

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 1 月 20 日(20.01.2011)

PCT

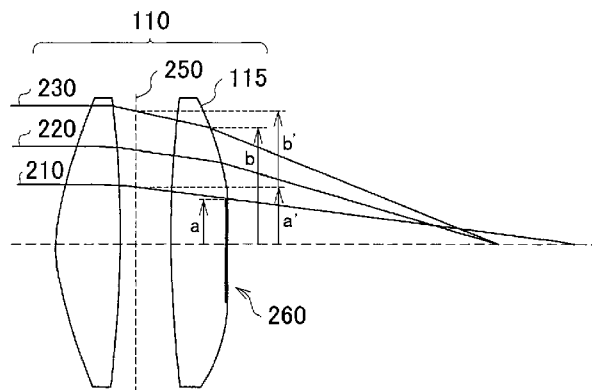
(10) 国際公開番号
WO 2011/007485 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 13/00 (2006.01) *G02B 13/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/002986
- (22) 国際出願日: 2010 年 4 月 26 日(26.04.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-167303 2009 年 7 月 15 日(15.07.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM Corporation) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布 2 丁目 2 番 3 0 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 西畑 純弘 (NISHIHATA, Sumihiro) [JP/JP]; 〒2588538 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- (74) 代理人: 龍華国際特許業務法人 (RYUKA IP Law Firm); 〒1631105 東京都新宿区西新宿 6 - 2 2 - 1 新宿スクエアタワー 5 階 Tokyo (JP).

(54) Title: OPTICAL SYSTEM AND IMAGE PICKUP DEVICE

(54) 発明の名称: 光学系および撮像装置

[図2B]



(57) Abstract: Disclosed is an optical system which has a low image formation section having optical parameters that produce image formation characteristics lower than the image formation characteristics produced by the optical parameters of other regions, but wherein the optical transfer functions of the optical system with respect to light from an object point passing through the low image formation section and the other regions are substantially the same, irrespective of the distance from the object point. The optical system may expand the beam of the light from the object point passing through the low image formation section and the other regions to substantially the same size irrespective of the distance from the object point. The low image formation section may constitute a region including the optical axis and the other regions may constitute regions not containing the optical axis, at the periphery of the low image formation section.

(57) 要約:

[続葉有]



光学系であって、他の領域の光学パラメータが与える結像特性よりも低い結像特性を与える光学パラメータを有する低結像部を有し、前記低結像部および前記他の領域を通過する物点からの光に対する前記光学系の光学伝達関数が、物点までの距離によらず略同一である。光学系は、低結像部および他の領域を通過する物点からの光を、物点までの距離によらず略同一の大きさに広げてよい。低結像部は、光軸を含む領域であり、他の領域は、低結像部の周囲の光軸を含まない領域であってよい。

明 細 書

発明の名称： 光学系および撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、光学系および撮像装置に関する。

背景技術

[0002] 本来の焦点の光軸方向前後の２点に焦点が位置するとみなすことができるとした二重焦点光学系が知られている（例えば、特許文献１参照。）。また、物点距離が異なる物点に対して、可動部なしで同時に撮像することができるとした二重焦点レンズ系が知られている（例えば、特許文献２参照。）。また、位相マスクを使用することによって光学システムの光伝達関数を焦点位置から或るレンジ内で実質的に一定に留める技術が知られている（例えば、特許文献３参照。）。また、波面の位相を変更する光学素子により焦点関係の収差に対して光学結像の光学伝達関数を実質的に不変とする技術が知られている（例えば、特許文献４参照。）。

特許文献１ 特開平７－８４２２１号公報

特許文献２ 特開２００３－２７０５２６号公報

特許文献３ 特表平１１－５００２３５号公報

特許文献４ 特表２００６－５２３３３０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] 上記二重焦点の光学系では、物点距離が異なる２点の被写体については鮮明な被写体像を得ることが期待できるが、その他の物点距離の被写体の像はぼけてしまう場合があるという課題があった。また、上記位相マスクを用いた光学系では、位相マスクおよびレンズを有する光学系の光学特性はレンズの光軸に関して非対称であるので、レンズ、位相マスク、および受光素子をきちんとアライメントしなければ適切に復元された画像を得ることができないという課題があった。

課題を解決するための手段

- [0004] 上記課題を解決するために、本発明の第1の態様においては、光学系であって、他の領域の光学パラメータが与える結像特性よりも低い結像特性を与える光学パラメータを有する低結像部を有し、低結像部および他の領域を通過する物点からの光に対する光学系の光学伝達関数が、物点までの距離によらず略同一である。
- [0005] 光学系は、低結像部および他の領域を通過する物点からの光を、物点までの距離によらず略同一の大きさに広げてよい。
- [0006] 低結像部は、光軸を含む領域であり、他の領域は、低結像部の周囲の光軸を含まない領域であってよい。
- [0007] 低結像部は、光学系が有する少なくとも1のレンズの少なくとも1の面の光軸を含む一部領域に形成され、当該面の光軸を含まない領域の光学パラメータが与える結像特性よりも低い結像特性を与える光学パラメータを有してよい。
- [0008] 低結像部は、光軸を含まない領域の曲面形状が与える結像特性よりも低い結像特性を与える曲面形状を有してよい。
- [0009] 低結像部の基準曲率半径は、他の領域の基準曲率半径より大きくてよい。
- [0010] 低結像部の基準曲率半径は実質的に無限大であってよい。
- [0011] 低結像部の高さ a と、低結像部を有する面を通過する軸上光線の最大の高さ b とが、 $0.05 \leq b/a \leq 0.77$ を満たしてよい。
- [0012] a と b とが、 $0.08 \leq a/b \leq 0.60$ を満たしてよい。
- [0013] a と b とが、 $0.11 \leq a/b \leq 0.43$ を満たしてよい。
- [0014] 低結像部における曲面形状によるバックフォーカスの値 f_{b1} 、他の領域の曲面形状によるバックフォーカスの値 f_{b2} 、および、光学系のFナンバーの値 FN が、 $2.4 \leq (f_{b2}/f_{b1}) \times FN \leq 2.87$ を満たしてよい。
- [0015] 本発明の第2の態様においては、撮像装置であって、上記光学系と、レンズ系を通過した光を受光する受光部とを備える。

- [0016] 受光部は、複数の画素にそれぞれ対応する複数の受光素子を有し、複数の画素はそれぞれ少なくとも3色のカラーフィルタの1色を透過した光を受光し、光学系は、3色の光を受光する近接した3個の画素より形成される画素ブロックより大きい大きさに広げてよい。
- [0017] なお、上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではない。また、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となりうる。

図面の簡単な説明

- [0018] [図1]一実施形態に係る撮像装置100のブロック構成の一例を示す図である。
- [図2A]理想レンズ系による結像特性を模式的に示す図である。
- [図2B]一実施形態におけるレンズ系110の光学特性の一例を定性的に示す図である。
- [図3A]レンズ系110のレンズ構成を示す図である。
- [図3B]数値実施例1におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す図である。
- [図3C]数値実施例1における深度対MTFを示す図である。
- [図3D]数値実施例1における空間周波数対MTFを回折限界とともに示す図である。
- [図4A]レンズ系110の他のレンズ構成を示す図である。
- [図4B]数値実施例2におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す図である。
- [図4C]数値実施例2における深度対MTFを示す図である。
- [図4D]数値実施例2における空間周波数対MTFを回折限界とともに示す図である。
- [図5A]レンズ系110の更なる他のレンズ構成を示す図である。
- [図5B]数値実施例3におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す図である。

[図5C] 数値実施例 3 における深度対 M T F を示す図である。

[図5D] 数値実施例 3 における空間周波数対 M T F を回折限界とともに示す図である。

[図6A] レンズ系 1 1 0 の更なる他のレンズ構成を示す図である。

[図6B] 数値実施例 4 におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す図である。

[図6C] 数値実施例 4 における深度対 M T F を示す図である。

[図6D] 数値実施例 4 における空間周波数対 M T F を回折限界とともに示す図である。

[図7A] レンズ系 1 1 0 の更なる他のレンズ構成を示す図である。

[図7B] 数値実施例 5 におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す図である。

[図7C] 数値実施例 5 における深度対 M T F を示す図である。

[図7D] 数値実施例 5 における空間周波数対 M T F を回折限界とともに示す図である。

[図8A] レンズ系 1 1 0 の更なる他のレンズ構成を示す図である。

[図8B] 数値実施例 5 におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す図である。

[図8C] 数値実施例 5 における深度対 M T F を示す図である。

[図8D] 数値実施例 5 における空間周波数対 M T F を回折限界とともに示す図である。

[図9A] レンズ系 1 1 0 の更なる他のレンズ構成を示す図である。

[図9B] 数値実施例 6 におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す図である。

[図9C] 数値実施例 6 における深度対 M T F を示す図である。

[図9D] 数値実施例 6 における空間周波数対 M T F を回折限界とともに示す図である。

[図10A] レンズ系 1 1 0 の更なる他のレンズ構成を示す図である。

[図10B]数値実施例4におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す図である。

[図10C]数値実施例4における深度対MTFを示す図である。

[図10D]数値実施例4における空間周波数対MTFを回折限界とともに示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

[0020] 図1は、一実施形態に係る撮像装置100のブロック構成の一例を示す。撮像装置100は、レンズ系110、レンズ系110を通過した光を受光する受光部120、補正部140、画像処理部145、および出力部150を備える。レンズ系110は、物点までの距離によらず略同一な光学伝達関数を有する。レンズ系110の光学特性については、図2Bに関連して定性的に説明する。また、図3Aから図9Dに関連して実施例を説明する。

[0021] 受光部120は、2次元的に配置された複数の受光素子を有する。複数の受光素子のそれぞれは、レンズ系110を通過した光を受光して、受光量に応じた大きさの受光信号を出力する。

[0022] 補正部140は、複数の受光素子から出力された受光信号をA/D変換して得られたデジタルの受光信号を取得する。本デジタルの受光信号は、複数の受光素子の受光量に実質的に線形な値とみなすことができる。補正部140は、取得したデジタルの受光信号により表される画像に補正処理を施す。例えば、補正部140は、各受光素子に対応する画素値、各受光素子の位置、及びレンズ系110の光学的伝達関数に基づいて、画像を補正する。このように、補正部140は、レンズ系110の光学伝達関数に基づいて、受光部120が受光した光により得られた画像を補正する。

[0023] 画像処理部145は、補正部140によって補正された画像に画像処理を

施す。画像処理部 145 が施す画像処理としては、カラーバランス処理、 γ 変換、色同時化処理、輪郭補正処理、色補正処理などを例示することができる。

[0024] 出力部 150 は、画像補正部 140 および画像処理部 145 により処理されて得られた画像を出力する。例えば、出力部 150 は、得られた処理画像を表示してよい。また、出力部 150 は、記録媒体に処理画像を記録してよい。他にも、出力部 150 は、通信回線に処理画像を送出してよい。なお、出力部 150 は、処理画像を圧縮して、圧縮された処理画像を出力してもよい。

[0025] 図 2 A は、理想レンズ系による結像特性を模式的に示す。理想レンズ系によれば、光軸上の無限遠物点からの光線 210、光線 220、および、光線 230 は、いずれも光軸上の一点に結像する。本結像点に像面が位置していれば一点の点像が得られるが、像面を本結像点からデフォーカスさせると、デフォーカス量に応じて点像の広がり拡大してしまう。

[0026] 図 2 B は、一実施形態におけるレンズ系 110 の光学特性の一例を定性的に示す。レンズ系 110 は、像面に最も近いレンズ 115 の像側の光学面に、実質的に平坦な低結像領域 260 を有している。ここでは、低結像領域 260 は、光軸を中心とする円形の断面領域であるとする。レンズ系 110 は、低結像領域 260 を有する点を除いて、図 2 A で説明した理想レンズ系と同じ光学パラメータを有するとする。

[0027] 光線 220 および光線 230 は、低結像領域 260 を通過しない光線であり、理想レンズ系と同様に、レンズ系 110 により光軸上の一点に結像される。光線 210 は、低結像領域 260 上において光軸から最も離れた位置を通過する光線であるとする。光線 210 は、低結像領域 260 が存在することにより、光線 220 および光線 230 の結像点より遠方で光軸と交わる。また、低結像領域 260 上の他の高さを通る他の光線は、光線 210 と光軸との交点よりさらに遠方の位置で光軸と交わる。

[0028] レンズ系 110 によれば、一点の点像が得られるような像面位置は存在せ

ず、光軸上のどの位置に像面をとっても、ある程度の広がりを持つ点像が得られる。レンズ系 110 による光学伝達関数の逆伝達関数に対応する復元処理を広がった点像に施すことで、広がった点像は実質的に一点の点像に復元され得る。

[0029] また、レンズ系 110 によれば、像面位置をデフォーカスさせても、デフォーカス量に応じた点像の広がりの変化を、理想レンズ系に比べると著しく低減できることが期待できる。光軸方向の所定範囲内の像面位置で点像の広がりが略一定となれば、その範囲内の像面位置で得られたどの点像も、例えば所定の像面位置に対応する逆伝達関数の復元処理により、近似的に一点となる点像に復元され得る。この場合、レンズ系 110 は、比較的に深い焦点深度を実質的に有しているといえる。

[0030] なお、近軸光と比べると、周辺光はその収差量をレンズの光学パラメータで調整することは比較的に容易である。したがって、低結像領域 260 を光軸近傍に形成することで、点像の広がりをデフォーカスに対して略一定となるレンズ系を比較的に容易に設計することができる。なお、以後の説明において、低結像領域 260 を通過する光線の最大高さを a 、低結像領域 260 を有する面を通過する軸上光線の最大の高さを b として、レンズ系 110 の光学特性を評価する評価指標として用いる。

[0031] 尚、図 2 B において、前記光線の通過する高さ a および b と前記光線の高さを瞳面 250 に投射した光線の高さ a' および b' の関係は、概ね比例関係にある。本発明の実施例は、 a/b の比率で比較するが、概ね $a/b = a'/b'$ となるので、瞳面に換算した値 (a'/b') で比較することも可能である。

[0032] 図 3 A は、レンズ系 110 のレンズ構成を示す。表 1 には、図 3 A に示すレンズ系 110 の数値実施例 1 の諸元の値を示す。

[0033]

[表1]

面番号	面形状	曲率半径	面間隔	硝材	屈折率
1	球面	0.8081	0.1086	LAKN12	1.67790
2	球面	6.163	0.002		
3	球面	0.397	0.1692	BAF51	1.65224
4	球面	7.998	0.0313	SF8	1.68893
5	球面	0.2737	0.1302		
絞り	球面	Infinity	0.0703		
7	球面	-0.3642	0.0414	FN11	1.62096
8	球面	1.2627	0.1505	LAFN28	1.77314
9	球面	-0.5439	0.002		
10	球面	5.063	0.0576	LASFN30	1.80318
11	球面	-2.226	0.002		
12	BINARY	Infinity	0.0495	SK10	1.62280
13	BINARY	Infinity	0.49468		

[0034] 本数値実施例 1 および後に説明する各数値実施例の諸元表において、面番号、面形状、曲率半径、面間隔、硝材、および屈折率は、それぞれ以下の諸元を示す。

[0035] すなわち、面番号 i は、物体側から数えて i 番面の光学面を示す。絞りを表す面に対応する面番号には「絞り」と示される。面形状は、光学面が球面である場合には「球面」、非球面である場合には「非球面」などを示す。

[0036] 曲率半径は、第 i 番面の光学面の曲率半径を示す。面間隔は物体側から第 i 番目の光学面と第 $i + 1$ 番目の光学面との間の軸上の面間隔を示す。屈折率は物体側に第 i 番目の光学面を有する硝材の d 線 (587.562 nm) に対する屈折率を示す。なお、曲率半径 *Infinity* は、当該光学面が平面 (光軸に垂直) であることを示す。

[0037] 数値実施例 1 において、面形状 *BINARY* は、当該光学面が異なる 2 つの面形状パラメータで規定されることを示す。本数値実施例 1 における面番号 12 および面番号 13 の諸元は、それぞれ表 2 および表 3 に示される。

[0038]

[表2]

面番号	曲率半径	円錐常数	領域の半径
12	Infinity	0	0.05
13	Infinity	0	0.05

[0039] [表3]

面番号	曲率半径	円錐常数	H4	H6	H8	H10
12	3.367	-2934.9058	-3.394131	-125.203912	1595.37827	3851.9856
13	-2.548	78.467854	-6.401016	57.800884	-1459.5284	20803.751

[0040] 表2および表3において、曲率半径、円錐常数、 H^4 、 H^6 、 H^8 、 H^{10} は、面番号で定められる光学面の諸元を示す。すなわち、曲率半径および円錐常数は、光学面の基準の曲率半径を示す。 H^4 、 H^6 、 H^8 、および H^{10} は、それぞれ、4次、6次、8次、および、10次の非球面展開係数を示す。すなわち、 H_n は、 n 次の非球面展開係数を示す。このことは、他の表でも同様である。なお、光学面のザグ z は、以下の式で表される。

[0041] [数1]

$$z = \frac{cH^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2H^2}} + \beta_1 H^1 + \beta_2 H^2 + \beta_3 H^3 + \beta_4 H^4 + \beta_5 H^5 + \beta_6 H^6 + \beta_7 H^7 + \beta_8 H^8 \dots$$

[0042] 図3B～図3Dには、数値実施例1の結像特性として、スポットダイアグラム図およびMTF特性が示される。後に説明する他の数値実施例においても、以下に説明するスポットダイアグラムおよびMTF特性と同様の結像特性が示される。

[0043] 図3Bは、数値実施例1におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す。本図を参照すると、各像高において、デフォーカスに対してスポット径は比較的に一定の大きさを有していることがわかる。デフォーカス0において所定の広がり認められることに注目されるべきであ

る。なお、デフォーカス 0 の位置は、中心 MTF の値がピークとなる光軸上の位置近傍において周辺性能とのバランスから決定される。

[0044] 図 3 C は、数値実施例 1 における深度対 MTF を示す。本図を参照すると、MTF の最大値が約 0.57 程度と比較的に低くなっていることがわかる。また、MTF の分布が比較的に幅広になっており、デフォーカスした位置にも相当強度の応答を有することがわかる。

[0045] レンズ系の焦点深度は、多くの場合、深度対 MTF の分布において、最大 MTF 値に対する所定割合（例えば、20%）の強度を持つ幅で評価される。本数値実施例 1 においては、上記の比較的に低い MTF 値に応じた感度で撮像することができるとともに、像復元処理では実質的に MTF 値を持ち上げる処理が施される。したがって、このレンズ系 110 においても、最大 MTF 値に対して所定の値を有する MTF 値において、焦点深度を評価することができる。本図に示されるように MTF の分布が比較的に幅広になっていることから、本数値実施例においては比較的に長い焦点深度を有していることがわかる。実際の焦点深度の評価値については、他の数値実施例とともに後述する。

[0046] 図 3 D は、数値実施例 1 における空間周波数対 MTF を、回折限界とともに示す。本図を参照すると、像高によらず比較的に一致した空間周波数対 MTF を有することがわかる。このため、同じ復元処理パラメータを用いてもアーチファクトの発生を抑制することができる。また、本図から、比較的に高周波領域まで周波数応答を有することがわかる。このため、復元処理により高周波の信号を復元できることがわかる。

[0047] 図 4 A は、レンズ系 110 の他のレンズ構成を示す。表 4 には、図 4 A に示すレンズ系 110 の数値実施例 2 の諸元の値を示す。

[0048]

[表4]

面番号	面形状	曲率半径	面間隔	硝材	屈折率
1	球面	0.8081	0.1086	LAKN12	1.67790
2	球面	6.163	0.002		
3	球面	0.397	0.1692	BAF51	1.65224
4	球面	7.998	0.0313	SF8	1.68893
5	球面	0.2737	0.1302		
絞り	球面	Infinity	0.0703		
7	球面	-0.3642	0.0414	FN11	1.62096
8	球面	1.2627	0.1505	LAFN28	1.77314
9	球面	-0.5439	0.002		
10	球面	5.063	0.0576	LASFN30	1.80318
11	球面	-2.226	0.002		
12	BINARY	Infinity	0.0495	SK10	1.62280
13	BINARY	Infinity	0.4755		

