة بالتدرج عند زيادة سمك الخلية لزاوية معينة او عند زيادة زاوية السقوط عند سمك معين .
- ❖ تقل القدرة كلما ازداد سمك الخلية عند عرض شق او عند زيادة عرض الشق لسمك معين.
- ❖ يكون عدد الاشعة التي يقرؤها الكاشف الموجود اسفل الخلية الشمسية ذات صفوف العدسات السداسية اكبر من عدد الاشعة التي يقرؤها كاشف الخلية الشمسية ذات صفوف العدسات الرباعية.وتكون العدسات السداسية افضل من العدسات الرباعية من حيث زيادة القدرة الخارجة للكاشف عن قيمتها الداخلة.وتكون الاستضاءة للعدسات السداسية افضل من الاستضاءة للعدسات الرباعية.
- ❖ يكون افضل النماذج للحصول على أعلى قراءات للكاشف هو النموذج ذو عرض شق (0.1mm) وتكون الخلية الشمسية الفضلى هي ذات السمك الأقل وهو السمك (thick=1mm) ،وتكون الزاوية ($\theta=0^\circ$) هي افضل زاوية سقوط للاشعة على الخلية الشمسية لكي تتضاعف الاشعة والقدرة الداخلة وللحصول على استضاءة جيدة من خلال منظومة احتجاز الاشعة .
- ❖ تكون زاوية القبول للنظامين المصممين هي ($\theta=25^\circ$) .

2.4 المشاريع المستقبلية Future Works

- يمكن استخدام انواع اخرى مختلفة من العدسات لتركيز الضوء على سطح الخلية .
- يمكن استخدام نظام احتجاز اشعة بصري يتكون من ثقب مختلفة العرض.
- يمكن استخدام خلية شمسية ذات طبقات متعددة ومختلفة المواد في منظومة احتجاز الاشعة الشمسية.
- دراسة تأثير العوامل الجوية على كفاءة منظومة احتجاز الاشعة الشمسية.

REFERENCES

1. J. Gordon , "Solar Energy ",The State of the ART , ISES Position Papers ,published by James & James(Science publishers) Ltd. in 2002 recent published by Earthscan (2013).
2. P. Collins , "The Beautiful Possibility ".Cabinet Magazine , Issue 6, Horticulture (Spring 2002).
3. House of Lords , London , "The Economics of Renewable Energy ",select Committee on Economic Affairs ,4th Report of session 2007 -08 ,Volume I :paper 1-195 (2008).
4. M .Mediavilla ,L.S Miguel , De Castro , "From Fossil Fuels to Renewable Energies ".department de Ingenieria de sistemas Y Automatica paseo del Cauce s/n 47011, University of Valladolid , Spain- 26th International systems ,2008.
5. World Energy Council , "World Energy Resources :Solar". CONCEIL MONDIAL LEERGIE for Sustainable energy registered in England and Wales,(2013).
6. J. Dunlop Solar , "Photovoltaic Systems Study Guide –chapter 2: Solar Radiation", Terminology & Definition .Geometric & Atmospheric Effects .Solar Power & Energy .(2012)
7. I. L. AL boteanu , C. A .Bulucea and S. Degeratu , "Estimating Solar Irradiation absorbed by Photovoltaic panels with low Concentration located in Craiova , Romania" , ,Journal Sustainability 2015,vol.7(2644 -2661) ;.(2015)
8. P .K .Nayak ,G .G .Belmonte , A .Kahn ,J .Bisquert , D .Cahen , "Photovoltaic Efficiency Limits and Material Disorder " , Journalism of Energy & Environmental Science , Issue 3 ,(2012) .
9. د. علي عبدالله العرادي "ملف حول الطاقة المستدامة – دراسات وقوانين "قسم البحوث والدراسات – إدارة شؤون اللجان والبحوث –مجلس الشورى ، قدم في 30 يناير 2012
10. Y. Shang ,S. Hao ,C. Yang and G. Chen , "Enhancing Solar Cell Efficiency using Photon upconversion material , (2015).

