

雙雷射半導體光源弧度儀 創作原理及其定性與定量 參加紐西蘭2000年科技展覽會 作者簡介 作者:江展昀 就讀學校:中正高中 指導老師:樂仁溥



我是個安靜，不擅言詞的男孩，喜歡和朋友在一起。從小就滿有自信的（或是說自負吧），似乎天塌下來也能頂住！我覺得人活著是一件很棒的事，因為可以體驗這世界的多變。任何事也沒有絕對的好或不好，因此在我眼中，每件事都有它的內涵，而且，由不同的角度切入，還會有不同的含義，故都有學習的價值。我很喜歡看風景，或是待在黑暗中。因為那使我能靜下來好好思考，想想自己、想想別人，甚至想.....想不出來的事。今年要去紐西蘭參展了。感謝所有幫助我的人，謝謝！

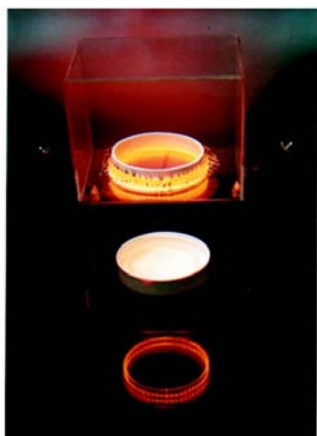
一、研究動機: (一)、觀察同一組天花板燈泡投射於玻璃彈珠、電視螢幕所形成之反光影像大小不同而於學習光學時研究光投射弧度儀。(二)、對於圓弧形、半弧形、圓球形或圓筒形之物體，及軟嫩之材質者如布丁、果凍、蛋黃等一般均難以測量其大小、弧度、均勻度，利用光學原理，製成環形光學「非接觸式」物體表面弧度測量儀。

(三)、對於此一弧度測量儀其定性與定量，偵測一般人之鑑別能力，亦即對於稍有扭曲之圓，有何判斷力。

二、研究目的: (一)、利用光學原理，使用雙半導體雷射以及發光二極體半導體燈泡，利用其優點，可以製成攜帶式、方便精確之光學「非接觸式」物體表面弧度測量儀。(二)、其利用被照物體之環形反射光環的虛像大小形狀變化以檢測其表面彎曲大小情況，或表面平滑度之觀測，故須檢測眼力如何能定性與定量檢查環形反射光環扭曲或橢圓化之能力。(三)、驗證本弧度測量儀之實用性與改良前景。

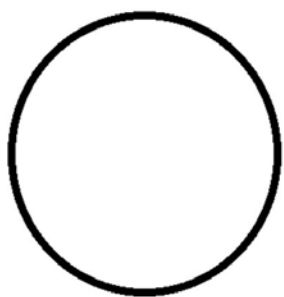
三、研究設備器材: (一)壓克力架2副。(二)發光二極體56個、銅線2條、白色塑膠環2(大小各一)。(三)透明片1(印有尺規)。(四)雷射筆2、水銀電池6個。(五)電腦繪圖(圓環與橢圓環四十八張)。(六)透明片1(印有圓環1)。

四、研究方式: (一)研究儀器創造：1、首先使用56個波長610nm之黃光發光二極體以一個接一個的方式粘貼於白色大塑膠環以有環形定位，此環形再外側再以白色小塑膠環包被，使二極體置於二側均有反射面的環形槽內，此槽的開口(發光二極體投射方向)則面向受檢物，背面以銅線2條分正負極併聯焊接。2、壓克力架將環形發光體固定，及加上雷射筆左右各一支，指向受檢物，以固定物距及觀察距離。3、在環形發光體前加上印有尺規之透明片使有定量之功能。4、設定此環形的基座內直徑為78公釐。雷射筆光源照射方向均集中於環形基座前85公釐處。整個發光單體加上基座前後距離為2.0公分，發光二極體頭端的厚度為2.0公釐，其所圍成的環內徑為7.6公分，外徑為8.0公分，