[0049] 本数値実施例2における面番号12および面番号13の各ゾーンの諸元は、表5および表6に示される。表5および表6の諸元は、表2および表3の諸元と同様であるので、説明を省略する。以後説明する数値実施例の各ゾーンの諸元についても同様の諸元が示される。

[0050] [表5]

面番号	曲率半径	円錐常数	領域の半径
12	Infinity	0	0.05
13	Infinity	0	0.05

[0051] [表6]

面番号	曲率半径	円錐常数	H4	H6	H8	H10
12	3.367	-5032.9812	6.0055626	-297.12162	5152.7499	-37348.626
13	-2.548	72.641762	-0.2746102	-42.486362	923.95578	-11146.411

- [0052] 図4B～図4Dには、数値実施例2の結像特性として、スポットダイアグラム図およびMTF特性が示されている。図4Bは、数値実施例2におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す。本図を参照して、デフォーカス0において所定の広がり認められることに注目されるべきである。
- [0053] 図4Cは、数値実施例2における深度対MTFを示す。本図を参照すると、MTFの最大値が約0.57程度と比較的に低くなっており、MTFの分布が比較的に幅広になっていることがわかる。したがって、比較的に深い焦点深度を有することがわかる。
- [0054] 図4Dは、数値実施例2における空間周波数対MTFを、回折限界とともに示す。本図を参照すると、像高によらず比較的に一致した空間周波数対MTFを有することがわかる。また、比較的に高周波領域まで周波数応答を有することがわかる。
- [0055] 図4Dは、数値実施例1における空間周波数対MTFを、回折限界とともに示す。比較的に高周波領域まで周波数応答を有することがわかる。このため、復元処理により高周波の信号を復元できることがわかる。
- [0056] 図5Aは、レンズ系110の更なる他のレンズ構成を示す。表7には、図5Aに示すレンズ系110の数値実施例3の諸元の値を示す。
- [0057]

[表7]

面番号	面形状	曲率半径	面間隔	硝材	屈折率
1	球面	0.8081	0.1086	LAKN12	1.67790
2	球面	6.163	0.002		
3	球面	0.397	0.1692	BAF51	1.65224
4	球面	7.998	0.0313	SF8	1.68893
5	球面	0.2737	0.1302		
絞り	球面	Infinity	0.0703		
7	球面	-0.3642	0.0414	FN11	1.62096
8	球面	1.2627	0.1505	LAFN28	1.77314
9	球面	-0.5439	0.002		
10	球面	5.063	0.0576	LASFN30	1.80318
11	球面	-2.226	0.002		
12	BINARY	Infinity	0.0495	SK10	1.62280
13	BINARY	Infinity	0.4755		

[0058] 本数値実施例 3 における面番号 1 2 および面番号 1 3 の各ゾーンの諸元は、表 8 および表 9 に示される。

[0059] [表8]

面番号	曲率半径	円錐常数	領域の半径
12	Infinity	0	0.05
13	Infinity	0	0.05

[0060] [表9]

面番号	曲率半径	円錐常数	H4	H6	H8	H10
12	3.367	-1533.786	7.1514307	-202.14823	4554.9513	-39466.777
13	-2.548	91.494352	3.4454371	-36.951854	594.9155	-567.45449

[0061] 図 5 B～図 5 D には、数値実施例 4 の結像特性として、スポットダイアグラム図および MTF 特性が示されている。図 5 B は、数値実施例 4 におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す。本図を参照

して、デフォーカス 0 においてスポットダイアグラムの所定の広がりが認められることに注目されるべきである。

[0062] 図 5 C は、数値実施例 4 における深度対 M T F を示す。本図を参照すると、M T F の最大値が約 0.46 程度と比較的に低くなっており、M T F の分布が比較的に幅広になっていることがわかる。したがって、比較的に深い焦点深度を有することがわかる。

[0063] 図 5 D は、数値実施例 4 における空間周波数対 M T F を、回折限界とともに示す。本図を参照すると、像高によらず比較的に一致した空間周波数対 M T F を有することがわかる。また、比較的に高周波領域まで周波数応答を有することがわかる。

[0064] 図 6 A は、レンズ系 1 1 0 の更なる他のレンズ構成を示す。表 1 0 には、図 6 A に示すレンズ系 1 1 0 の数値実施例 4 の諸元の値を示す。

[0065] [表 10]

面番号	面形状	曲率半径	面間隔	硝材	屈折率
1	球面	0.8081	0.1086	LAKN12	1.67790
2	球面	6.163	0.002		
3	球面	0.397	0.1692	BAF51	1.65224
4	球面	7.998	0.0313	SF8	1.68893
5	球面	0.2737	0.1302		
絞り	球面	Infinity	0.0703		
7	球面	-0.3642	0.0414	FN11	1.62096
8	球面	1.2627	0.1505	LAFN28	1.77314
9	球面	-0.5439	0.002		
10	球面	5.063	0.0576	LASFN30	1.80318
11	球面	-2.226	0.002		
12	BINARY	Infinity	0.0495	SK10	1.62280
13	BINARY	Infinity	0.4755		

[0066] 本数値実施例 4 における面番号 1 2 および面番号 1 3 の各ゾーンの諸元は、表 1 1 および表 1 2 に示される。

[0067]

[表11]

面番号	曲率半径	円錐常数	領域の半径
12	Infinity	0	0.05
13	Infinity	0	0.05

[0068] [表12]

面番号	曲率半径	円錐常数	H4	H6	H8	H10
12	3.367	57.895253	38.659467	-1261.3451	19871.848	-106637.71
13	-2.548	-11122.295	33.807655	-1147.1467	18938.735	-104056.04

[0069] 図6B～図6Dには、数値実施例4の結像特性として、スポットダイアグラム図およびMTF特性が示されている。図6Bは、数値実施例4におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す。本図を参照して、デフォーカス0においてスポットダイアグラムの所定の広がりが認められることに注目されるべきである。

[0070] 図6Cは、数値実施例4における深度対MTFを示す。本図を参照すると、MTFの最大値が約0.62程度と比較的に低くなっており、MTFの分布が比較的に幅広になっていることがわかる。したがって、比較的に深い焦点深度を有することがわかる。

[0071] 図6Dは、数値実施例5における空間周波数対MTFを、回折限界とともに示す。本図を参照すると、像高によらず比較的に一致した空間周波数対MTFを有することがわかる。また、比較的に高周波領域まで周波数応答を有することがわかる。

[0072] 図7Aは、レンズ系110の更なる他のレンズ構成を示す。表10には、図7Aに示すレンズ系110の数値実施例5の諸元の値を示す。

[0073]

[表13]

面番号	面形状	曲率半径	面間隔	硝材	屈折率
1	球面	0.8081	0.1086	LAKN12	1.67790
2	球面	6.163	0.002		
3	球面	0.397	0.1692	BAF51	1.65224
4	球面	7.998	0.0313	SF8	1.68893
5	球面	0.2737	0.1302		
絞り	球面	Infinity	0.0703		
7	球面	-0.3642	0.0414	FN11	1.62096
8	球面	1.2627	0.1505	LAFN28	1.77314
9	球面	-0.5439	0.002		
10	球面	5.063	0.0576	LASFN30	1.80318
11	球面	-2.226	0.002		
12	BINARY	Infinity	0.0495	SK10	1.62280
13	BINARY	Infinity	0.4755		

[0074] 本数値実施例5における面番号12および面番号13の各ゾーンの諸元は、表14および表15に示される。

[0075] [表14]

面番号	曲率半径	円錐常数	領域の半径
12	Infinity	0	0.05
13	Infinity	0	0.05

[0076] [表15]

面番号	曲率半径	円錐常数	H4	H6	H8	H10
12	3.367	109.05244	24.449093	-733.91155	9810.536	-43437.171
13	-2.548	-10651.494	17.35371	-513.91149	6650.0211	-25243.676

[0077] 図7B～図7Dには、数値実施例5の結像特性として、スポットダイアグラム図およびMTF特性が示されている。図7Bは、数値実施例5における

スポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す。本図を参照して、デフォーカス 0 においてスポットダイアグラムの所定の広がり認められることに注目されるべきである。

[0078] 図 7 C は、数値実施例 5 における深度対 M T F を示す。本図を参照すると、M T F の最大値が約 0.65 程度と比較的に低くなっており、M T F の分布が比較的に幅広になっていることがわかる。したがって、比較的に深い焦点深度を有することがわかる。

[0079] 図 7 D は、数値実施例 5 における空間周波数対 M T F を、回折限界とともに示す。本図を参照すると、像高によらず比較的に一致した空間周波数対 M T F を有することがわかる。また、比較的に高周波領域まで周波数応答を有することがわかる。

[0080] 図 8 A は、レンズ系 1 1 0 の更なる他のレンズ構成を示す。表 1 6 には、図 8 A に示すレンズ系 1 1 0 の数値実施例 6 の諸元の値を示す。

[0081]

[表16]

面番号	面形状	曲率半径	面間隔	屈折率
1	球面	Infinity	0.2500	1.51873
2	BINARY	Infinity	0.0000	
3	球面	Infinity	0.0700	
絞り	球面	Infinity	-0.070	
5	非球面	1.4969	0.6993	1.533914
6	非球面	-11.0588	0.0903	
7	非球面	-3410.537	0.4010	1.605957
8	非球面	2.9444	0.6141	
9	非球面	-14.56368	0.6003	1.533914
10	非球面	-2.248293	0.4399	
11	非球面	-7936.115	0.4510	1.533914
12	非球面	1.499692	0.2000	
13	球面	Infinity	0.1450	1.516330
14	球面	Infinity	0.4645	
15	球面	Infinity	0.0000	

[0082] 本数値実施例 6 における面番号 1 および面番号 2 の各ゾーンの諸元は、表 17 および表 18 に示される。

[0083] [表17]

面番号	曲率半径	円錐常数	領域の半径
1	Infinity	0	0.20
2	Infinity	0	0.20

[0084]

[表18]

面番号	曲率半径	円錐常数	H4	H6	H8	H10
1	Infinity	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	Infinity	-3.169969e+307	-0.033305	0.309755	-0.937635	0.865610

[0085] 本数値実施例6における非球面の面番号5-12の非球面データは、表19A~表19Dに示される。なお、非球面の面番号に対応する曲率半径の欄には、非球面の面形状を規定する一パラメータである基準曲率半径が記載される。

[0086] [表19A]

面番号	円錐常数	H3	H4	H5	H6
5	-0.519140	-1.647619E-2	9.306103E-2	-1.463554E-2	-1.189368E-1
6	-100	90452808E-4	-7.247797E-2	5.0112478E-2	-7.5138897E-2
7	-50.04582	-1.5847681E-2	1.4804971E-2	-8.0517093E-2	2.642048E-1
8	-3.832904	3.2104712E-2	-1.2182605E-1	5.003462E-1	-4.5856035E-1
9	-11.001	-7.2547531E-3	-1.0318805E-1	1.0207783E-1	1.8856654E-1
10	-89.17603	-3.3948495E-1	5.7276479E-2	2.1799029E-1	-8.2545687E-2
11	-100	-2.7175524E-1	-5.9072745E-2	-2.1668347E-2	6.1121886E-2
12	-13.0313	-1.0837997E-1	8.7277009E-4	-4.7064386E-2	8.5218424E-2

[0087] [表19B]

面番号	H7	H8	H9	H10
5	4.932119E-1	-4.411616E-1	1.3848314E-1	1.559769E-1
6	8.7119398E-2	-4.044638E-1	6.0777186E-1	-3.2803707E-1
7	-4.7784902E-1	-1.7556394E-1	1.2907009E0	-7.5941939E-1
8	-1.7716762E-1	2.8024249E-1	4.8442655E-1	-3.8326467E-1
9	-3.4393706E-1	-5.9836983E-2	3.4452564E-1	-1.7738946E-1
10	-5.8287711E-2	2.71448E-2	4.9476301E-2	-2.849486E-2
11	4.6986333E-2	-1.3656398E-2	-8.5828143E-3	5.8127239E-4
12	-6.322718E-2	9.8440541E-3	9.2162966E-3	-3.3905253E-3

[0088] [表19C]

面番号	H11	H12	H13	H14
5	-6.430340E-2	-2.295471E-1	-3.678251E-1	-3.494506E-1
6	6.5601972E-3	1.0869198E-1	2.2305393E-1	2.6129858E-1
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	0	0	0	0

[0089] [表19D]

面番号	H15	H16
5	1.0475973E-1	1.4073667E0
6	4.8497942E-2	-7.2887088E-1
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0

[0090] 図8B～図8Dには、数値実施例6の結像特性として、スポットダイアグラム図およびMTF特性が示されている。図8Bは、数値実施例6におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す。本図を参照して、デフォーカス0においてスポットダイアグラムの所定の広がり認められることに注目されるべきである。

[0091] 図8Cは、数値実施例6における深度対MTFを示す。本図を参照すると、MTFの最大値が約0.52程度と比較的に低くなっており、MTFの分布が比較的に幅広になっていることがわかる。したがって、比較的に深い焦点深度を有することがわかる。

[0092] 図8Dは、数値実施例6における空間周波数対MTFを、回折限界とともに示す。本図を参照すると、像高によらず比較的に一致した空間周波数対MTFを有することがわかる。また、比較的に高周波領域まで周波数応答を有することがわかる。このため、復元処理により高周波の信号を復元できることがわかる。

[0093] 本数値実施例6では、平坦領域は最も物体側に位置するレンズに形成されている。最も像側に位置するレンズに平坦領域が形成されなくとも、比較的に深い焦点深度を有するレンズ系を設計することができる。光軸を含まない領域では元々収差が存在しており、レンズ設計において光軸を含む領域よりも比較的に結像特性を制御し易い。このため、光軸を含む所定の良否域が平坦な場合であっても、平坦領域の周囲の領域の光学パラメータを適切に設計することで、スポットの広がりをも一定にすることができる場合がある。

[0094] 図9Aは、レンズ系110の更なる他のレンズ構成を示す。表20には、図9Aに示すレンズ系110の数値実施例7の諸元の値を示す。なお、面番号12の光学面は、光軸から半径0.025mm以内のゾーンは多項式で定められ、その周囲のゾーンは、半径0.08mmの非球面となっている。

[0095]

[表20]

面番号	面形状	曲率半径	面間隔	屈折率
1	球面	Infinity	0.0700	
絞り	球面	Infinity	-0.070	
3	非球面	1.4969	0.6993	1.533914
4	非球面	-11.0588	0.0903	
5	非球面	-3410.537	0.4010	1.605957
6	非球面	2.9444	0.6141	
7	非球面	-14.56368	0.6003	1.533914
8	非球面	-2.248293	0.4399	
9	非球面	-7936.115	0.4510	1.533914
10	非球面	1.499692	0.2000	
11	球面	Infinity	0.1450	1.516330
12	内側：多項式面 外側：非球面	-4.4759E5	0.4645	
13	球面	Infinity	0.0000	

[0096] 本数値実施例 7 における面番号 1 2 の各ゾーンの諸元は、表 2 1 に示される。

[0097] [表21]

X3Y0	X0Y3	X4Y0	X0Y4	X5Y0
-3.18164E-1	-3.18164E-1	3.65155E-1	3.65155E-1	-1.8852E2
X0Y5	X6Y0	X3Y3	X0Y6	
-1.8852E2	2.0700E3	4.4745E3	2.0700E3	

[0098] $X_n Y_m$ に対応する欄には、光軸を原点として x 座標について n 次、 y 座標について m 次の次数の項に対する係数が示されている。すなわち、光学面のザグ z は、以下の式で表される。

[0099]

[数2]

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{i=1}^N A_i E_i(x, y)$$

[0100] 上式を展開すると以下のように表される。

[0101] [数3]

$$z = A_1 X^0 Y^0 + A_2 X^1 Y^0 + A_3 X^1 Y^1 + \cdots + A_n X^3 Y^0$$

[0102] 上式の係数 A_i が、表 2 1 の各欄の係数に対応する。

[0103] 本数値実施例 7 における非球面の面番号 3 - 1 2 の非球面データは、表 2 2 A ~ 表 2 2 D に示される。

[0104] [表22A]

面番号	円錐常数	H3	H4	H5	H6
3	-0.519140	-1.647619E-2	9.306103E-2	-1.463554E-2	-1.189368E-1
4	-100	90452808E-4	-7.247797E-2	5.0112478E-2	-7.5138897E-2
5	-50.04582	-1.5847681E-2	1.4804971E-2	-8.0517093E-2	2.642048E-1
6	-3.832904	3.2104712E-2	-1.2182605E-1	5.003462E-1	-4.5856035E-1
7	-11.001	-7.2547531E-3	-1.0318805E-1	1.0207783E-1	1.8856654E-1
8	-89.17603	-3.3948495E-1	5.7276479E-2	2.1799029E-1	-8.2545687E-2
9	-100	-2.7175524E-1	-5.9072745E-2	-2.1668347E-2	6.1121886E-2
10	-13.0313	-1.0837997E-1	8.7277009E-4	-4.7064386E-2	8.5218424E-2
12	3.8810E10	0	-5.217455E-3	0	1.833143E-3

[0105]

[表22B]

面番号	H7	H8	H9	H10
3	4.932119E-1	-4.411616E-1	1.3848314E-1	1.559769E-1
4	8.7119398E-2	-4.044638E-1	6.0777186E-1	-3.2803707E-1
5	-4.7784902E-1	-1.7556394E-1	1.2907009E0	-7.5941939E-1
6	-1.7716762E-1	2.8024249E-1	4.8442655E-1	-3.8326467E-1
7	-3.4393706E-1	-5.9836983E-2	3.4452564E-1	-1.7738946E-1
8	-5.8287711E-2	2.71448E-2	4.9476301E-2	-2.849486E-2
9	4.6986333E-2	-1.3656398E-2	-8.5828143E-3	5.8127239E-4
10	-6.322718E-2	9.8440541E-3	9.2162966E-3	-3.3905253E-3
12	0	-3.943061E-4	0	-2.175348E-5

[0106] [表22C]

面番号	H11	H12	H13	H14
3	-6.430340E-2	-2.295471E-1	-3.678251E-1	-3.494506E-1
4	6.5601972E-3	1.0869198E-1	2.2305393E-1	2.6129858E-1
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0
12	0	-5.648588E-6	0	2.867992E-6

[0107]

[表22D]

面番号	H15	H16
3	1.0475973E-1	1.4073667E0
4	4.8497942E-2	-7.2887088E-1
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0
9	0	0
10	0	0
12	0	-2.454283E-8

[0108] 図9B～図9Dには、数値実施例7の結像特性として、スポットダイアグラム図およびMTF特性が示されている。図9Bは、数値実施例7におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す。本図を参照して、デフォーカス0においてスポットダイアグラムの所定の広がりが認められることに注目されるべきである。

[0109] 図9Cは、数値実施例7における深度対MTFを示す。本図を参照すると、MTFの最大値が約0.72程度と比較的に低くなっており、MTFの分布が比較的に幅広になっていることがわかる。したがって、比較的に深い焦点深度を有することがわかる。

[0110] 図9Dは、数値実施例7における空間周波数対MTFを、回折限界とともに示す。本図を参照すると、比較的に高周波領域まで周波数応答を有することがわかる。このため、復元処理により高周波の信号を復元できることがわかる。

[0111] 本数値実施例7から、光軸近傍の領域が平坦面でなくとも、比較的に深い焦点深度を有するレンズ系を設計できることがわかる。

[0112] ここで参考のため、数値実施例1～7に係るレンズ系において低結像部を有しないレンズ構成の実施例を示す。図10Aには、数値実施例1～5に係るレンズ系に対応するレンズ系を示す。表23には、図10Aに示すレンズ

系 1 1 0 の数値実施例の諸元の値を示す。

[0113] [表23]

面番号	面形状	曲率半径	面間隔	硝材	屈折率
1	球面	0.8081	0.1086	LAKN12	1.67790
2	球面	6.163	0.002		
3	球面	0.397	0.1692	BAF51	1.65224
4	球面	7.998	0.0313	SF8	1.68893
5	球面	0.2737	0.1302		
絞り	球面	Infinity	0.0703		
7	球面	-0.3642	0.0414	FN11	1.62096
8	球面	1.2627	0.1505	LAFN28	1.77314
9	球面	-0.5439	0.002		
10	球面	5.063	0.0576	LASFN30	1.80318
11	球面	-2.226	0.002		
12	球面	Infinity	0.0495	SK10	1.62280
13	球面	Infinity	0.4755		