REFERENCES

- 11.C. Jordan , "What is the Significance of the Tropic of Cancer ,Tropic of Capricorn ,Arctic Circle and Antarctic Circle ?(Beginner) " (2015).
12. B. Marion , J. Adelstein , , and K .Boyle ,H .Hayden , B .Hamanond , T .Fletcher , B .Canda , D .Narang ,D .Shugar , H. Wenger , A. Kimber , L .Mitchell , G. Rich , and T .Townsend , "Performance Parameters for Grid – Connected PV systems " ,National Renewable Energy Laboratory , (2005) .
- 13.E. Gordo , N. Khalaf ,T. Strange owl , "Factors Affecting Solar Power Production Efficiency " (2015) .
- 14.D. L .Hartmann , "Global Physical Climatology " ,Second Edition ,International Geophysics bookbinder :103 (2015) .
- 15.National Aeronautics and Space Administration (NASA) , "The 8-Minutes travel time to Earth by Sunlight hides a thousand – Year Journey that actually began in the core " , Living in the Atmosphere of the Sun , Issue 50 .(2007).
- 16.S. Kumar , "Organic Chemistry – Spectroscopy of organic compounds " , (2006) .
- 17.M. Gunther , " Advanced CSP Teaching material , chapter 2:Solar Radiation " ,enerMENA ,Deutsches Zentrum ,– Gemeinschaft Energy Science organization (2009) .
- 18.C .J .Riordan , R .L .Hulstrom , D .R .Myers , "Influences of Atmospheric conditions and Air mass on the ratio of Ultraviolet to total Solar Radiation " SERi/TP -215 -3895 , UC Categories :233 ,234 DE 90000368 , (August 1990).
- 19.Q. Fu , "Radiation (Solar)" university of Washington ,Seattle , Wa ,USA , Curry .eas .gatech .edu Elsevier Science Ltd (2003).
- 20.P. Ineichen , O. Guisan , R. Perez , "Ground –reflected radiation and Albedo" ,Solar energy ,volume 44 ,Issue 4 , pages 207-214 ,(1990).
- 21.B. Houtz , "What is Solar Tracking " ,Lauritzen INC .Blog Bring new ideas to renewable energy, (2014)

REFERENCES

- 22.Z . Gagoo , "Tracking solar concentrators " ,chapter -4:solar concentrators ,(2013).
- 23.وكاع فرمان " الطاقة الشمسية دعوة لأستغلالها قبل فوات الأوان "،جامعة فيلادلفيا –الأردن،مجلة فيلادلفيا الثقافية no:7/11 ,ISSUE :7 العدد السادس 57-64 (2010).
24. V. Quaschnig , "Solar thermal power plants " ,Technology Fundamentals , Published in Renewable Energy world ,pp.109-113 ,(June 2003)
- 25..M . Khamooshi ,H . Salati ,F . Egelioglu ,A . H. Faghiri ,J . Tarabishi ,and S. Babadi "A Review of Solar Photovoltaic Concentrators" , International Journal of Photoenergy ,vol.2014,17 pages ,(2014).
- 26.N. L. A. Chan, "Solar Electricity from concentrator photovoltaic systems" ,Imperial college London , department of Grantham , Institute of climate change , submitted in part of the requirements for the degree of doctor of philosophy (April 2013).
- 27.The National Renewable Energy laboratory , "Get your power from the Sun " , Energy Efficiency and Renewable Energy , Washington , (December 2003).
- 28.T .Harinarayana , K .S .Venkata Vasavi , "Solar energy Generation using Agriculture cultivated lands " ,Journalism of Scientific Research ,Vol.5 ,No .2 ,pages 12, (2014) .
- 29.F. Dincer , M. E. Meral , "Critical factors that affected efficiency of Solar cells" , smart grid and renewable energy , (2010) .
- 30.M. al hosny , "Solar cell Tracker system " , Philadelphia university Jordan ,Published on,(2016).
- 31.G . Kumar , "Solar Energy & Solar Panels " ,Smart brains engineers & Technologist PVT .LTD , (2015).
- 32.S . Philipps , W . Warmuth , "Fraunhofer Institute for Solar Energy systems Photovoltaic Report " ,ISE with Support of PSE AG , Freiburg ,(2017).