(圖三)儀器圖

分，如圖三及註一。



(圖四)
X:Y = 95.5% 之橢圓
軸度90

(二)驗證材料製作與研究方式：1、根據以上所設計之弧度儀投射後，觀察其反射環時的模擬情況，以電腦繪圖繪出圓形與橢圓；正圓形先以87mm 外徑設定為100%之正圓，及其98%、96%、94%外徑之正圓，每圓形各2張並沿其邊緣剪下；另設定Y 軸直徑長為87mm，X軸直徑長為Y 軸直徑長之99.5%始每0.5%一級至94%，每一橢圓形計4 張，並在此4 張圖片中央畫以開口的小三角形以分別決定其軸為45度、135度、180度及90度，並沿其邊緣剪下，以避免錯覺，總共是48 張圖片，予以編號並予以洗牌式錯混，做為實驗的材料；如圖四即為軸度90度X軸直徑長為Y 軸直徑長之95.5%之橢圓。2、另製作正圓形，以87mm外徑為100%之正圓，以電腦繪圖繪出並沿其邊緣剪下做為實驗二之參考圓；另以其繪於大張透明膠片上，以做為實驗三之參考圓。所有之電腦繪圖正圓或橢圓形其環之厚度均為2mm。3、檢測乃選取年齡在15歲之中學生五十人，視力可矯正至0.8 以上，除屈光不正外無其他眼疾。4、計分成三個實驗，首先將電腦繪圖每一張置於眼前30公分處，以大張白紙為背景，以避免錯覺，由檢測者一張一張在無參考圓的情況下選出其判定為圓形者。5、實驗二為將電腦繪圖每一張置於眼前30公分處，以大張白紙為背景，並由檢測者一張一張以87mm外徑為100%之正圓模擬電腦繪圖參考圓置於一旁做參考比較後，選出其判定為圓形者。6、實驗三為將電腦繪圖每一張置於眼前30公分處，以大張白紙為背景，並由檢測者一張一張以透明膠片的87mm外徑為100%之正圓模擬電腦繪圖重疊於被測圖上做為參考比較，選出其判定為圓形者。7、以記錄紙表記錄每位受檢者之資料，各實驗各計三次。五、研究結果：用電腦繪圖片為材料者，在實驗一完全沒有參考圓之下，其正確率在97.5%才有較佳結果，在96.5%以上才能百分之百正確，而且軸度為180度者表現為最差；在實驗二有參考圓在一旁之下，其正確率在98.5%才有較佳結果，在96.5%以上才能百分之百正確，而且軸度為180度者表現亦為最差；在實驗三有透明膠片上之參考圓以重疊被檢電腦繪圖片者，在99.5%以上就能十分準確的判別，在99%以上就能百分之百正確。

表一 誤認為圓形之百分比(%) (無參考圖者)

X 軸(度)	180	90	45	135	平均(%)
99.5%	56	30	53	32	42.75
99%	47	28	46	23	36
98.5%	40	14	31	30	29
98%	42	2	26	2	18
97.5%	20	1	4	2	6.75
97%	7	1	2	1	2.75
96.5%	0	0	0	0	0
96%	0	0	0	0	0
平均	35.3	12.67	27	15	

六、討論及應用 發光二極體是依據量子理論所發展出來的半導體光源，發出的光其波長範圍窄小，依使用材料不同而發出不同的單色光，而其光度目前已有5000mcd 的超高亮度材料問市，發光二極體具有輕薄短小（發光部份小於1mm，常見的市面商品為直徑或長寬為2-10mm者）、顏色穩定、低耗電（5000mcd者為20mA）、低溫（25℃為最佳亮度表現，溫度愈高則效率愈減）的特性，所以可以有較長的使用年限；及配合發光二極體本身可以埋藏包被在有光學效應的透明或不透明的外罩填充塑料中，以光由密介質射入疏介質易於形成全反射的原理，配合外罩填充塑料之材質形

表二 誤認為圓形之百分比(%) (有紙上參考圓於一旁者)