[0114] 図 1 0 B～図 1 0 D には、本数値実施例の結像特性として、スポットダイアグラム図および M T F 特性が示されている。図 1 0 B は、本数値実施例におけるスポットダイアグラムの像高およびデフォーカス依存性を示す。本図を参照すると、デフォーカス 0 においてスポットダイアグラムが比較的に小さいことがわかる。また、数値実施例 1－5 に係るレンズ系と比べると、デフォーカス依存性が著しく大きいことがわかる。

[0115] 図 1 0 C は、本数値実施例における深度対 M T F を示す。本図を参照すると、M T F の最大値が約 0. 8 6 程度と比較的に高くなっており、M T F の分布が比較的幅狭になっていることがわかる。したがって、焦点深度は比較的狭いことがわかる。

[0116] 図 1 0 D は、本数値実施例における空間周波数対 M T F を、回折限界とともに示す。本図を参照すると、近軸光に対しては回折限界に近い周波数応答を有することがわかる。しかしながら、異なる像高に対して周波数応答が比較的大きく異なっていることがわかる。

[0117] 以上数値実施例 1－7 に例示したように、光軸を含む中央領域に低結像部を形成することにより、比較的深い焦点深度を持つ光学系を設計することができることが示された。

[0118] 表 2 4 A および表 2 4 B は、上記数値実施例において低結像部の径を異ならせた場合の焦点深度を示す。

[0119] [表24A]

数値 実施例	a	a/b	焦点 深度	a	a/b	焦点 深度	a	a/b	焦点 深度
1	0.05	0.27	0.04	0.08	0.43	0.042	0.02	0.11	0.063
2	0.05	0.27	0.038	0.07	0.38	0.050	0.01	0.05	0.048
3	0.05	0.28	0.032	0.06	0.35	0.045	0.03	0.17	0.047
4	0.05	0.29	0.036	0.06	0.34	0.040	0.02	0.11	0.042
5	0.05	0.28	0.036	0.07	0.40	0.039	0.02	0.11	0.039
6	0.20	0.31	0.051	0.50	0.77	0.064	0.05	0.08	0.062
7	0.025	0.31	0.05	0.04	0.44	0.050	0.009	0.11	0.049

[0120] [表24B]

数値 実施例	a	a/b	焦点 深度	a	a/b	焦点 深度
1	0.09	0.48	0.043	0.015	0.08	0.043
2	0.08	0.43	0.041	0.02	0.11	0.049
3	0.08	0.44	0.042	0.02	0.11	0.047
4	0.08	0.46	0.037	0.015	0.09	0.042
5	0.08	0.45	0.04	0.015	0.08	0.04
6	0.3	0.46	0.055	0.03	0.05	0.061
7	0.029	0.36	0.049	0.005	0.06	0.048

[0121] 本表は、数値実施例の番号、低結像部の高さ（a）、第 1 指標値（a/b）、および、焦点深度が示されている。第 1 指標値は、低結像部を有するレンズを通過する軸上光線の最大高さ（b）と低結像部の高さの比（a/b）

で定めるとする。深度対MTF値のMTF分布において、MTF値が所定の評価基準MTF値となる幅を、焦点深度とした。評価基準MTF値には、およそ最大MTF値の20%となる値にとった。

[0122] 本表に示すように、いずれの大きさのaについても、比較的深い焦点深度が得られた。ここで第1指標値 a/b が0.05以上0.77以下の場合に、比較的深い焦点深度が得られた。焦点深度を深くすることを目的とした場合に、第1指標値を0.05以上0.77以下とすることがよい。

[0123] また、第1指標値が0.08以上0.60以下である場合には、数値実施例1～7のより多くの光学系の場合において比較的長い焦点深度が得られている。すなわち、焦点深度を深くすることを目的とした場合に、第1指標値を0.08以上0.60以下とすることが望ましいといえる。

[0124] 特に、第1指標値が0.11以上0.43以下である場合に、数値実施例1～7のより多くの光学系の場合において、比較的長い焦点深度が得られている。すなわち、焦点深度を深くすることを目的とした場合に、第1指標値を0.11以上0.43以下とすることがより望ましいといえる。

[0125] 表25は、上記数値実施例において焦点深度に影響を与える第2指標値を示す。本表には、数値実施例の番号、低結像部を含む領域の焦点距離(f_1)、低結像部を含む領域のバックフォーカス(f_{b1})、低結像部を含まない領域の基準曲率半径に対応する焦点距離(f_2)、当該基準曲率半径に対応するバックフォーカス(f_{b2})、入射瞳径、Fナンバー(FN)、および、第2指標値を示す。

[0126]

[表25]

数値 実施例	焦点 距離 f1	バック フォーカス fb1	焦点 距離 f2	バック フォーカス fb2	入射瞳孔 D	Fナンバー FN	$(fb2/fb1)*FN$
1	1.1709	0.615512	0.922658	0.482145	0.382762	3.06	2.40
2	1.1709	0.615512	0.922658	0.482145	0.382762	3.06	2.40
3	1.1709	0.615512	0.922658	0.482145	0.382762	3.06	2.40
4	1.1709	0.615512	0.922658	0.482145	0.382762	3.06	2.40
5	1.1709	0.615512	0.922658	0.482145	0.382762	3.06	2.40
6	3.73139	0.470007	3.73139	0.470007	1.30144	2.87	2.87
7	3.71927	0.469998	3.73139	0.470007	1.30144	2.86	2.86

[0127] 第2指標値は、 $(fb2/fb1) \times FN$ で定めるとする。上記数値実施例1-7において、第2指標値が2.4から2.87までの間で、深い焦点

深度が得られた。すなわち、焦点深度を深くすることを目的とした場合に、第2指標値は2.4以上2.87以下の範囲内であることが好ましい。

[0128] 以上この発明の実施例として、低結像領域が、最も像側の第1レンズの像側の面および最も像側位置するレンズに設けたものを例示した。しかし、当該低結像領域の位置は当該箇所限定されるものではない。低結像領域を有する面の位置にかかわらず、この発明の所定の範囲を満足する限り、光軸上の性能に関しては同じ効果が得られる。一方、絞りから離れた位置に低結像領域がある場合、低結像領域は主に光軸近傍の結像特性に対して影響を及ぼし、低結像領域の位置が絞りに近づくほど低結像領域の影響が周辺性能へも影響を及ぼすようになるので、周辺性能とのバランスを考慮して、低結像領域の位置を適宜選択することが可能である。

[0129] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、請求の範囲の記載から明らかである。

[0130] 請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず、」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

符号の説明

[0131] 110 レンズ系
100 撮像装置
115 レンズ
120 受光部

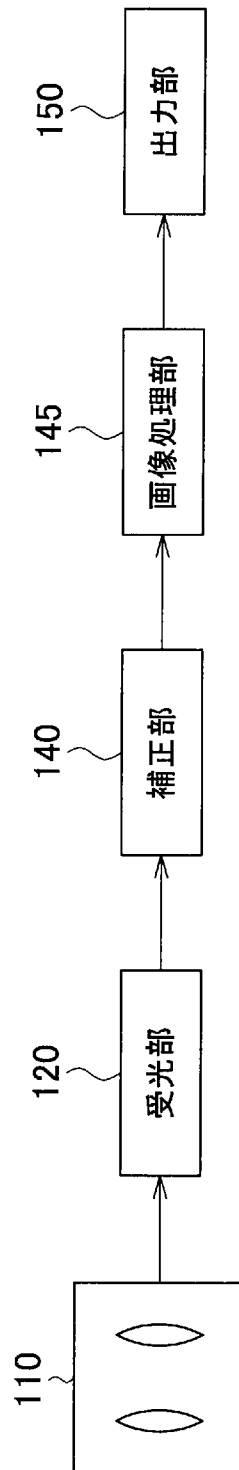
- 1 4 0 補正部
- 1 4 5 画像処理部
- 1 5 0 出力部
- 2 1 0 光線
- 2 2 0 光線
- 2 3 0 光線
- 2 6 0 低結像領域

請求の範囲

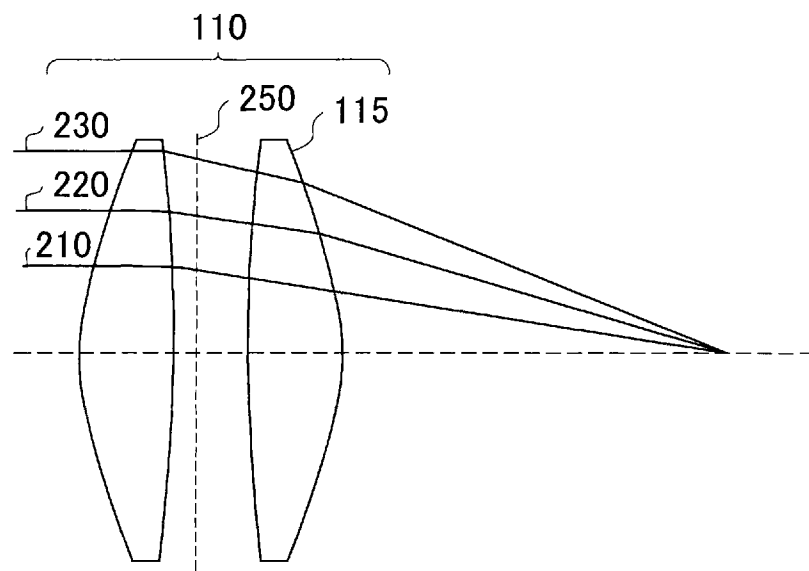
- [請求項1] 他の領域の光学パラメータが与える結像特性よりも低い結像特性を与える光学パラメータを有する低結像部を有し、
前記低結像部および前記他の領域を通過する物点からの光に対する光学伝達関数が、物点までの距離によらず略同一である光学系。
- [請求項2] 前記光学系は、前記低結像部および前記他の領域を通過する物点からの光を、物点までの距離によらず略同一の大きさに広げる請求項 1 に記載の光学系。
- [請求項3] 前記低結像部は、光軸を含む領域であり、前記他の領域は、前記低結像部の周囲の光軸を含まない領域である
請求項 1 または 2 に記載の光学系。
- [請求項4] 前記低結像部は、前記光学系が有する少なくとも 1 のレンズの少なくとも 1 の面の前記光軸を含む一部領域に形成され、当該面の前記光軸を含まない領域の光学パラメータが与える結像特性よりも低い結像特性を与える光学パラメータを有する
請求項 3 に記載の光学系。
- [請求項5] 前記低結像部は、前記光軸を含まない領域の曲面形状が与える結像特性よりも低い結像特性を与える曲面形状を有する
請求項 4 に記載の光学系。
- [請求項6] 前記低結像部の基準曲率半径は、前記他の領域の基準曲率半径より大きい
請求項 5 に記載の光学系。
- [請求項7] 前記低結像部の基準曲率半径は実質的に無限大である
請求項 5 に記載の光学系。
- [請求項8] 前記低結像部は、像面に最も近いレンズの像側の光学面に形成される
請求項 7 に記載の光学系。

- [請求項9] 前記低結像部は、最も物体側に位置するレンズに形成される請求項7に記載の光学系。
- [請求項10] 前記低結像部の高さ a と、前記低結像部を有する面を軸上光線が通過する最大高さ b とが、
$$0.05 \leq a/b \leq 0.77$$
を満たす請求項6に記載の光学系。
- [請求項11] 前記 a と、前記 b とが、
$$0.08 \leq a/b \leq 0.60$$
を満たす請求項10に記載の光学系。
- [請求項12] 前記 a と、前記 b とが、
$$0.11 \leq a/b \leq 0.43$$
を満たす請求項11に記載の光学系。
- [請求項13] 前記低結像部における曲面形状によるバックフォーカスの値 f_{b1} 、前記他の領域の曲面形状によるバックフォーカスの値 f_{b2} 、および、前記光学系のFナンバーの値 FN が、
$$2.4 \leq (f_{b2}/f_{b1}) \times FN \leq 2.87$$
を満たす請求項6に記載の光学系。
- [請求項14] 請求項1から13のいずれかに記載の光学系と、前記光学系を通過した光を受光する受光部とを備える撮像装置。
- [請求項15] 前記受光部は、複数の画素にそれぞれ対応する複数の受光素子を有し、前記複数の画素はそれぞれ少なくとも3色のカラーフィルタの1色を透過した光を受光し、
前記光学系は、前記3色の光を受光する近接した3個の画素より形成される画素ブロックより大きく広げたことを特徴とする請求項14に記載の撮像装置。

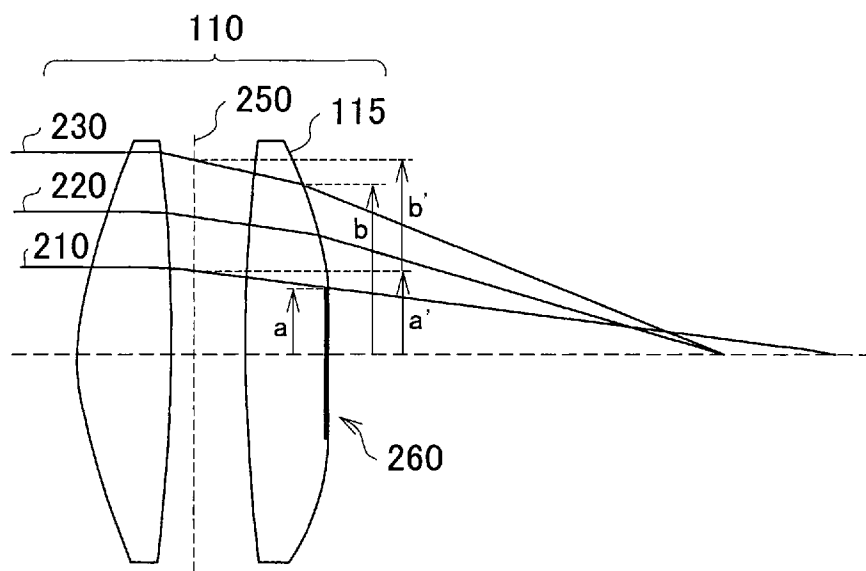
[図1]

100

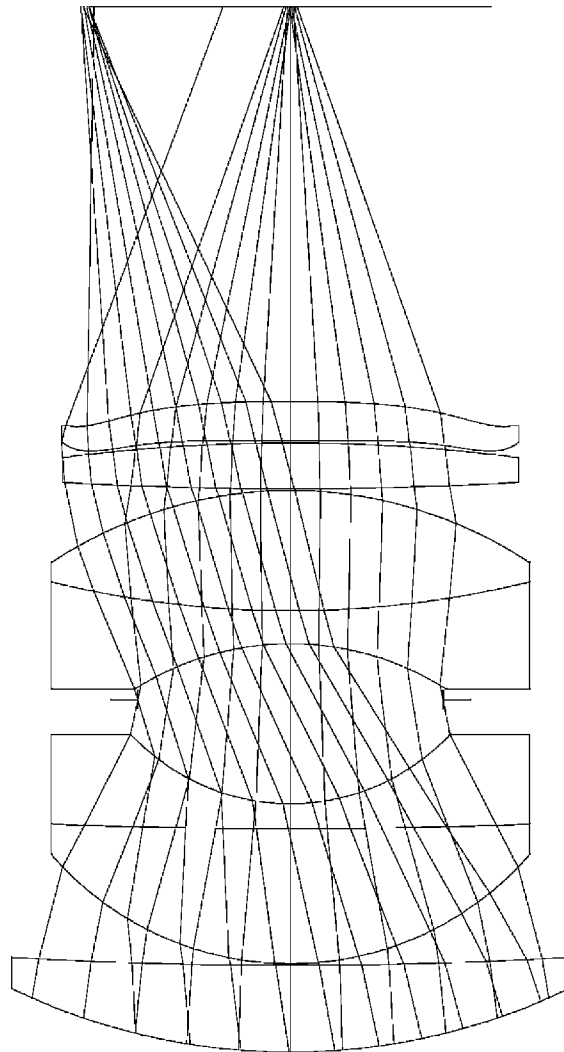
[図2A]



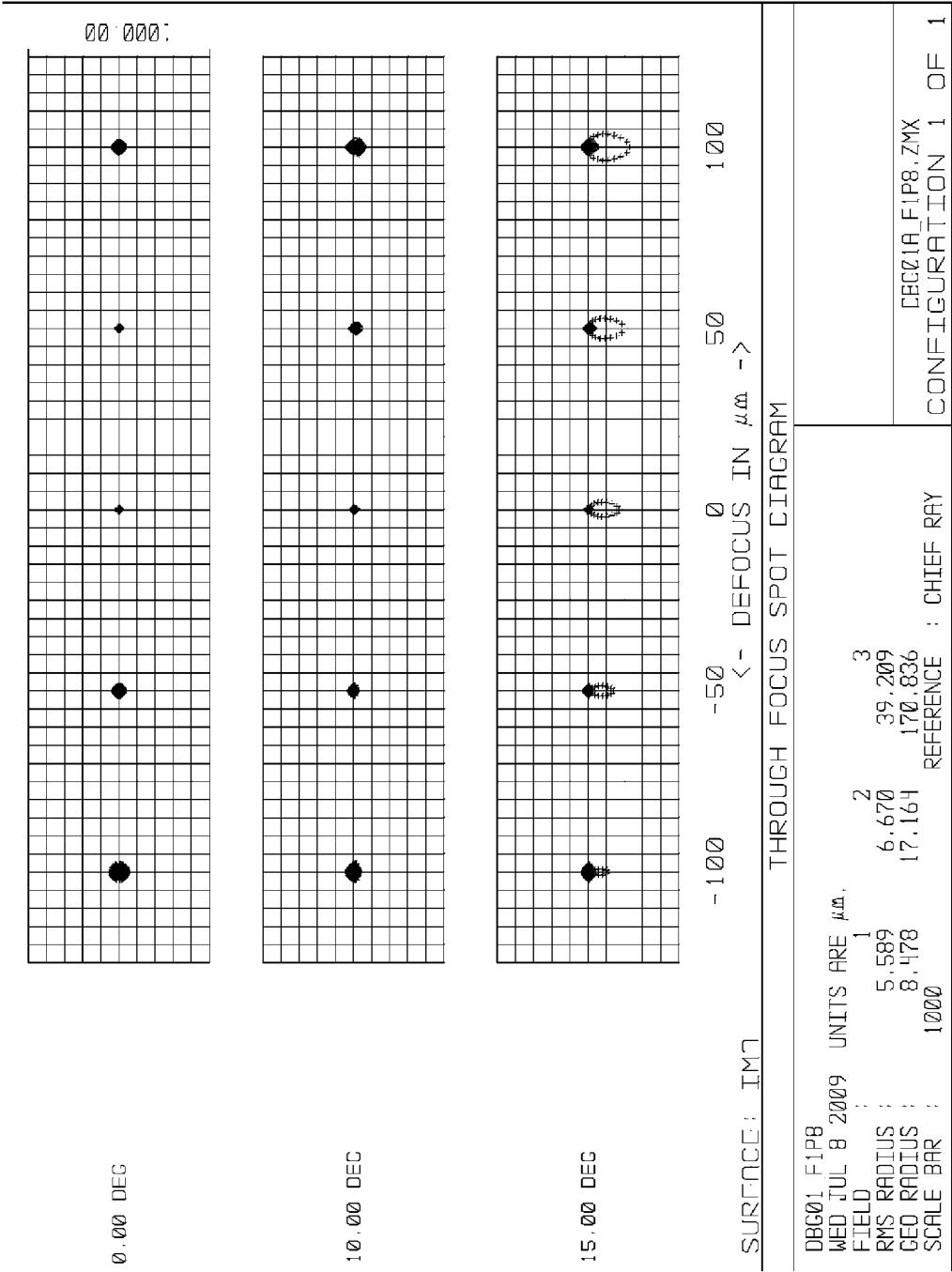
[図2B]