REFERENCES

33. TOPSIL, "High Transmission Silicon for IR applications", product note, HiTran, October 2013.
34. C. M. Herzinger, B. Johs, A. Mc Gahan, J. A. Woollan, and W. Paulson, "Ellipsometric determination of Optical constant for Silicon and thermally ground Silicon dioxide via a multi-Sample, multi-Wavelength, multi-Angle investigation", Journal of applied Physics, volume 83, Issue 6, (1998).
35. J. Gjessing, "Photonic crystal for Light Trapping in Solar cells", ph D. Thesis Natural Sciences, university of OSLO, (October 2011).
36. M. D. Archer, R. Hill, Martin A. Green, "Clean Electricity from Photovoltaics", chapter 4 - Crystalline Silicon Solar cells - Photovoltaics special research center, university of New South Wales, series on Photo conversion of Solar energy: volume 1, ISBN: 978-1-86094-161-0, Jun 2001.
37. J. Nelsons, "The Physics of Solar cells", series of properties of Semiconductor materials, Imperial college press, Volume: 2, (January 1, 2003).
38. K. Zweible, P. Hersch, and Solar Energy research institute, "Basic Photovoltaic principles and methods", (February 1982).
39. A. Goetzberger, J. Knobloch, B. Voss, "Crystalline Silicon solar cells", eu. wiley, pages 254, (February 1998).
40. N. W. Stauffer, M. TEi, "Transparent, flexible solar cells combin organic materials graphen electrodes", appers in the ISSUE of Energy futures, the magazine of the MIT Energy initiative, subscribe to day, (2017).
41. Y. Cui, "Nanostructured photon management for high performance Solar cells" published in Nanoelectronics conference (INEC) 3rd International, (04 Mar .2010).
42. X. Sheng, J. I. Kozinsky, A. M. Agarwal, J. Michel, "Design and non-lithographic fabrication of light Trapping structures for thin film Silicon Solar cells", (2010).

REFERENCES

- 43.K . Tvingstedt , S . Dal Zilio , O . Inganas , and M . Tormen , "Trapping light with micro lenses in thin film organic Photovoltaic cells" ,vol:16,ISSue :26,pp:21608-21615,publishing :OSA.org(2008).
- 44.SSUS Micro Optics SA ,NEUCHATEL , "Microlens Arrays " ,(2007).
- 45.R . Volkel , H . P . Herzig , P . Nussbaum , R . Dandliker ,," Microlens array imaging system for Photolithography " , Opt .Eng .35 (11) ,(1996).
- 46.N .F.Borrelli , "Efficiency of Microlens arrays for projection LCD" , Published in :Electronic components and technology conference , proceedings ,44th ,conference :1-4 May 1994, added to IEEE Explore ,(2002).
- 47.T .H .Ling ,H .Yang ,C .K. Chao, "New high fill-factor triangular micro – lens array fabrication method using UV Proximity printing " , (2008) .
- 48.S . Jelena , D . Djuric –M . ,V . Bogdanovic , "Architectural glass , types , performance and legislation " ,Series :Architecture and civil Engineering , vol:11 , ,pp:35-45 ,(2013) .
- 49.B . Vision , "Plastic or Glass lenses" , lenses & solution , basics vision ,spectacle lenses , publisher :Legal information ,(2012).
- 50.A . Ning , "Plastic vs. Glass Optics –factors to consider" , (1998).
- 51.O .A .AL- Harbi , M .M .Khan , "Utilization of local Raw materials for the production of commercial Glasses " Academic Journals , Trend in Applied Sciences research ,vol.4 ,Issue 4:176-187 ,(2009).
- 52.N .Bouras ,M.A . Madjoubi ,M . Kolli ,S . Benterki , M. Hamidouche , "Thermal and Mechanical characterization of borosilicate glass " ,physics procedia ,vol.2 ,1135-1140 ,(2009) .
- 53.P .Benitez , J .C .Minano ,P .Zamora , R .Mohedano , A. Cvetkovic , M .Buljan , J .chaves and M .Hernandez , "High performance Fresnel – based Photovoltaic Concentrator " ,OSA Publishing ,Optics Express ,vol. 18 ,Issue S₁ ,PP.A25-A40 ,(2010) .

REFERENCES

54. J. Chaves, "Introduction to Nonimaging Optics", Second Edition ,(2015)
55. Al-Baali A.A., Al-Abbasi M.A., Al-Douri A.A.J., Alias Mif and salih S.I., "use of passive heat transfer and Fluorescen to improve performance of photovoltaic solar panels ", solar energy research center, Jadirigah, Baghdad , Iraq , 23,213-218,(1990).
56. Sadik Abid. H, "Texturing And Top Grid Effects To Enhance The Local Solar Cells Efficiency ", Iraq, (2000).
57. Maruyana and Shinyashiki ,Y." energy conversion Efficiency of solar coated with fluorescent coloring agent " .,56,(1-6), (1998).
58. R . Osuna ,A . Esteban , and M . Geyer , P . Nava .(Solar international Germany)," Parabolic Trough Collector Developed for Cost Efficient Solar Power Generation ",(2002).
59. O . Duyar and H . Z . Durusoy (Turk .Phys),28,139-144,(2004).
60. R. Shyu, C. Pan and S. Lin, "Parametric Study of Spherical Micro-lens Array", *Materials Science Forum*, **505**(5), 595-600 (2006).
61. C.W .Ruggiero " Aray Tracing Investigation of Light Trapping due to Grooves in Solar Cells" (2007).
62. Th . Thoeniss , S .Mews, "UV light – Demands on Optical systems " Journalism of Laser and Photonics , Optics –Engineers know how ,Published (March 2008).
63. J. H. Karp, E. J. Tremblay and J. E. Ford, "Radial Coupling Method for Orthogonal Concentration within Planar Micro-Optic Solar Collectors", *UCSD*, 44(23), 344-351 (2010).
64. A . B . Hassan. " Design and Evaluation of Micro-lenses Array Solar Concentrator", Iraq, (2013).
65. H .A .Atwater , "Plasmonic light Trapping in thin film Si Solar cells" published LTD ,journal of optics ,volume:14,number :2, (2014)
66. S. Lindner " New Generation Silicon Solar Cells"(2015)