X 軸(度)	180	90	45	135	平均(%)
99.5%	46	22	44	33	33
99%	44	33	45	22	36
98.5%	34	24	40	22	30
98%	24	2	22	4	13
97.5%	14	1	2	2	4.75
97%	1	0	2	1	1.33
96.5%	0	0	0	0	0
96%	0	0	0	0	0
平均	27.2	16.4	25.9	14	

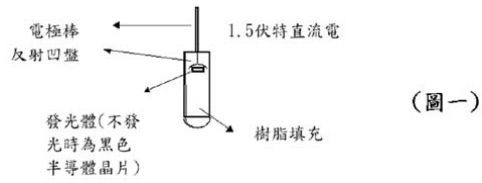
表三 誤認為圓形之百分比(%) (以透明膠片之參考圓重疊者)

X 軸(度)	180	90	45	135	平均(%)
99.5%	3	2	2	2	2.3
99%	0	0	0	0	0
98.5%	0	0	0	0	0

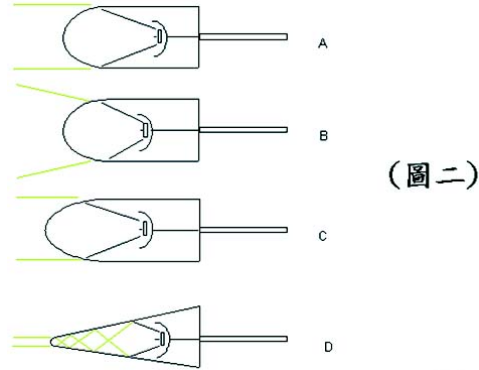
狀可以容易的做出各種光學設計。

市面上以塑料包被的立體燈泡形式者，其結構均以發光體埋置於一金屬反射凹盤中央，並以一導電金屬絲於前連接於另一電極，其光線即經由半球形的頭端往前聚束放射（圖一）。如果發光體位於頭端半球形所形成之光學凸透鏡的焦點上（圖二之A），則其放射出平行之聚束光；如果發光體位於頭端半球形所形成之光學凸透鏡的焦點前（圖二之B），則其放射出發散之光束；如果發光二極體之頭端半球形所形成之光學凸透鏡其

直徑較小（圖二之C），如同子彈形之構造，則其亦放射出平行之聚束光；如果發光二極體以三角形或梯形的形狀（圖二之D），由於有內部全反射，故光能可以往前射出，不至往二側散射而損失正前方的光度，本儀器正是選用圖二之C的發光二極體。發光二極體本身的材質不發熱以干擾觀察；所形成的環形虛像顏色穩定、依所導通的