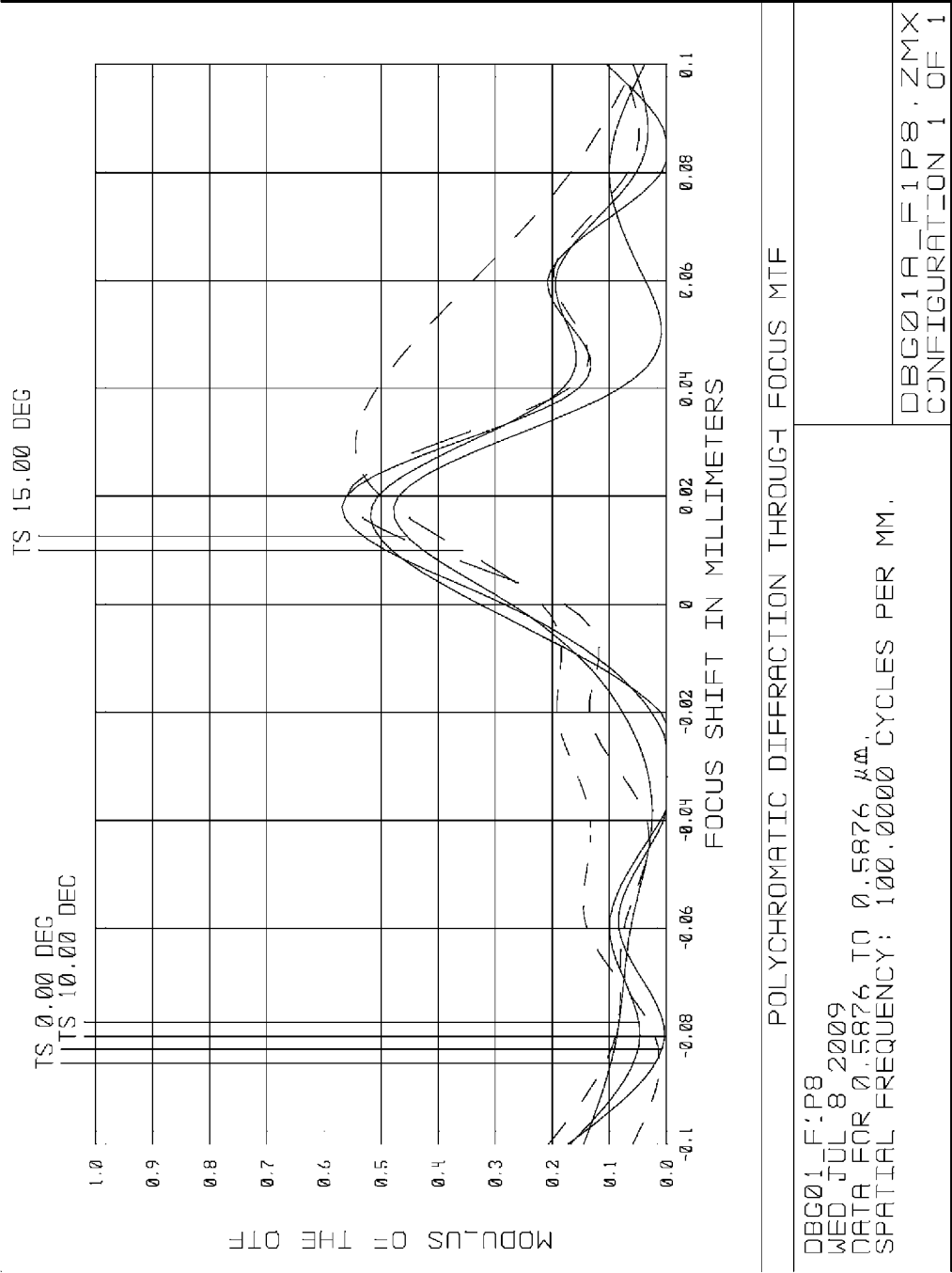
[図3A]



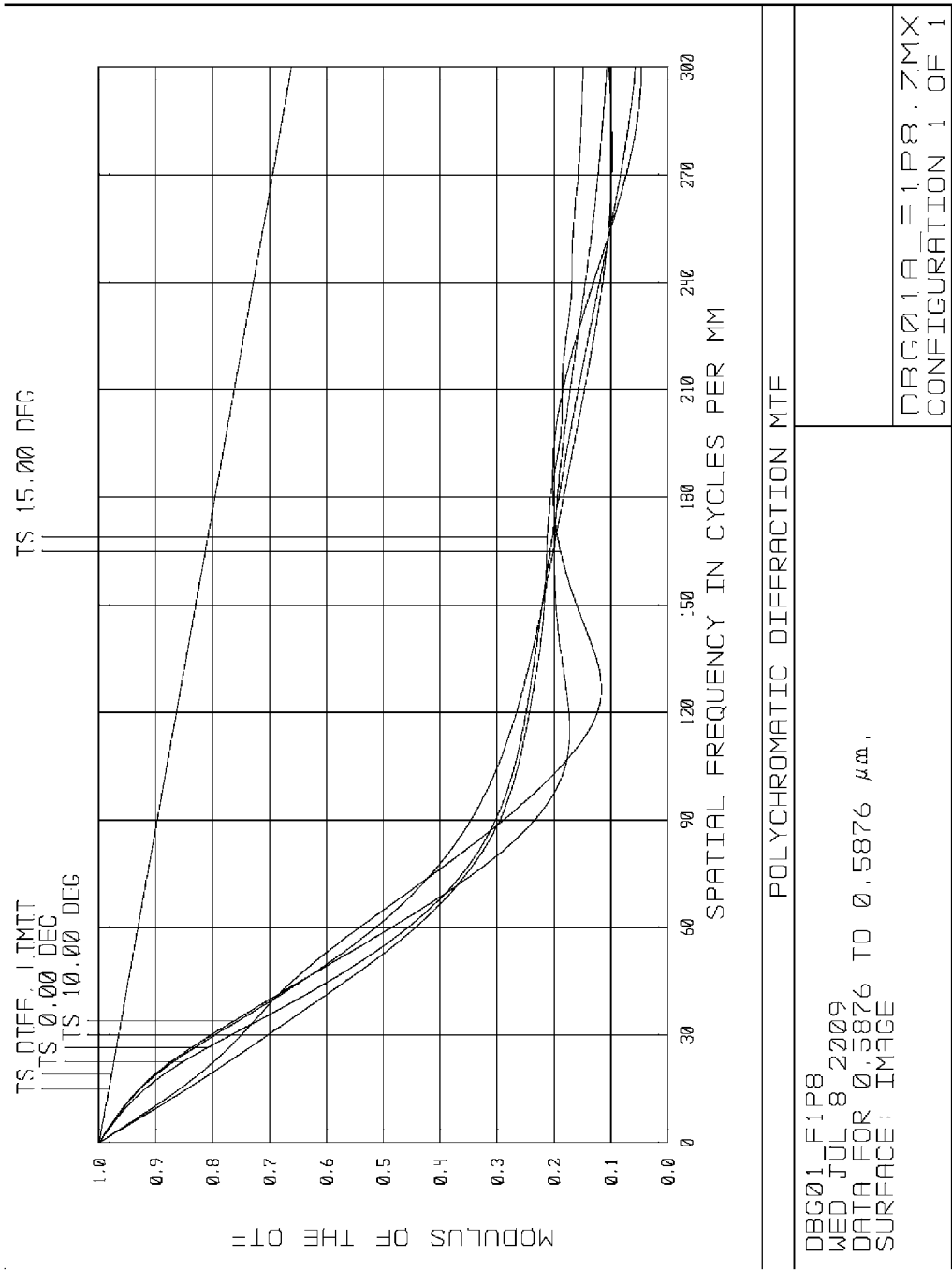
[図3B]



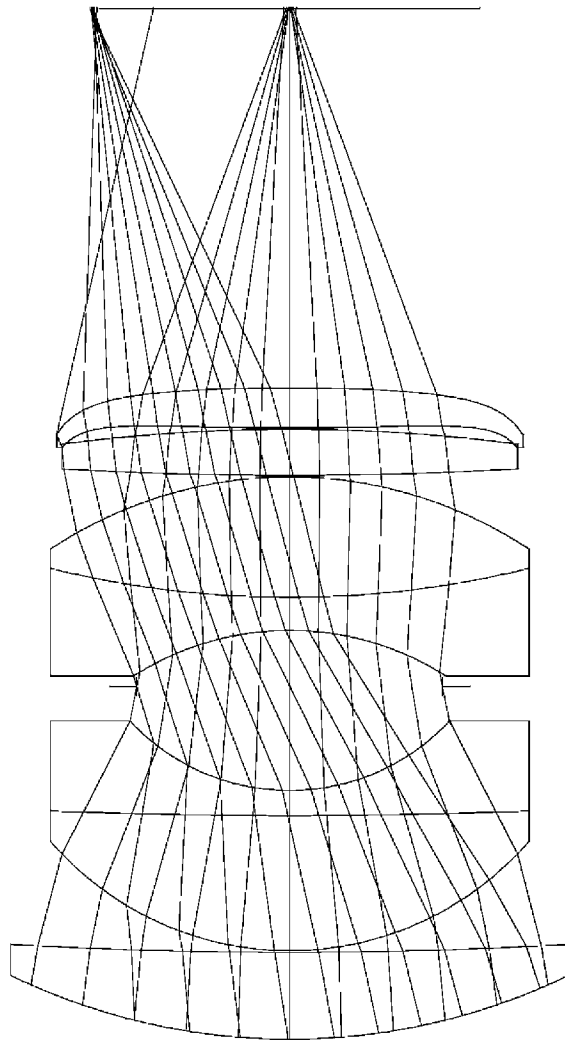
[図3C]



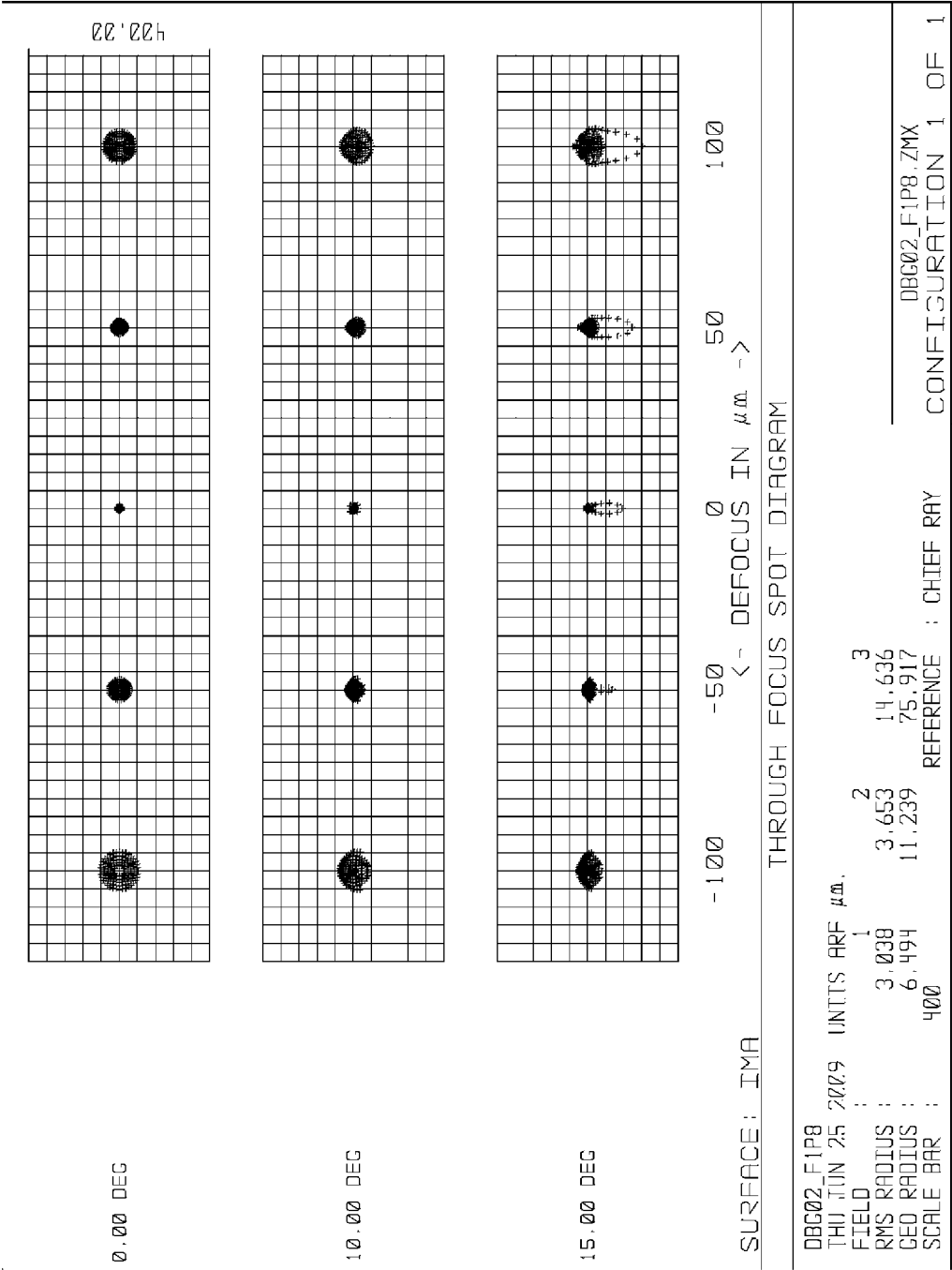
[3D]



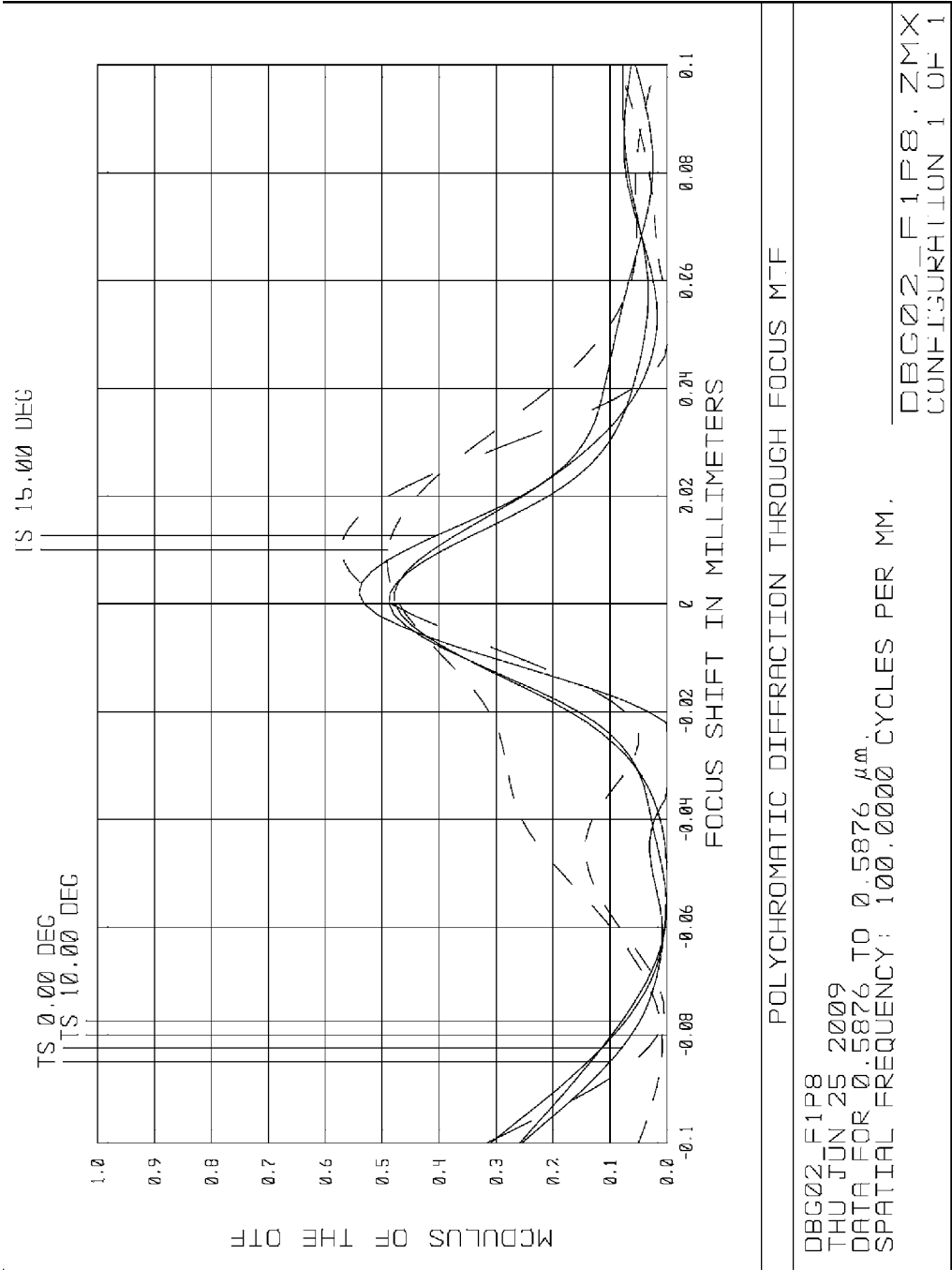
[図4A]



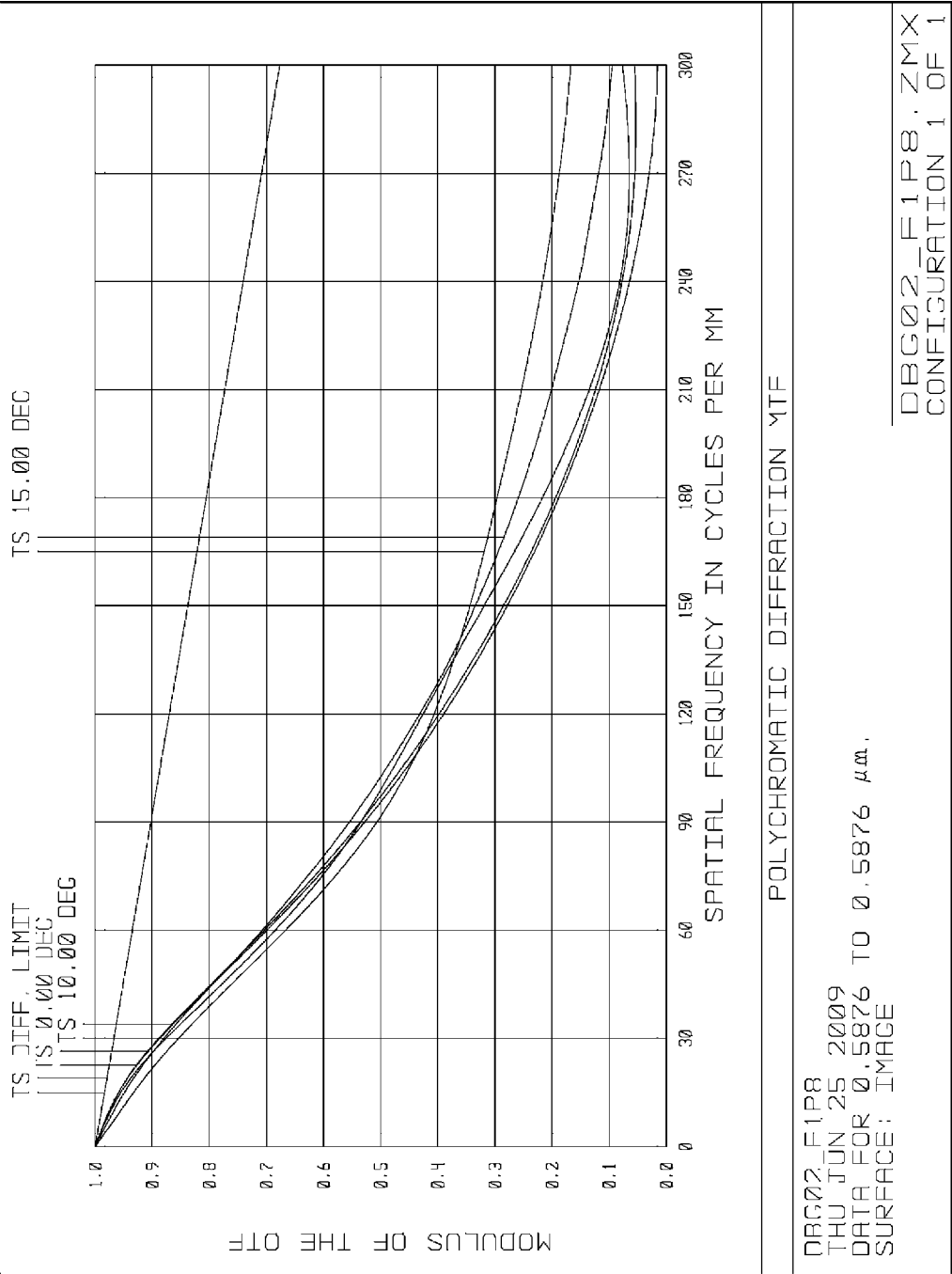
[図4B]