REFERENCES

67. Ronald G .Driggers , "Encyclopedia of Optical Engineering Las-Pho " ,Dekker Encyclopedias Series , Vol :2, ,Published by CRC press (2003).
68. B. H .Walker , "Optical design for visual systems " ,International society for Optics and Photonics, Volume TT45, Published (2000)
- 69.P. Smorscek ,M. J. Wandelt , "Infraro Wiley –Vch Verlag Gmbh &co. Kгаа, Weinheim "Optik & Photonik",(2009).
- 70.T . Thoeniss , C . Gerhard ,G . Adam , "Optical system design " , (2009).
- 71.W . Smith , "Modern lens design –ASAP Simulation" , part 2 :an Optical system to Deliver the Approximately Gaussian spot ,page 273,(2015).
- 72.Breault Research Organization ,Inc "Next –Generation Optical design software ASAP", Released by Optical Engineering firm Breault Research ASAP2006 New available,(2006).
- 73.J . D. Upton "Setting up the Dall Null test –use OSLO" , EDU to calculate your dall null test setup ,(2000).
- 74.B . Duffy , "Load testing SSAS in OSLO" , ,Published,(2014) .
- 75.(9 .1 .1) Magazine Managing Emergency Communication " Kansas city (mo)pd selects HEXAGON Safety & Infrastructure software,(2016).
- 76.S .S .P Innovations , "Management of Fiber Optics for Utilities " (2015).
- 77.L .E .D Professional , "Simulation and Optimization of Optical systems- WinLens" Issue10,(2008).
- 78.Weebly ,Chenglong , "Optical design software –WinLens" ,Nano –photonic & Nano –manipulation LAB ,(2014).
- 79.K . Moore , "Why is it called Zemax" ,Zemax users knowledge base , (2006).
- 80.Mc ,Lean ,I .S, "Electronic Imaging in Astronomy –Detectors and Instrumentation "Second Edition ,Series :Astronomy and Planetary Sciences , ,(2008).

REFERENCES

- 81.H . Gross, "Optical design with Zemax" ,Institute of Applied Physics ,Iap ,University of Jenai ,(2013).
- 82.P . Lutus , "Optical and Ray tracing Mathematics " ,Published October 9,(2014) ,
- 83.N . Hyong , "How to model a Beam splitter in Sequential Zemax" ,Zemax Opticstudio Knowledge base –Applied to :3D Geometries ,(2005).
- 84.Laseristblog , "Optics notes –Zemax " ,Published on as Gaussian Beam calculator , (2011).
- 85.S . Gangadhara , "How to models Colored and Tristimulus sources" ,Applied to :Sources ,Splitting and Scattering , (2009).
- 86.N .H .Kim , "Introduction to Non –Sequential Ray tracing " , ,Article Attachment 1&2 ,(2015).
- 87.K . Aksit , "Model a Scanning Mirror in Non –Sequential mode in Zemax" , (2011).
- 88.E . Hecht , "Ray tracing and ABCD matrix " , Engineering Tamu Education , Optics ,Chapter6, (2016).
- 89.JEE ,JEE ,CBSE , "Geometrical Optics –Thin lenses" ,(2015).
- 90.C .T . Lei , Q . Li , "Physics 4510 Optics Webpage" ,Chapter4 :Geometrical Optics ,By Colorado Education, (2005).
- 91.J . M .Geary , "Introduction to Lens design :With Practical Zemax Examples" ,Science and Mathematics ,Pages462, (2002).
- 92.International Telecommunication Union(ITU), "G .Sup39:Optical System design and Engineering Consideration " , (2016).
- 93.R . Fischer , B. Tadic – Galeb ,P . Yoder , "Optical system design " ,Second Edition –Basic Optics and Optical system Specification –Ch1 , Mc Graw Hill, (2008).