電流 強度增加而增加亮度；且此環形虛像具立體

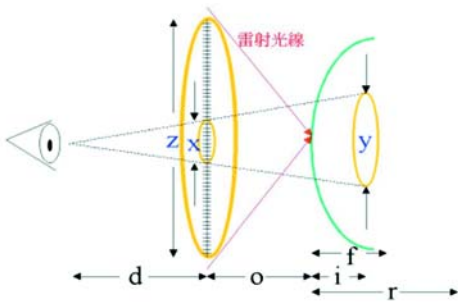


感，觀察者可以由其焦點深度、亮度來輔助增加判讀的正確度；而其有即時觀察的效果，可以立刻察知弧度變化。視野會因使用的發光二極體而有顏色的渲染，已使用淡黃色光源來部份改善，以後可以混合色光、加上霧面材料等來加以改進。如果使用時在目鏡筒內加用尺規或參考圓的刻度鏡片於其聚焦面上，及加上雙雷射筆以固定物距，則其正確性必將提高，可依附註之圖形設定計算。至於其正確性，包括定性與定量，本實驗乃在於測驗一般大眾於使用之定性能力，由實驗可知用電腦繪圖片為材料的結果發現必須以參考圓重疊於圖片上才能有較理想的辨識（99%以上即有100%正確，表示判斷誤差範圍為1%），如果沒有參考圓重疊於圖片上，則辨識力便會降低（96.5%以上為100%正確，表示判斷誤差範圍為3.5%）；這也就是說如果使用時在目鏡筒內加用尺規或參考圓的刻度鏡片於其聚焦面上，才能有較理想的辨識；如果要視野不會受到一點影響，則辨識力便會降低（96.5%以上為100%正確，表示判斷誤差範圍為3.5%）。根據關係變化圖及本實驗之定性結果，若實體弧面半徑 r 為10mm，其實際觀察影像 x 為2.342606mm，則正確判斷之誤差範圍4%為 $2.342606\text{mm} \pm 4\%$ 即為 $2.342606\text{mm} \pm 0.0937$ 或2.2489mm到2.4363mm之範圍，以之再換算回實體弧面半徑 r ，則為9.5671mm到10.4358mm之範圍，並非9.6mm到10.4mm之範圍。若實體弧面半徑 r 為200mm，其實際觀察影像 x 為18.7244mm，則正確判斷之誤差範圍4%為 $18.7244\text{mm} \pm 4\%$ 即為 $18.7244\text{mm} \pm 0.748976$ 或17.9754mm到19.4734mm範圍，以之再換算回實體弧面半徑 r ，則為179.66mm到223.34mm之範圍，並非192mm到208mm之範圍。而橢圓軸之不同，對辨識力的影響，本實驗發現180度軸正確辨識力較差，推論應該是眼瞼及睫毛的干擾因素所致。由於本初創之弧度儀乃是純手工製造，精密度誤差在所難免，所以在實際使用時，加上焦點深度、亮度的輔助因素及更精密的工業技術產品應可使正確辨識力提高，以增進其使用；若附接在顯微鏡或攝影機影像處理數位化資訊處理系統之輔助，有自動化之功能。**七、結論** 評估一種弧度儀器之新設計，以發光二極體為光源，以特殊形狀單體的排列，使其成為一連續之環狀光源，並使每一單體往檢體聚光，在使用上一般大眾之定性與定量能力；發現一般之定性能力實驗一二在96%以上之XY軸變化才能正確判斷，表示判斷誤差範圍為4%；必須以參考圓重疊於環形虛像上才能有較理想的辨識，如實驗三，視野亦不可避免會受到一些影響。**八、參考資料及其他：**（一）基本物理學(下冊) 原著Halliday/Resnick

潘家寅譯述 第三十九章 幾何光學 科技圖書股份有限公司 (二)發光二極體之發展近況 許榮宗 98期/172頁 新電子科技雜誌 (三)實用通俗光學 譯者楊建人 1.4 像之形成 徐氏基金會 (四)工專物理學(下) 蔣榮宗 13.1~13.5 金華 科技圖書股份有限公司 (五)活用物理 編輯部翻譯2.6~2.8 徐氏基金會 **九.評語** 1.利用金屬鋼珠、雷射光學透鏡及機械裝置去設計及裝置一部弧度儀，具有優秀的創新性。2.利用本裝置去度量各光學元件之弧度並進行實驗，符合科學及技術之研發態度，其思考邏輯之論正確，而且成果完整，顯示其優良

之研究成果。3.研究者對作品之瞭解及說明均顯示十分優越, 表達清楚而且生動, 真實

(註一)儀器簡圖及設定



- z:環形光源之直徑
- y:由z環形光源投射於弧面所形成之虛像直徑
- x:經由觀測孔看到y虛像實際於刻度表上之直徑
- o:經由雙雷射訂定之環形光源與弧面之物距
- r:弧面之半徑
- i:弧面之像距
- d:觀測孔與刻度表之距離

用價值。

(註二) 公式演算:

環形光源與弧面之半徑r 物距o 像距i 之關係

A:球面鏡為 $\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{2}{r}$ 凸面鏡為 $\frac{1}{o} + \frac{-1}{i} = \frac{-2}{r}$