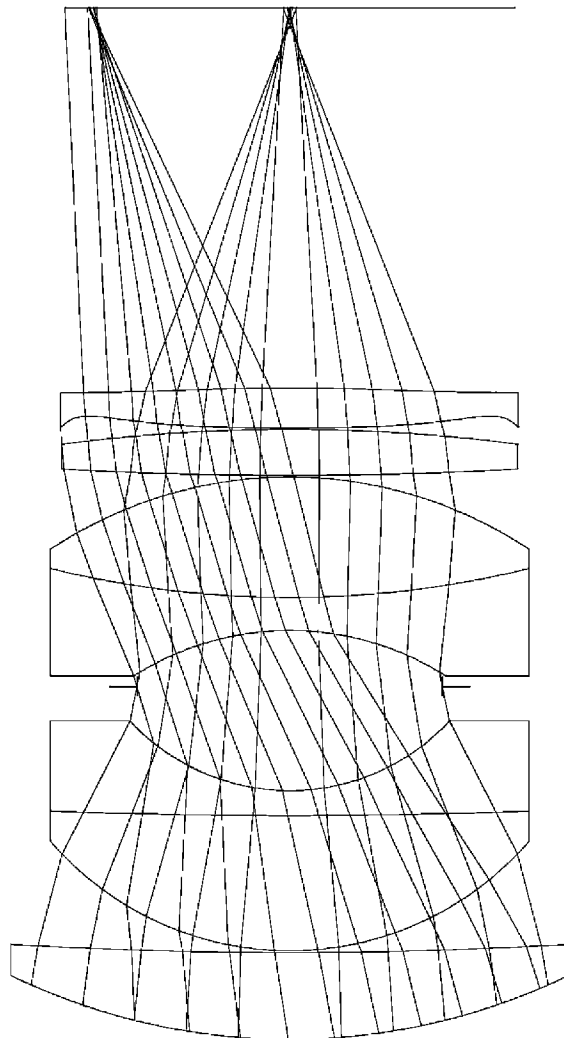
[図4C]



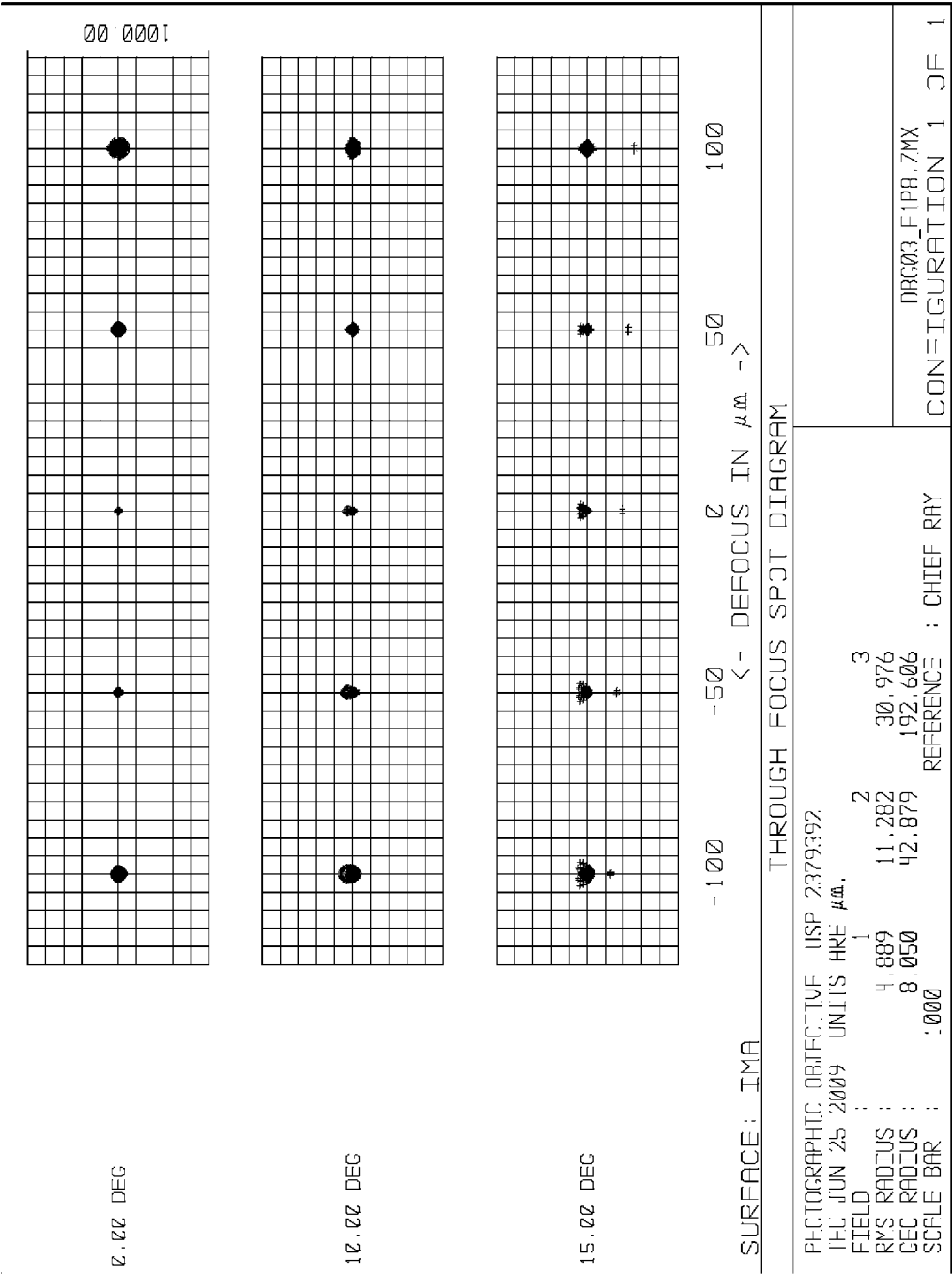
[図4D]



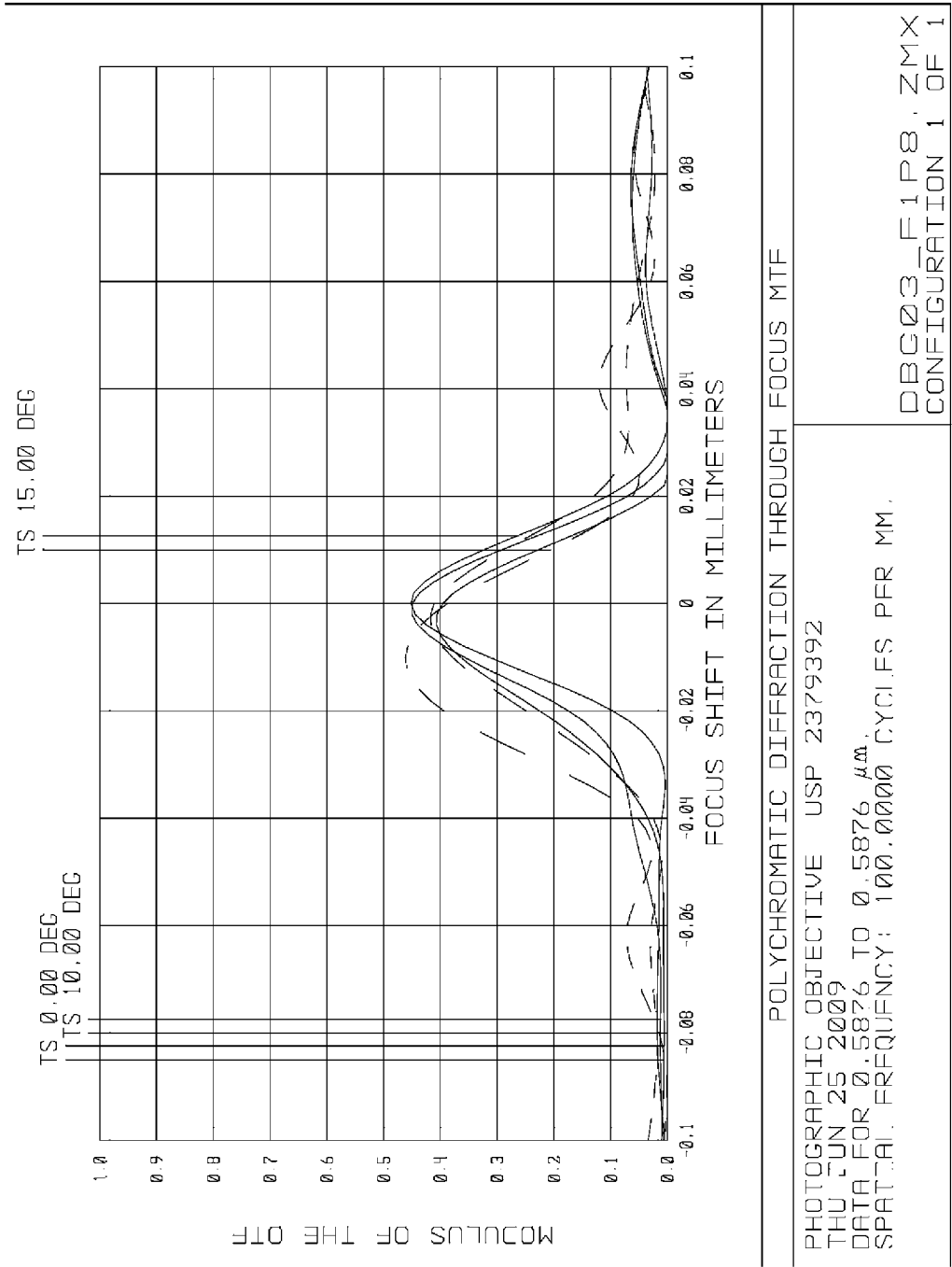
[図5A]



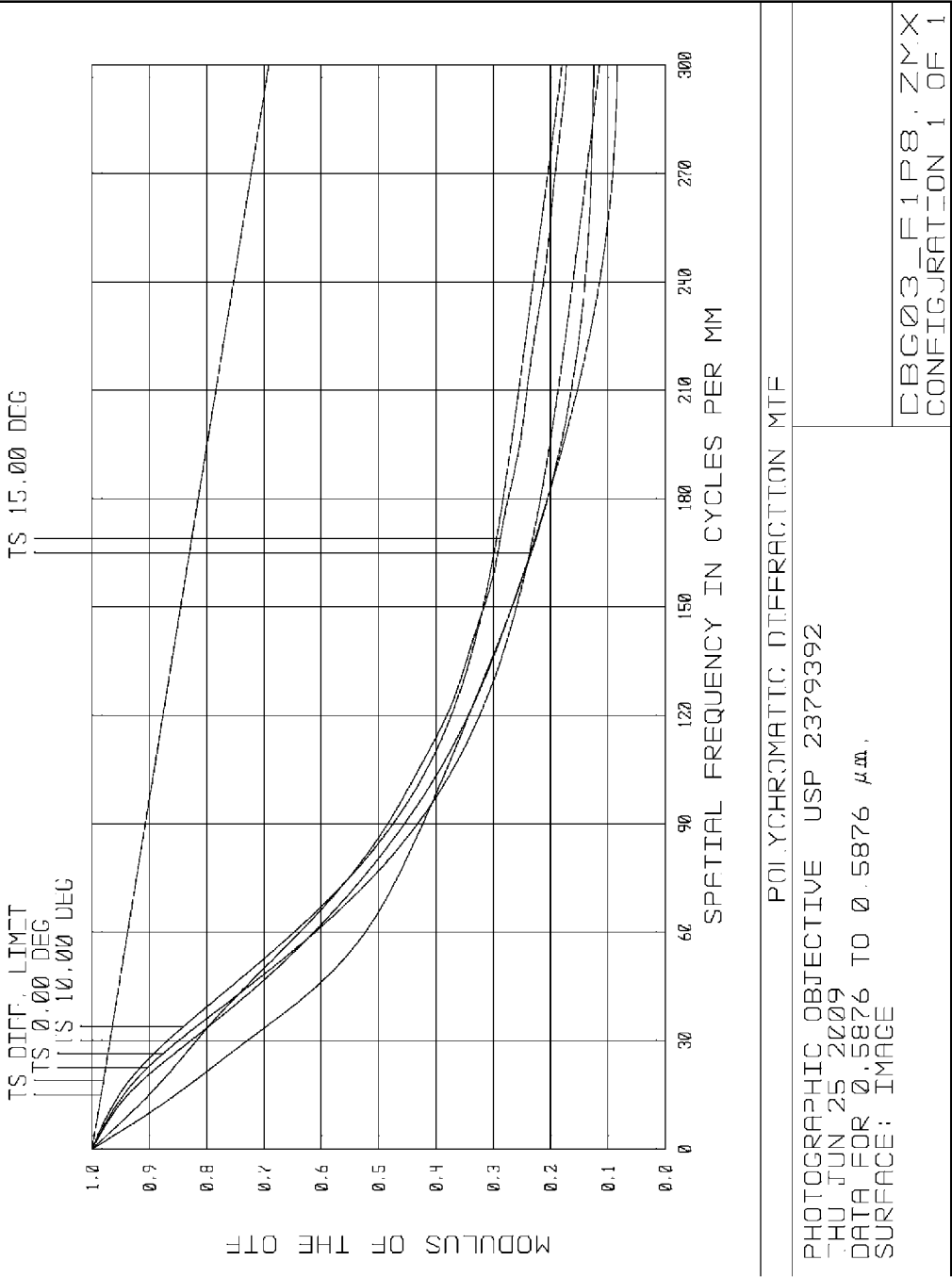
[図5B]



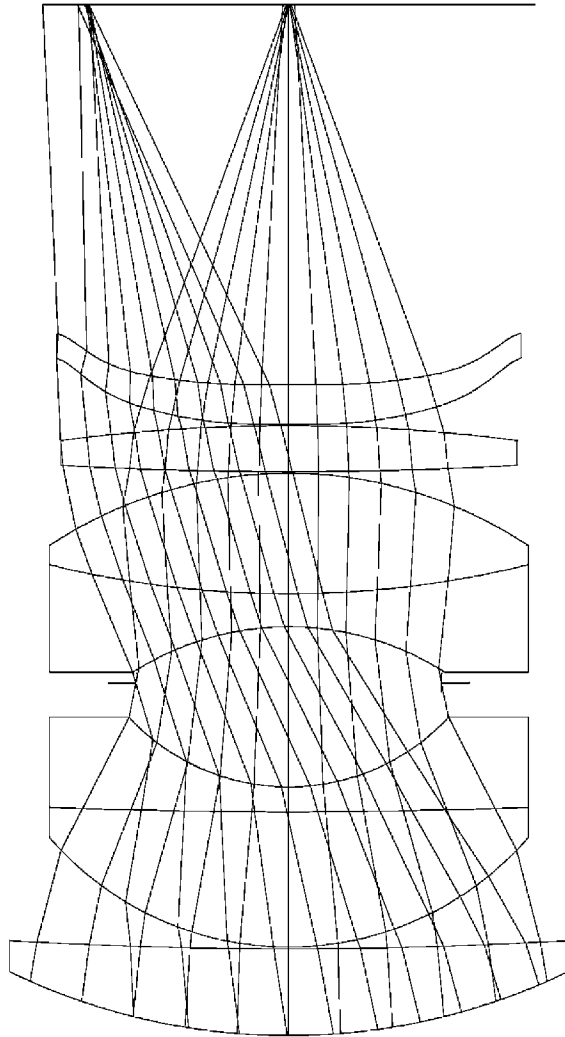
[図5C]



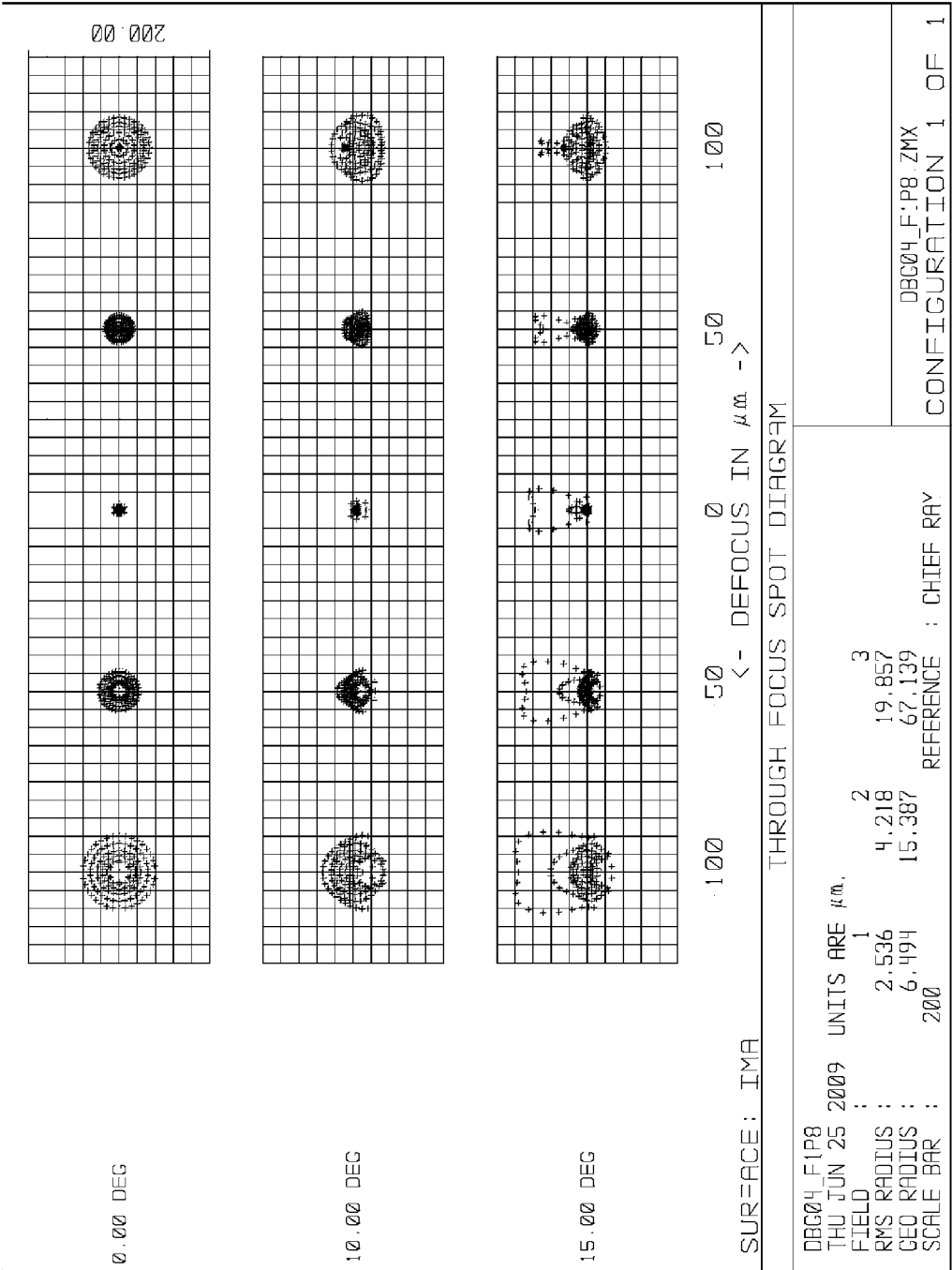
[図5D]