REFERENCES

- 94.H . Zuo , F . H . Nia , S . He , "SoiMUMPs Micro mirror Scanner and its Application in Laser line Generator " , Journal of Micro /Nanolithography ,MEMS and MOEMS , Volume 16 ,Issue 1,(2017) .
- 95.A . Arora , "Exploring Sequential mode in Optic studio " ,Applies to Exploring the Opticstudio ,DEMO ,(2014).
- 96.A . Gupta , "Design of Optical system using Hybrid Optics" , Reg .No :AcSIR /M.TECH/CSIO/2011/11029,phD. Thesis of Technology ,Advanced of Academy of Scientific and Innovative Research (AcSIR), (2013).
- 97.V . N .Mahajan , "Optical Imaging and Aberrations :Ray Geometrical Optics ,Part I,II ,By SPIE :Press Monograph , Vol. 45,(1998).
- 98.I . P .Agrok , J . E. Ford , "Angle –Invariant Imaging using a Total Internal Reflection virtual Aperture " , Vol. 55, Issue 20, pp.5345-5352, By OSA Publishing ,Applied Optics ,(2016).
- 99.A . Bruckner ,J . Duparre ,A . Brauer and A . Tunnermann, "Analytic Modeling of the Angular Sensitivity Function and Modulation Transfer Function of Ultrathin Multichannel Imaging systems" , Vol . 32 ,Issue 12 ,pp.1758-1769, (2007).
100. M . Nicholson , "Optimize on MTF " ,Applies to Optimization, (2007)
101. P . I .Marasco , C . Bailey , " Wood lens design Philosophy based on a Binary additive manufacturing Technique " ,Published in :Optical Engineering ,Vol. 55 , Issue 4 ,(2016).
102. M .J. Lee , J .A .Tyson , "Towards precision LSST weak –Lensing measurement -1" ,Impacts of Atmospheric turbulence and Optical aberration, (2010).
103. THORLABS., "N-BK7 High Precision Windows " , New Group ,Page 9, Object Group ,(2010).

REFERENCES

Abstract

In this work; rays trapping solar system has been designed consisting of square and hexagonal lenses array at Concentrating . which concentrate rays at focal plane where slits have been fixed that allow rays to enter to the solar cell and prevent its release from it ,due to its reflection from the inner walls of the system ,Therefore the optical path increase due to the increasing of internal reflection ,Then increasing photon absorption and so increasing the optical efficiency .

Two solar system models are designed : the first design consists of Plano-convex square lenses array with (10X10 lenses) and dimensions (20X20 cm), each lens aperture is (2 cm) of radius ($R_1=4, R_2=0$ cm), and the second design consists of Plano-convex hexagonal lenses array with (5X5 lenses) and dimensions (20X20 cm) of radius ($R=5$ cm), each design have a reflective barrier including slits that allowing light to pass through solar cell to the detector positioned at the bottom of the cell.

These two models were designed using Zemax software (ZEMAX-EE 2005) ,by using non sequential ray tracing mode for the (1000 rays) that incident to the cell. The lenses were made of glass type (N-BK7) and a detector with similar dimensions of the cell was fixed at the bottom of it to detect visible light and infrared radiation that its wavelength match the transparency of the chosen glass in order to pass all incident light into the cell and then to measure the internal reflection , optical power and irradiance by the detector.

Each lens was designed in such a way that its focus position at the slit between mirrors segments which its width was changed between (0.1-1mm) , to study the slit width effect on the detector measurements . Also the influence of variation of incident angle of the ray on the cell between (0° - 70°) was studied .

Variable thickness of solar cell has been used to study the efficiency .Also the relations between cell thickness and slit width, incident angle and cell thickness was studied , because the cell thickness is the important factor in cell design that regarding to use multi layers solar cell to increase absorption spectrum.

*Republic of Iraq Ministry of Higher Education
And Scientific Research
University of Baghdad College of Education for Pure
Science / Ibn Al-Haitham
Department of Physics*



Light Trapping by Micro lenses array in photovoltaic cell

A thesis

*Submitted to the Counsel of Education for Pure Science / Ibn
Al-Haitham - Baghdad University in Partial Fulfillment of The
Requirements for the Degree of Master of Science in Physics*

By :

Sabah Ali Hussein

BSc. in Physics / 2003

Supervised by :

Asst .Prof . Alaa Bader Hassan

1438 A.H

2017 A.D