..... $\frac{1}{o} + \frac{2}{r} = \frac{1}{i}$ a式

B:影像放大倍率為 $\frac{y}{z} = \frac{i}{o}$ b式

C:依據相似三角形定理 $\frac{x}{y} = \frac{d}{d+o+i}$ $y = \frac{xd+xo+xi}{d}$

代入b式 $\frac{xd+xo^2+xi}{d} = iz$ $xd+xo^2+xi = diz$

$xd+xo^2 = diz-xoi = i(dz-xo)$ $i = \frac{xd+xo^2}{dz-xo}$

代入c式 $\frac{1}{o} + \frac{2}{r} = \frac{dz-xo}{xd+xo^2}$ $\frac{r+2o}{r} = \frac{dz-xo}{xd+xo^2}$ or $\frac{dz-xo}{xd+xo^2} = \frac{r+2o}{r}$

$rx+d+rxo+2xdo+2xo^2 = rdz-rxo$ $r(dz-xo-xo-xd)=2xo(d+o)$

$r(dz-2xo-xd)=2xo(d+o)$

$r = \frac{2xo(d+o)}{dz-2xo-xd}$

本模型d=100mm o=85mm z=80mm

所以 $r = \frac{31450X}{8000-270x}$ 或 $X = \frac{8000r}{270r+31450}$

$I = \frac{85r}{85r+170}$ 及 $Y = \frac{(185+i)x}{100}$

單位:mm	x	i	r
0.1	0.183196772	0.196772	2.313432836
1	1.86986734	1.946734	4.068564036
2	3.78032056	4.016603	6.12815013
3	5.73272074	6.091026	8.30602225
4	7.72845953	8.211488	10.80924855
5	9.76897698	10.37954	13.42105263
6	11.85580774	12.5968	16.2539185
7	13.99054693	14.86496	19.3715221
8	16.17486339	17.18579	22.70547945
9	18.41050449	19.56116	26.40035907
10	20.69930077	21.99301	30.47169811
11	23.04317056	24.48337	34.98011923
12	25.44412607	27.03438	40
13	27.90427846	29.6483	45.62360802
14	30.42584435	32.32746	51.96682464
15	33.01115242	35.07435	59.17721519
16	35.6626506	37.89157	67.44565217
17	38.38291381	40.78185	77.02346041
18	41.17465224	43.74807	88.24460764
19	44.04072044	46.79327	101.583659
20	46.98412698	49.92063	117.6923077
21	50.00804505	53.13355	137.5321188
22	53.11582382	56.43556	162.5728155
23	56.31100083	59.83044	195.1675978
24	56.63546757	60.17518	239.3421053
25	56.96084937	60.5209	302.6
26	66.45941278	70.61313	400.7142857
27	70.04382121	74.42156	573.4507042
28	73.7366848	78.3452	958.1818182
28.5	75.42528014	80.35186	1405.983607
29	77.54290876	82.38984	2365
29.1	77.92997376	82.8006	3059.405594
29.15	78.12319531	83.0067	3383.918919
29.2	78.1823124	83.21312	3783.965517
29.25	78.51280889	83.41986	4289.390244
29.3	78.70768672	83.62692	4948.146067
29.35	78.90286545	83.83429	5842.483444
29.4	79.09834576	84.04199	7126.290323
29.45	79.29412835	84.25001	9124.793814
29.5	79.49021393	84.45835	12665
29.55	79.6866032	84.66702	20651.04651
29.6	79.88329686	84.876	35590
29.61	79.92267219	84.91784	83936.69811
29.62	79.94236443	84.93876	112642.2152
29.62	79.95028218	84.94713	130818.4604
29.62	79.96205972	84.95969	171157.3077
29.62	79.96599914	84.96387	190997.188
29.62	79.96993869	84.96806	216037.8155
29.62	79.97377836	84.97225	248632.5978
29.62	79.97781815	84.97643	292807.1053
29.63	79.98175807	84.98062	356065
29.63	79.98569811	84.98481	434179.2357
29.63	79.98963826	84.98899	626915.7042
29.63	79.99357834	84.99318	1011646.818

(註三)關係變化圖