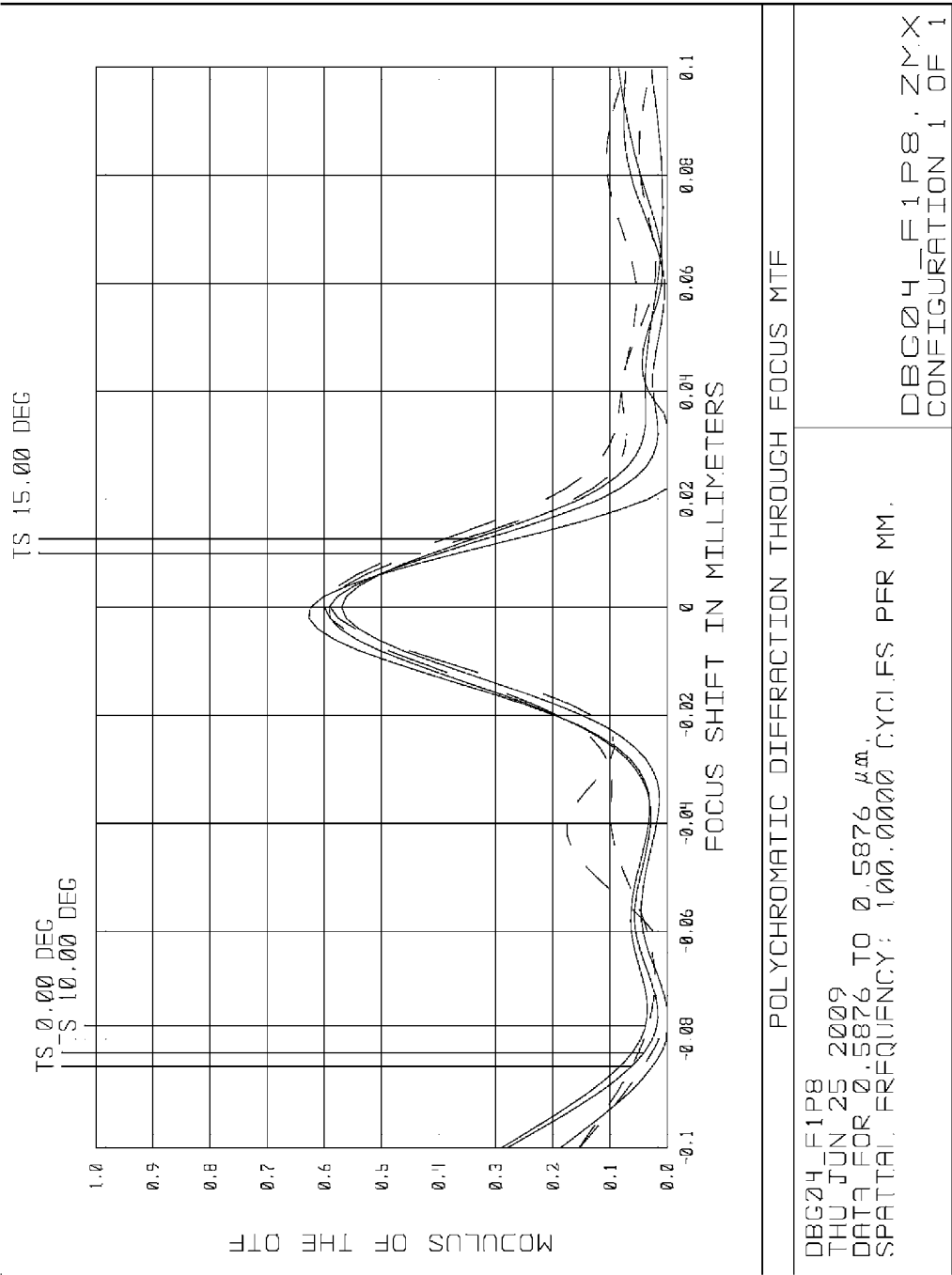
[図6A]



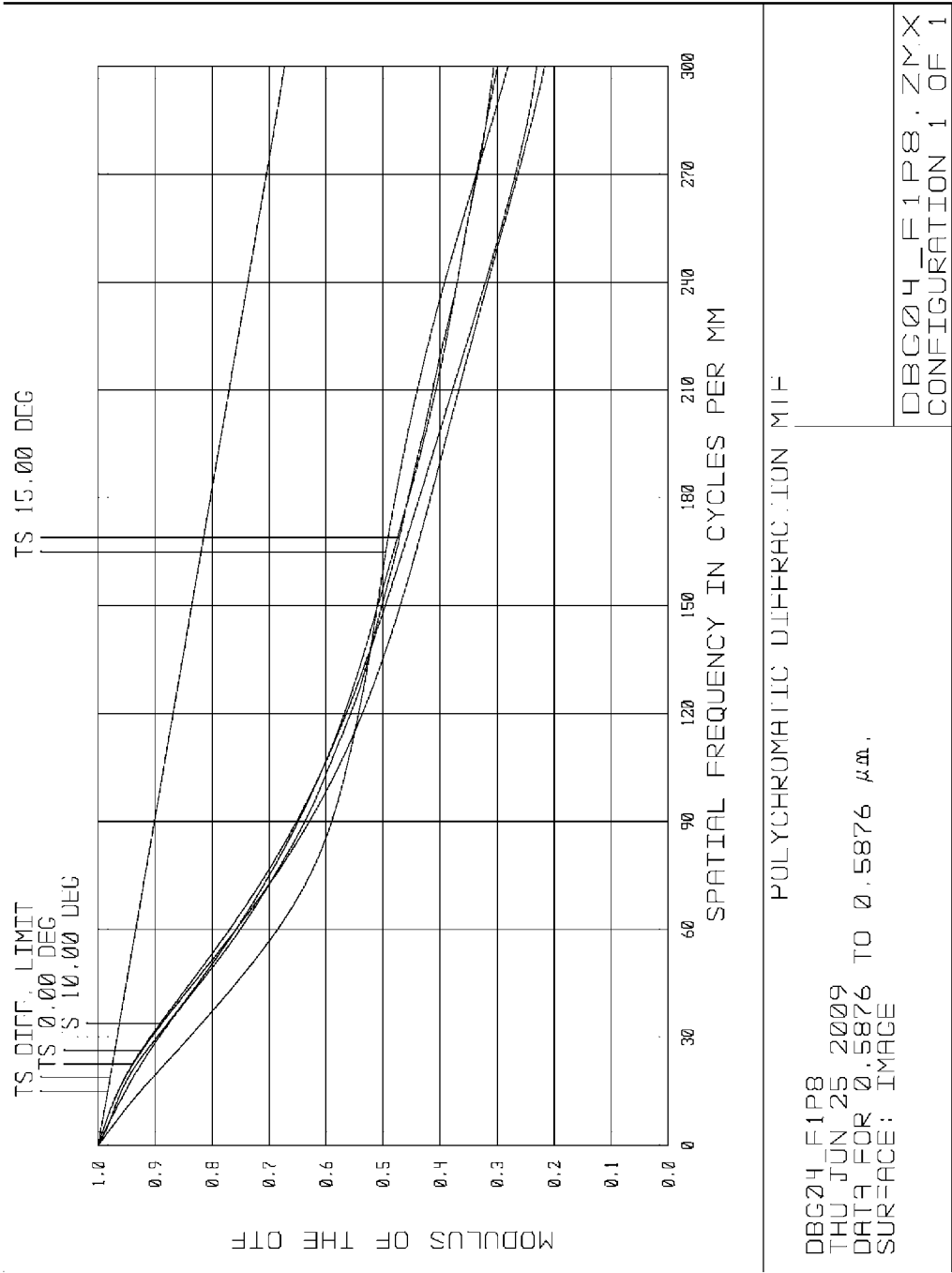
[図6B]



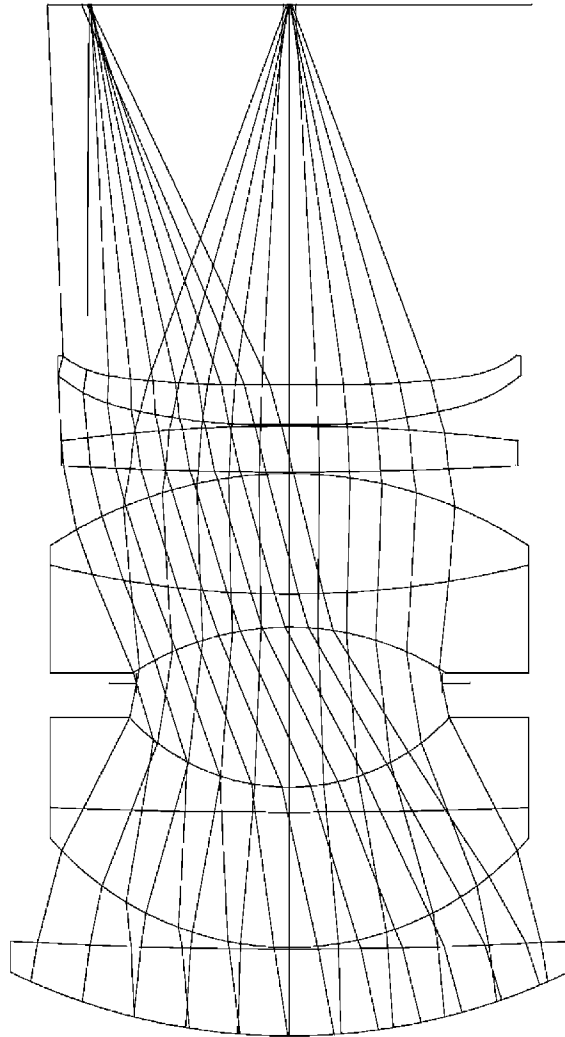
[図6C]



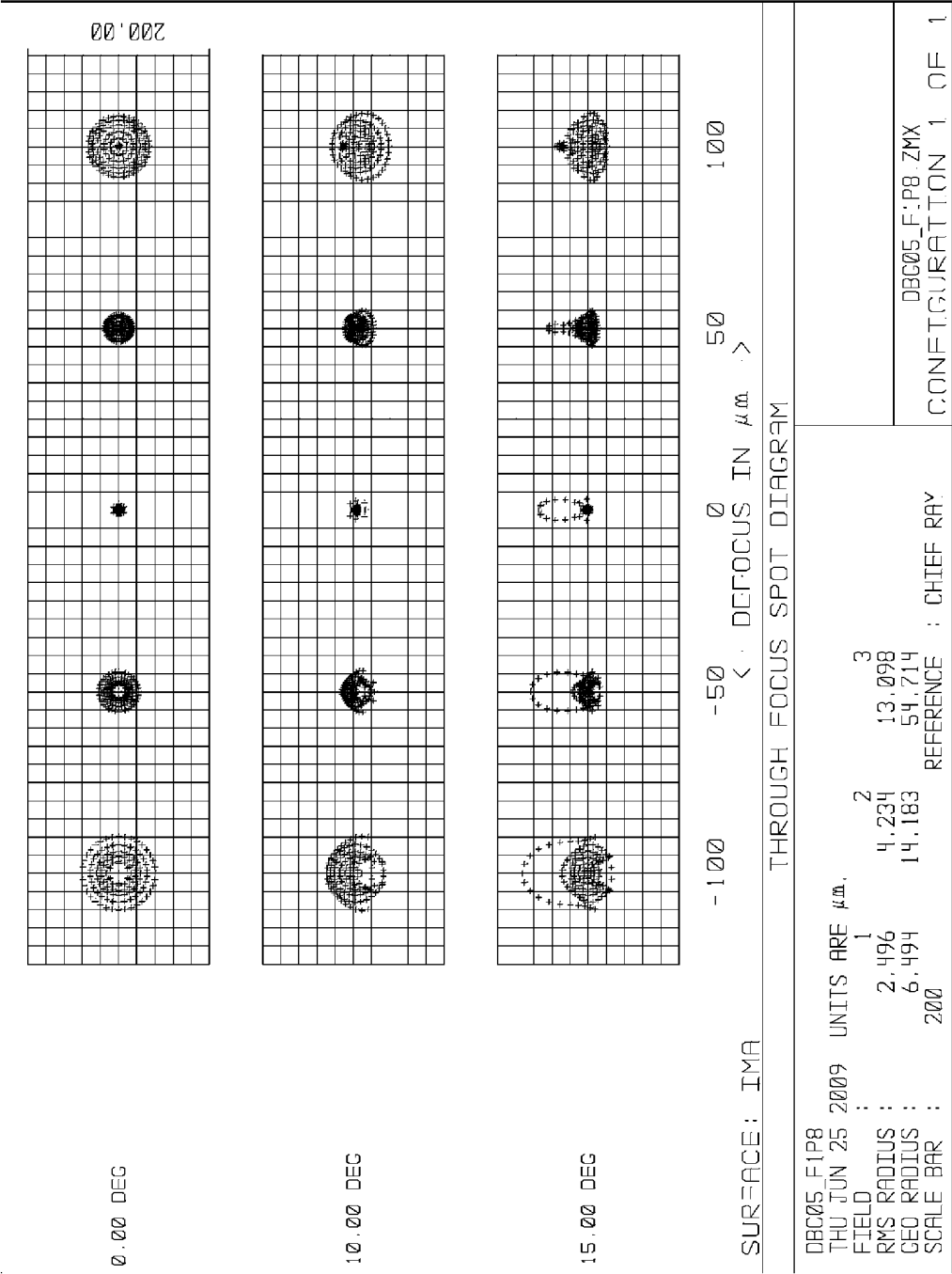
[図6D]



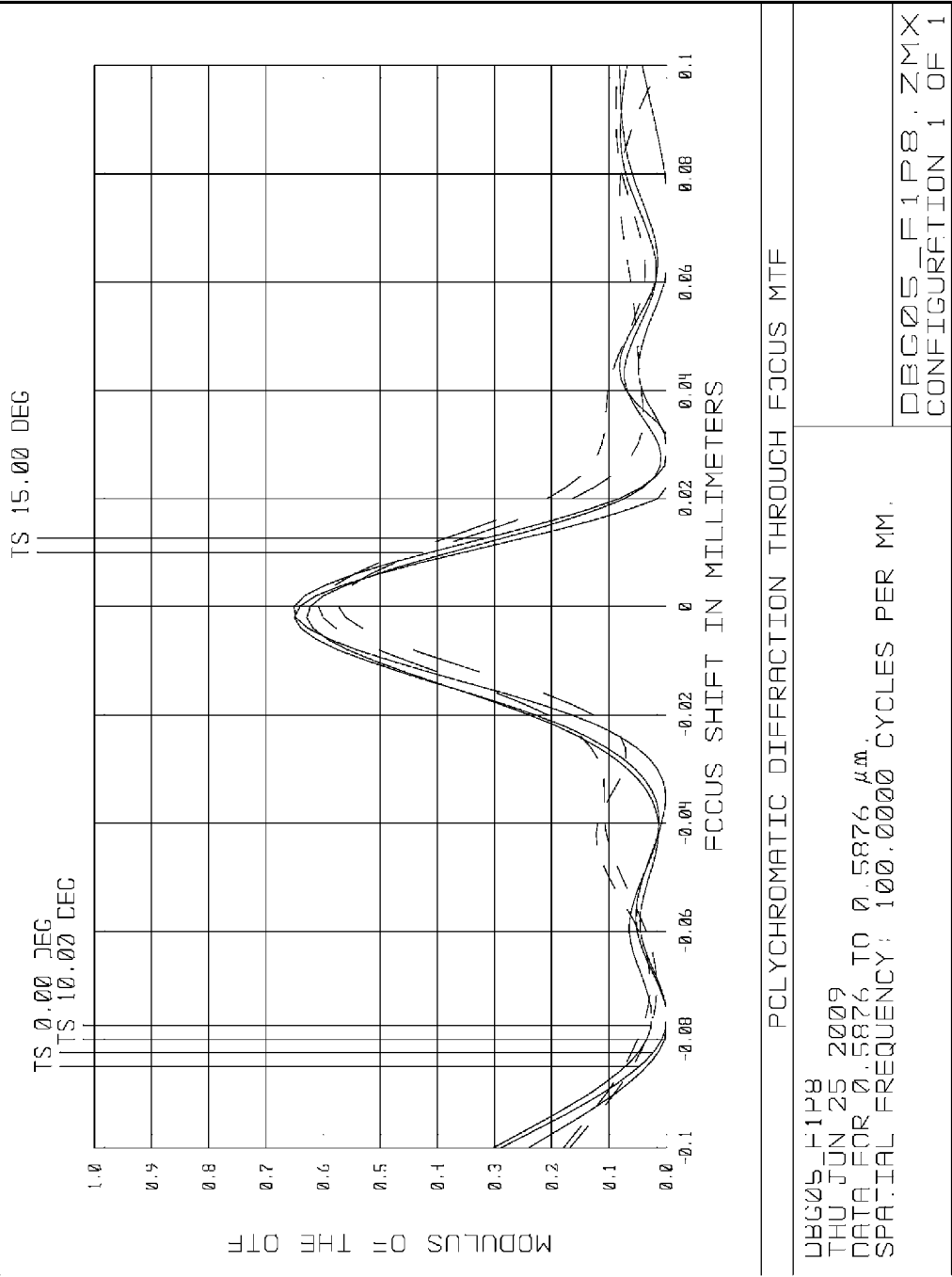
[図7A]



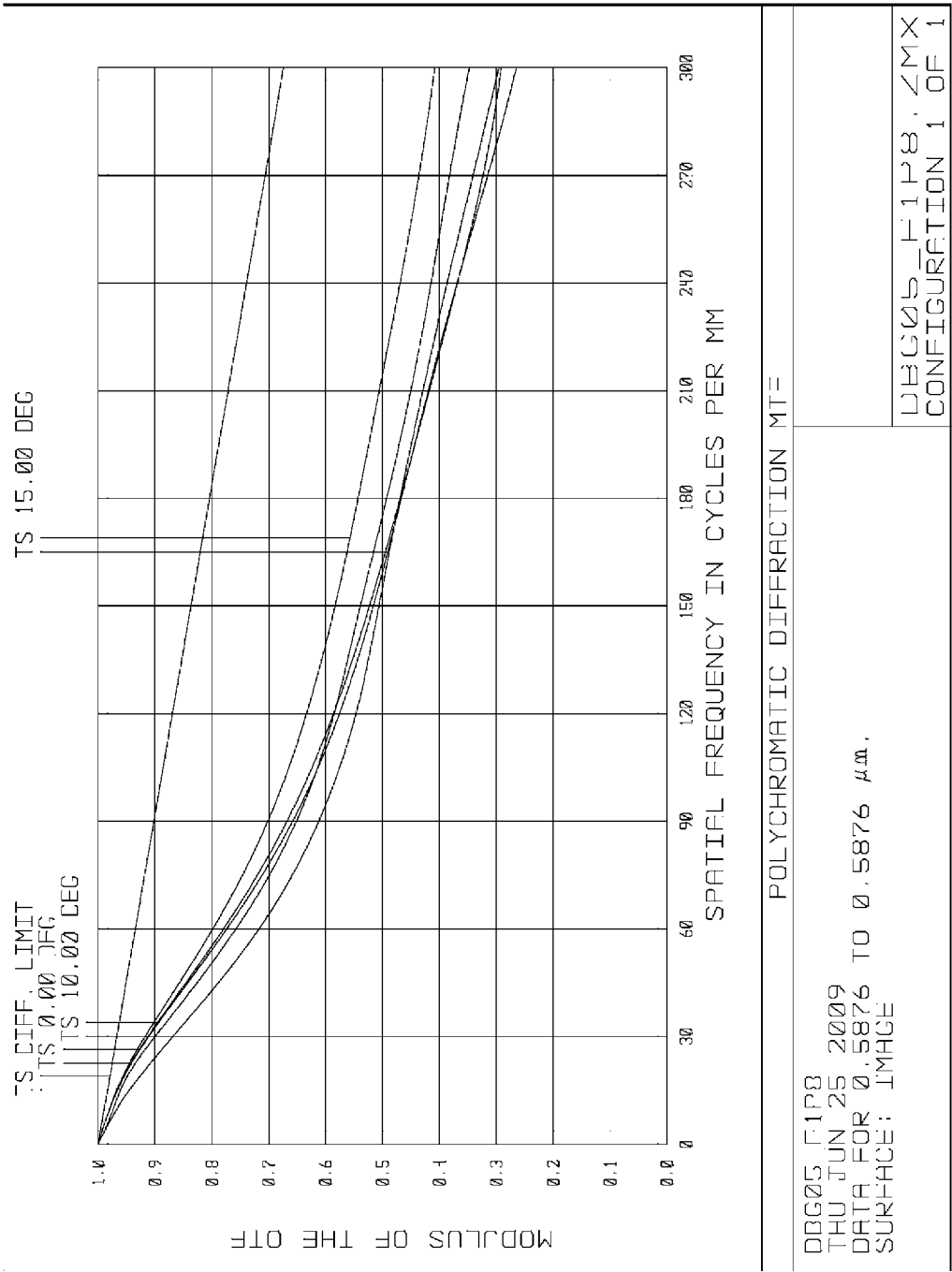
[図7B]



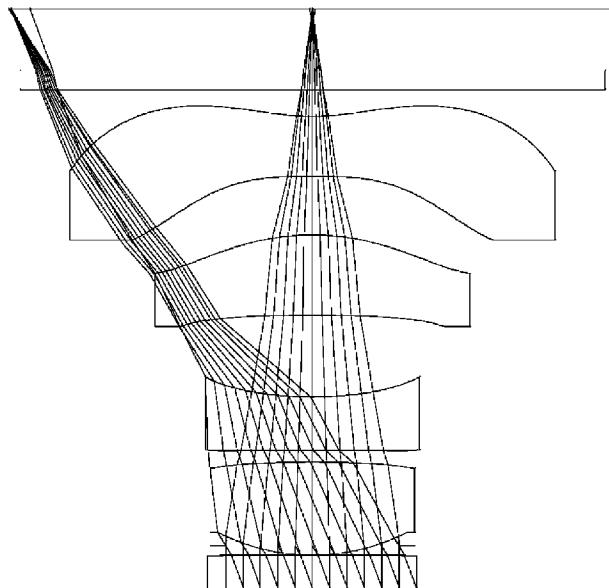
[図7C]



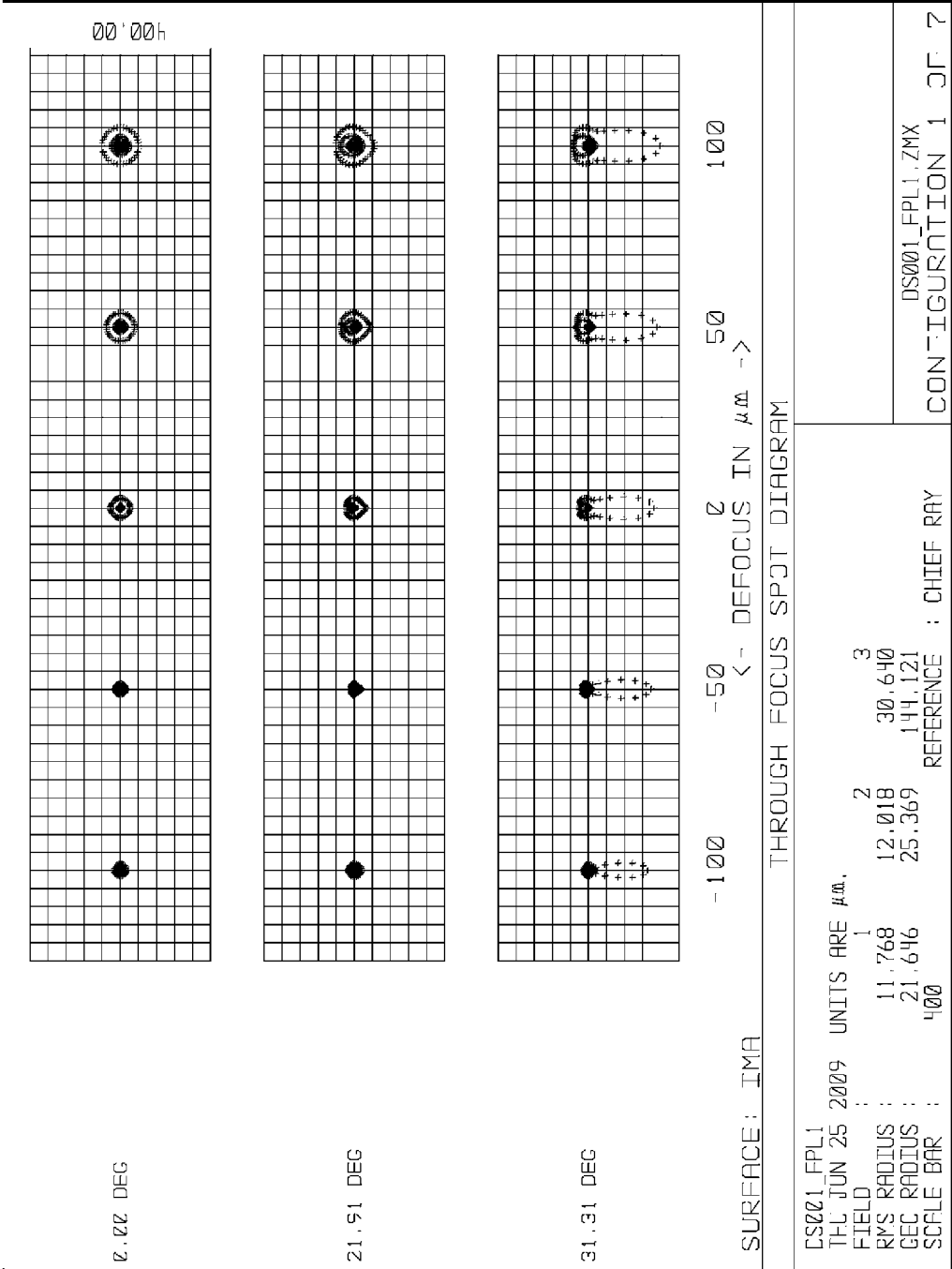
[図7D]



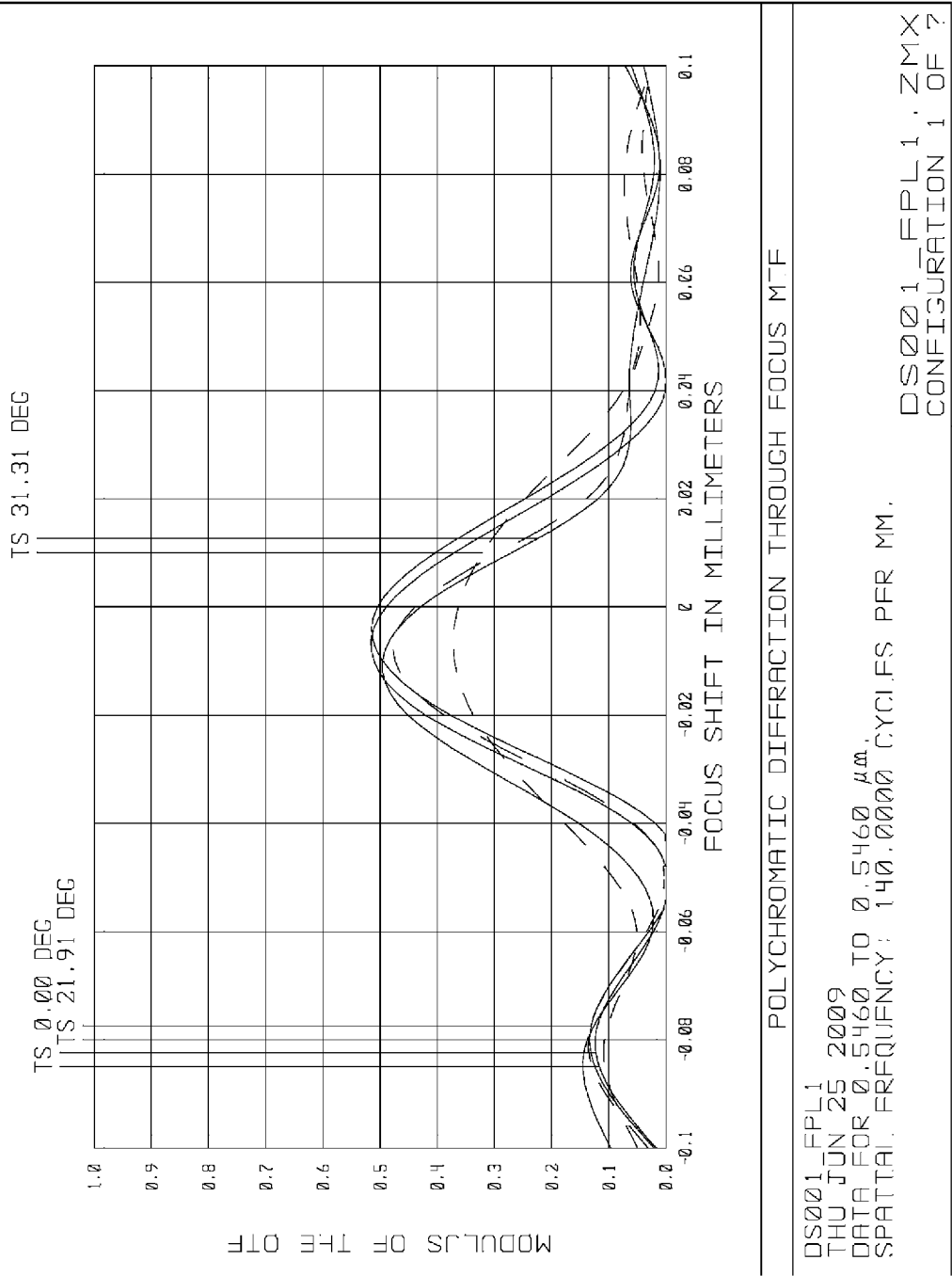
[図8A]



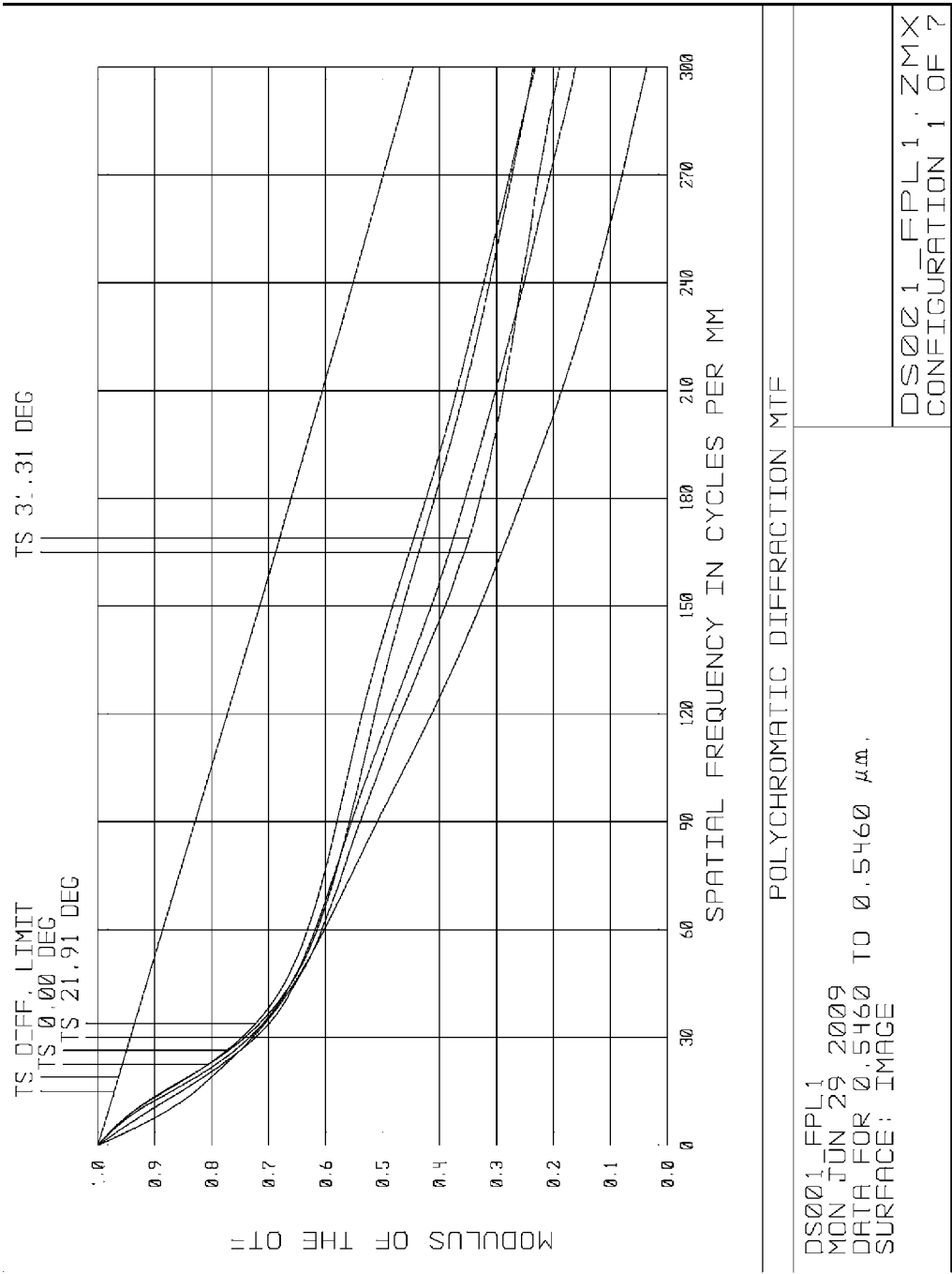
[8B]



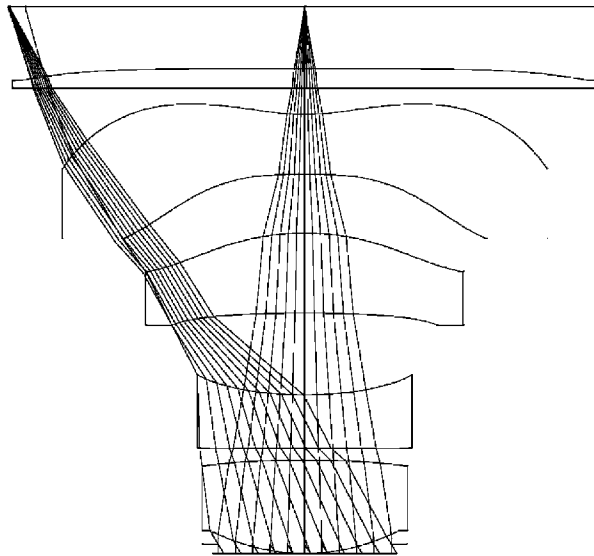
[図8C]



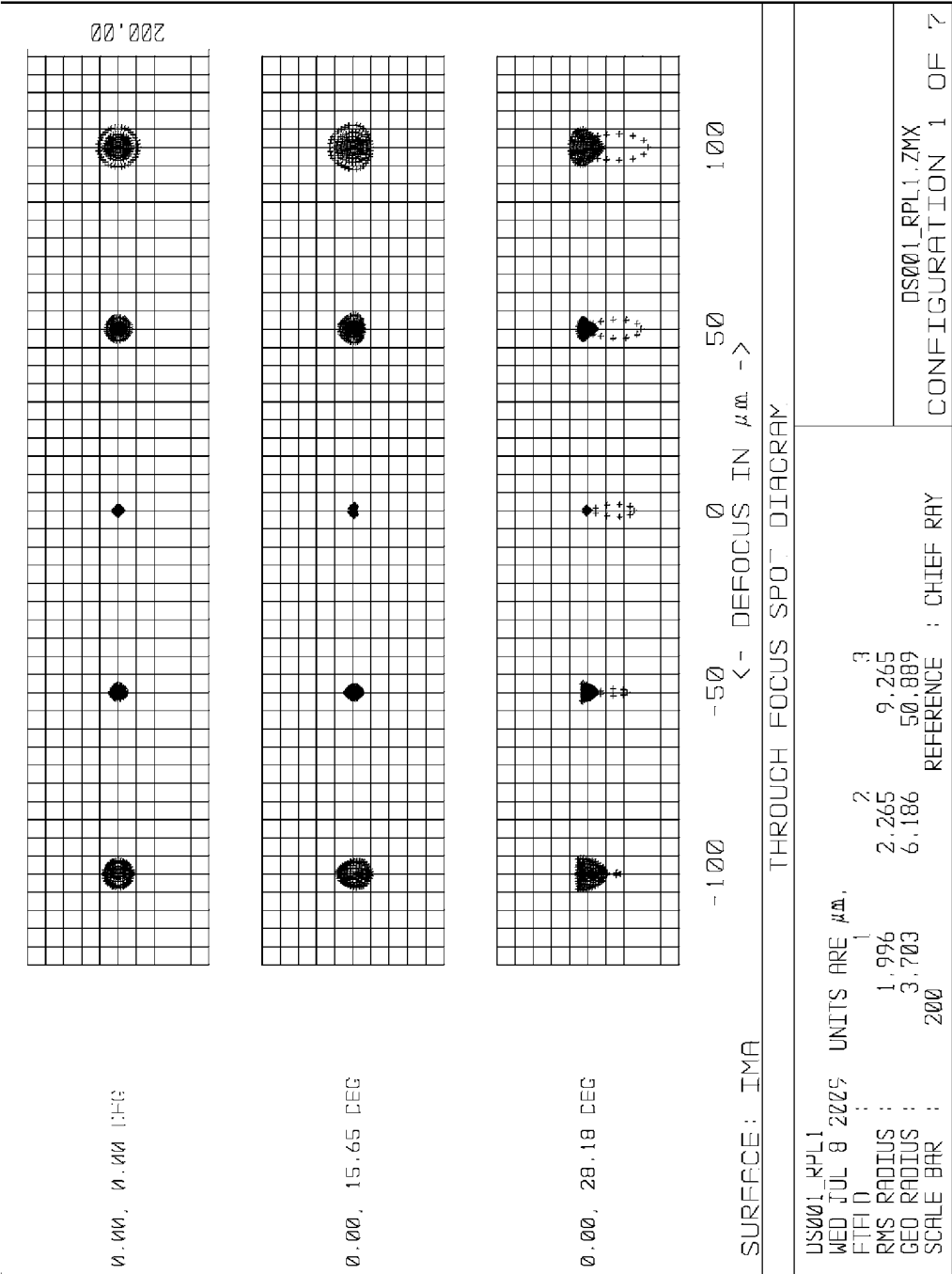
[図8D]



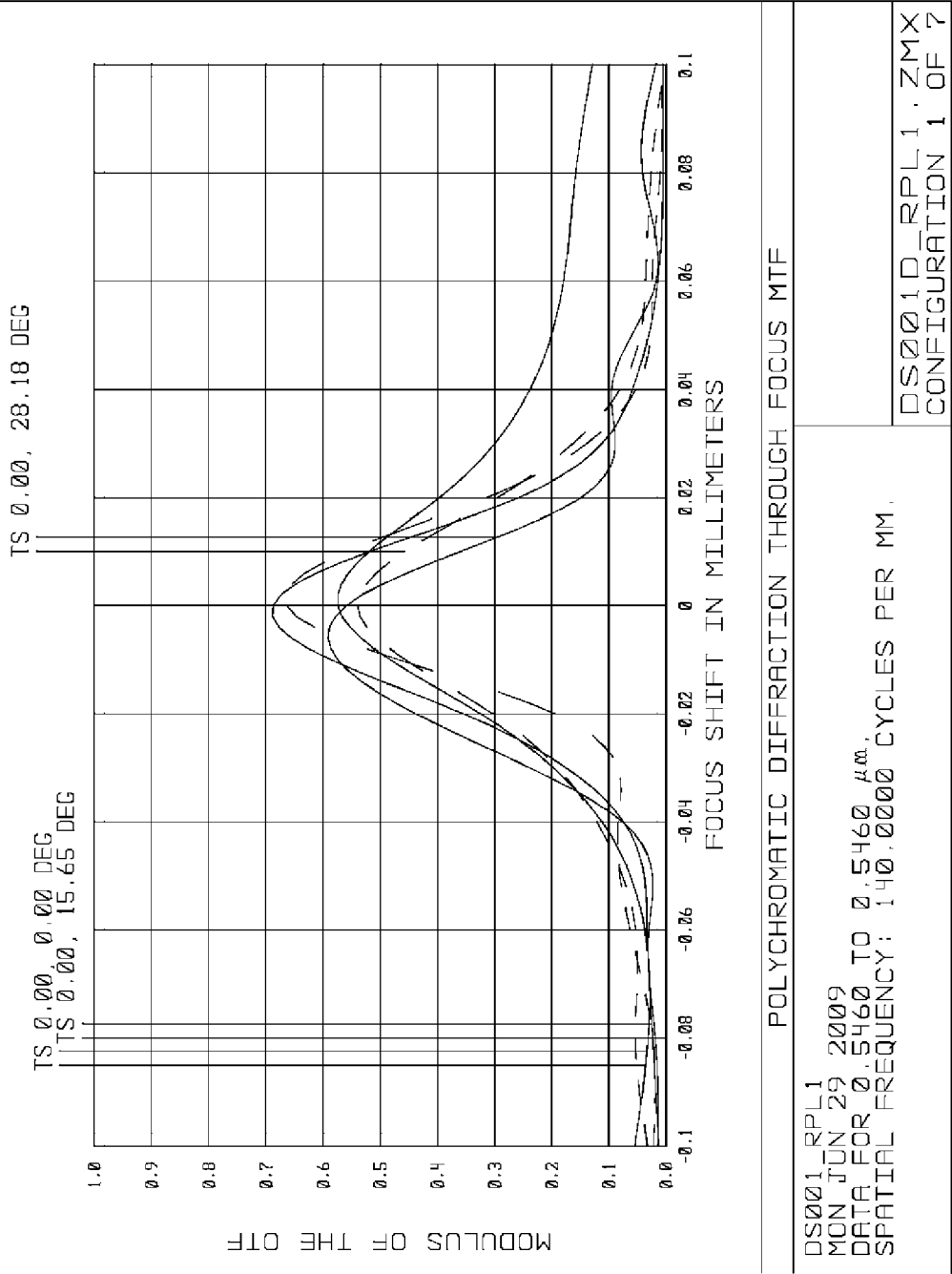
[図9A]



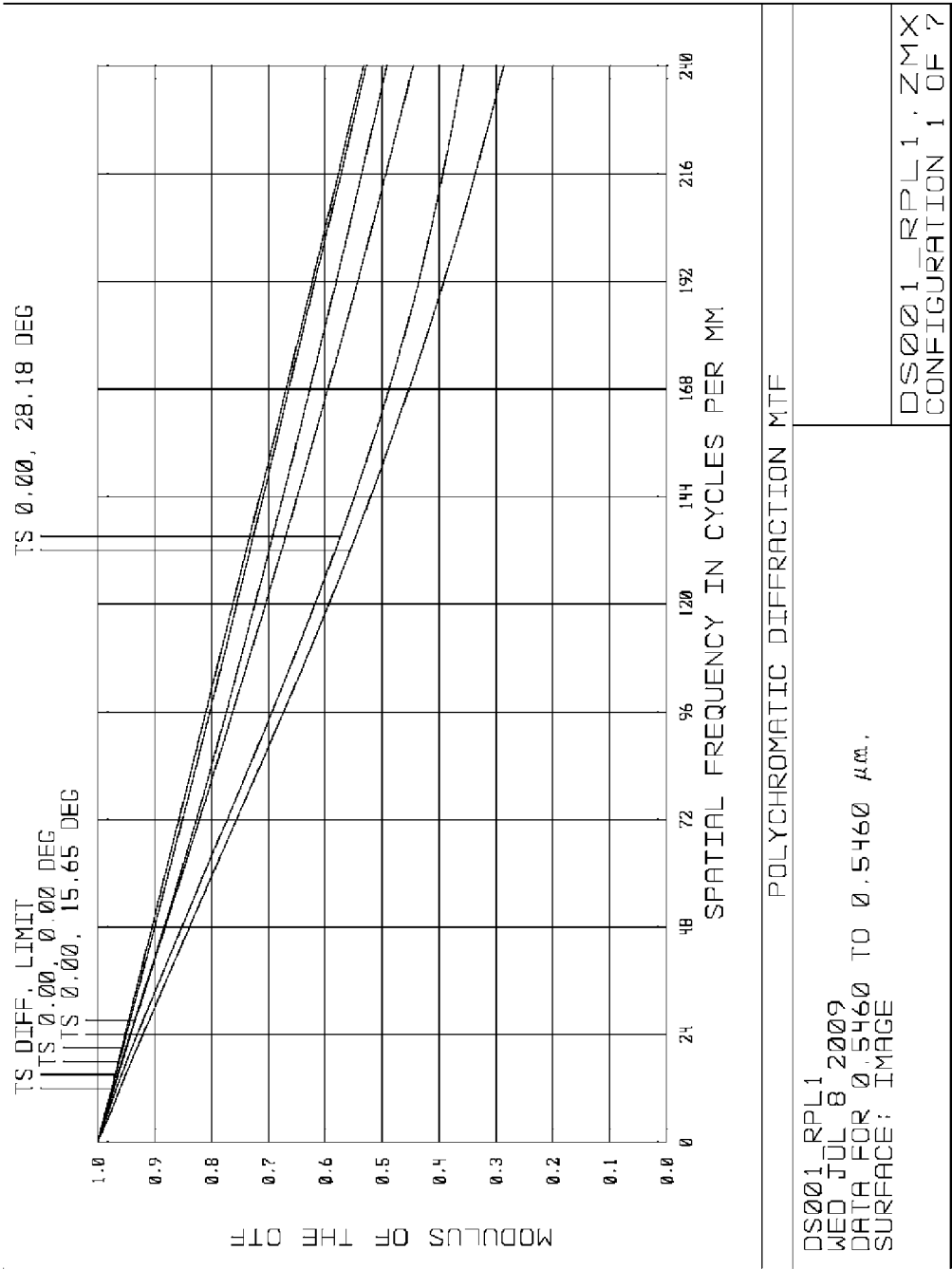
[図9B]



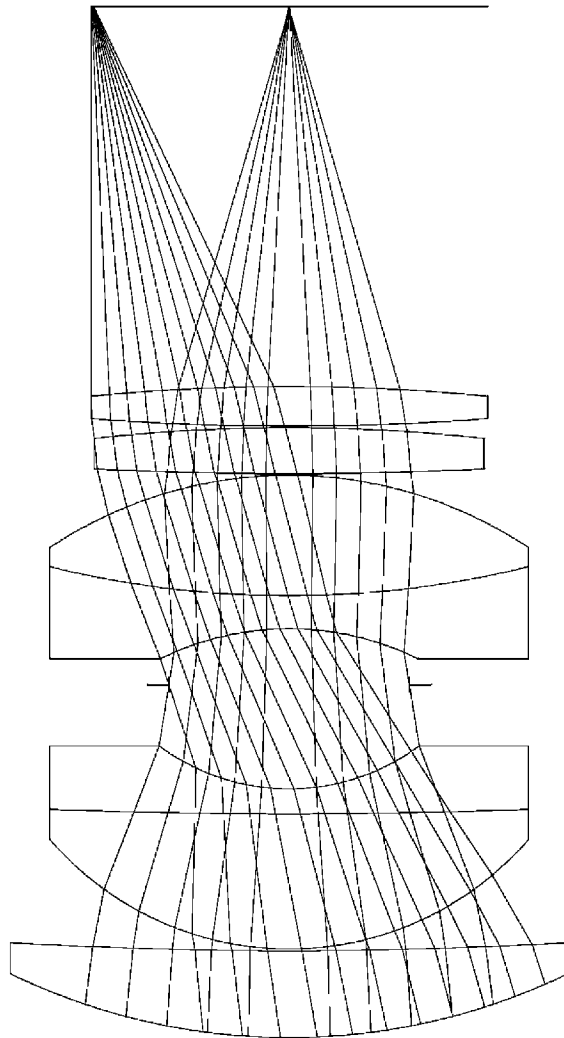
[図9C]



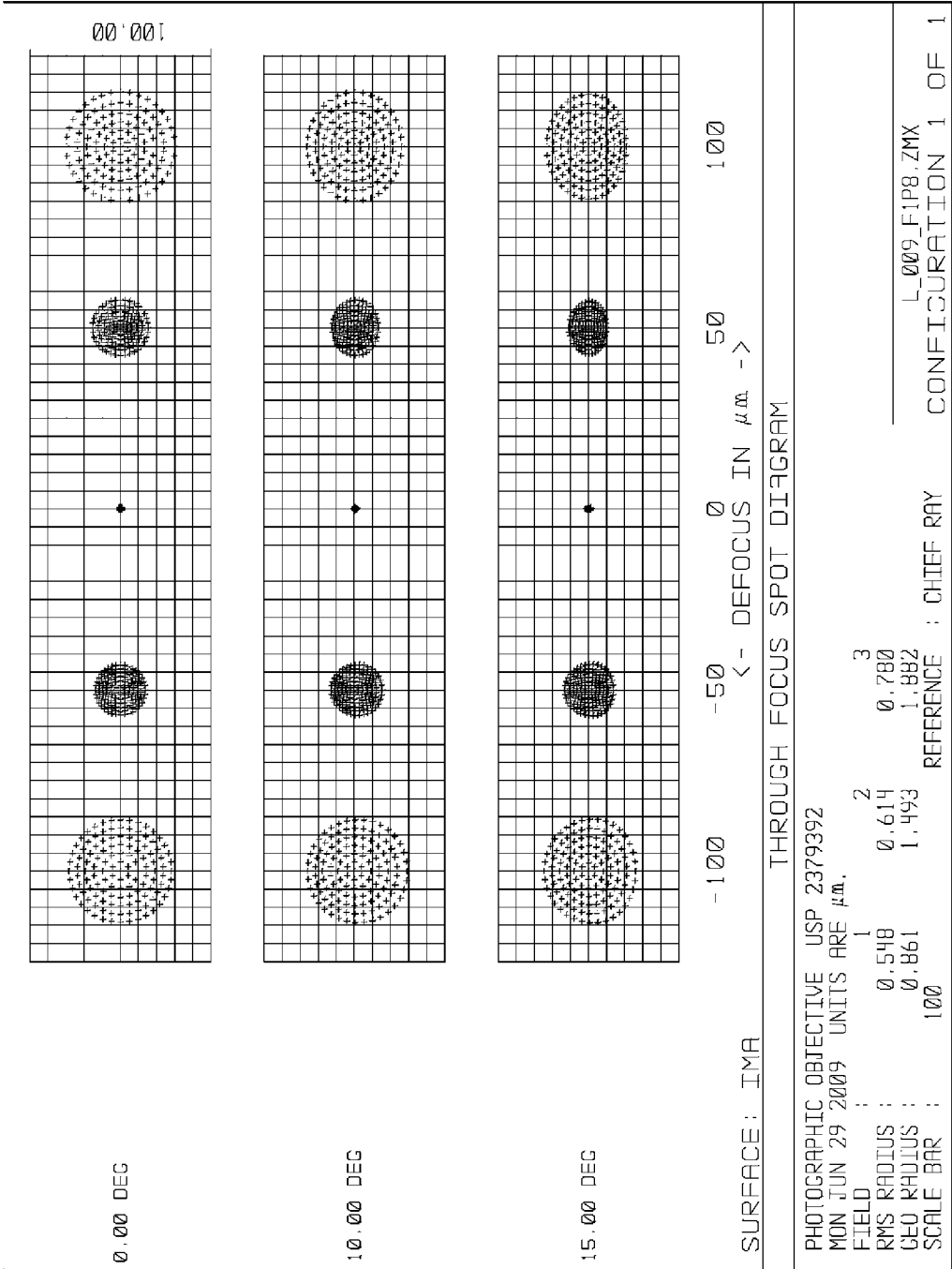
[図9D]



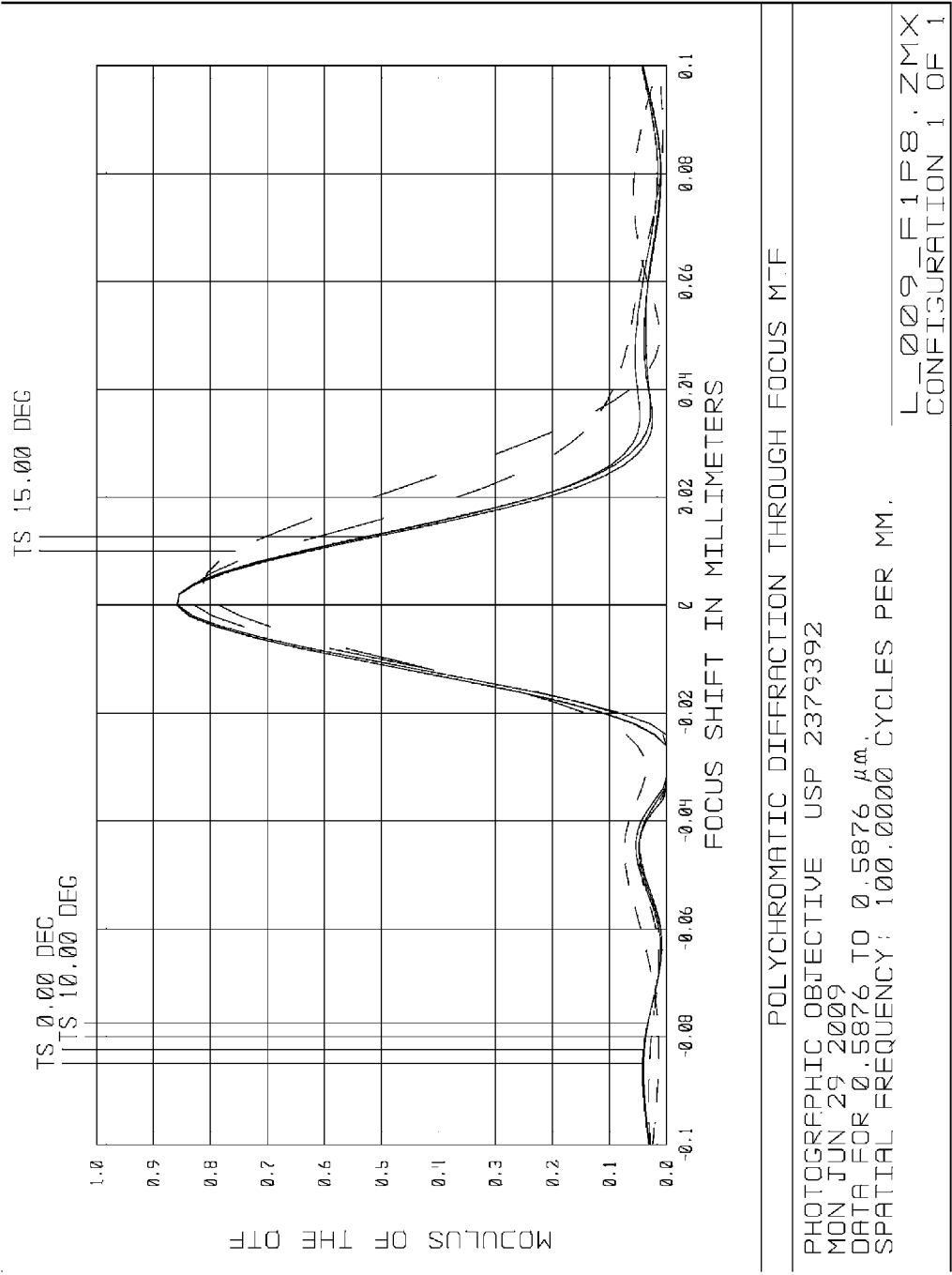
[図10A]



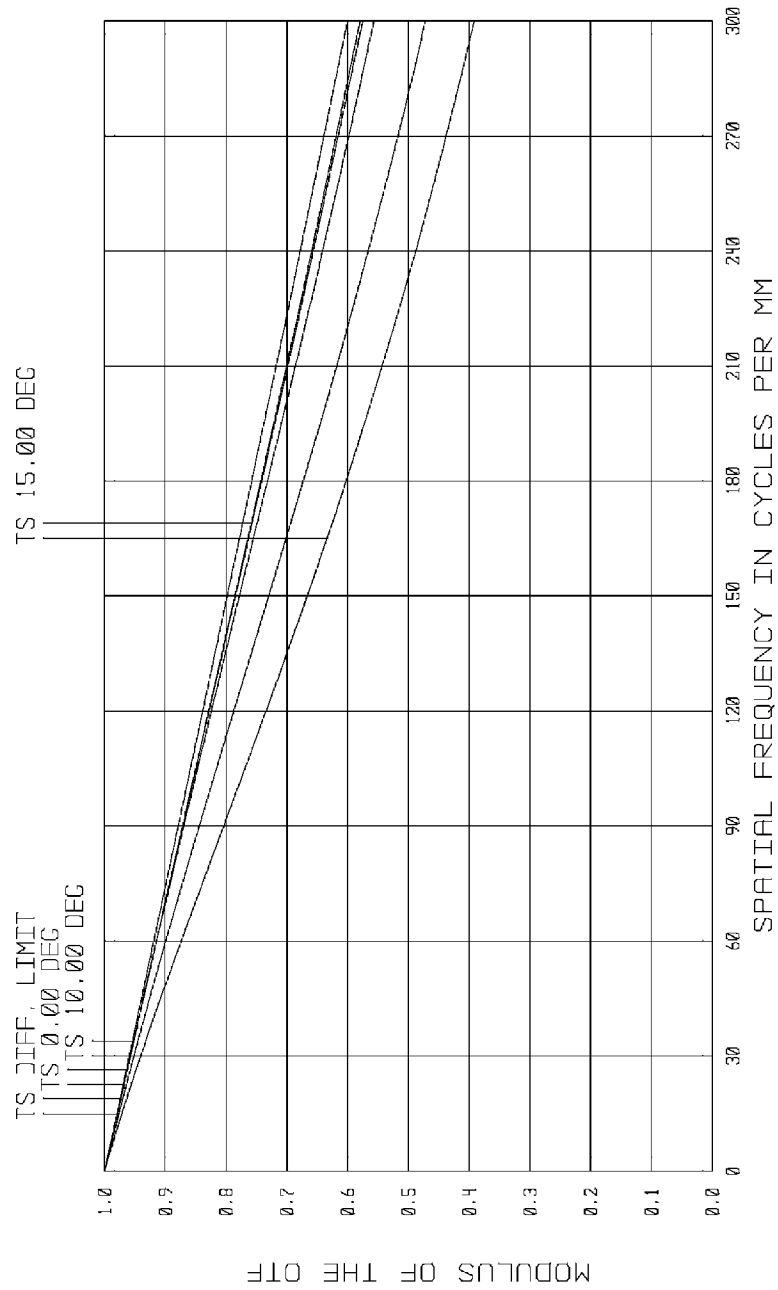
[10B]



[図10C]



[図10D]



POLYCHROMATIC DIFFRACTION YTF

PHOTOGRAPHIC OBJECTIVE USP 2379392
MON JUN 29 2009
DATA FOR 0.5876 TO 0.5876 μm .
SURFACE: IMAGE

I_009_F1P8.ZMX
CONFIGURATION 1 OF 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/002986

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B13/00(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B13/00, G02B13/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2009-10783 A (Kyocera Corp.), 15 January 2009 (15.01.2009), entire text; all drawings; particularly, claims 1 to 6; paragraphs [0019] to [0034]; fig. 3 to 14 (Family: none)	1-4, 14-15 5-13
Y	JP 2007-122055 A (Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.), 17 May 2007 (17.05.2007), entire text; all drawings; particularly, claims 1 to 30; paragraphs [0046] to [0159] & US 2007/0097253 A1 & KR 10-2007-0045506 A & KR 10-0735367 B1	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 July, 2010 (05.07.10)

Date of mailing of the international search report
13 July, 2010 (13.07.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. G02B13/00(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B13/00, G02B13/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2009-10783 A（京セラ株式会社）2009.01.15, 全文、全図、特に、[請求項 1]-[請求項 6]、段落[0019]-[0034]、図 3-図 14（ファミリーなし）	1-4, 14-15 5-13
Y	JP 2007-122055 A（サムソン エレクトロメカニクス カンパニーリミテッド.）2007.05.17, 全文、全図、特に、[請求項 1]-[請求項 30]、段落[0046]-[0159] & US 2007/0097253 A1 & KR 10-2007-0045506 A & KR 10-0735367 B1	1-15

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
0 5 . 0 7 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日
1 3 . 0 7 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）	2 V	9 2 2 2
森内 正明		
電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1		