



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 364 909**

51 Int. Cl.:
G02C 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04764381 .2**

96 Fecha de presentación : **23.08.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1676167**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.07.2006**

54 Título: **Cristal progresivo para gafa con baja divergencia y rotación de astigmatismo.**

30 Prioridad: **29.09.2003 DE 103 45 214**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.09.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.09.2011

73 Titular/es: **RODENSTOCK GmbH**
Isartalstrasse 43
80469 München, DE

72 Inventor/es: **Altheimer, Helmut;**
Esser, Gregor;
Becken, Wolfgang;
Haimerl, Walter;
Welk, Andrea y
Wehner, Edda

74 Agente: **Aymat Escalada, Carlos Jesús**

ES 2 364 909 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

ES 2 364 909 T3 DESCRIPCIÓN

La invención se refiere a un método para la fabricación de un cristal progresivo para gafas con por lo menos una superficie progresiva así como a un cristal progresivo para gafas con por lo menos una superficie progresiva.

5 Los cristales progresivos para gafas presentan una parte para ver de lejos, para mirar objetos que se encuentran a grandes distancias, una parte para ver de cerca, para mirar objetos que se encuentran a distancias más próximas, y una zona de progresión, dispuesta entre la parte para ver de lejos y la parte para ver de cerca. En la zona de progresión, el efecto del cristal para gafa se incrementa de forma continua desde el valor de la parte para ver de lejos hasta el valor de la parte para ver de cerca. Este incremento del efecto del cristal para gafas recibe el nombre de adición. Para generar este incremento del efecto, se precisa un cambio en la curvatura de una superficie del cristal para gafa, que recibe el nombre de superficie progresiva. Sin embargo, el incremento del efecto está inevitablemente unido a un astigmatismo zonal, que influye negativamente en las propiedades ópticas de la imagen, y sólo suele ser igual a cero a lo largo de una línea plana o espiral (línea principal) y se incrementa lateralmente a esta línea un valor igual al doble del gradiente del poder refringente zonal, según el teorema de Minkwitz. Debido a ello, se produce un empeoramiento de la agudeza visual en forma de distorsiones. Resulta particularmente molesto, en el proceso de visión dinámica, la sensación de que la imagen percibida en la retina "se desplaza", lo cual influye a veces mucho de forma negativa en las propiedades de uso de la gafa progresiva.

20 Por la patente DE 43 42 234 C2 se conoce una cristal progresivo para gafa que presenta una superficie progresiva, donde el valor máximo del gradiente del índice medio de refracción zonal de la superficie progresiva se encuentra en una parte de la línea principal dispuesta en la zona de progresión, y donde en toda la superficie progresiva del cristal para gafa, el gradiente del cilindro o astigmatismo de la superficie tiene un valor inferior al producto obtenido multiplicando la adición por un coeficiente $k_{c \max}$ del valor constante.

Lo que se pretende con la presente invención es obtener un cristal progresivo para gafa que presente propiedades de uso mejoradas. Además, lo que se pretende también con la invención es ofrecer un método para la fabricación del cristal progresivo para gafa según la invención.

30 Este problema se soluciona según la presente invención con un método para la fabricación de un cristal progresivo para gafa con las características indicadas en la reivindicación 1 y un cristal progresivo para gafa con las características indicadas en la reivindicación 13. Las reivindicaciones independientes muestran formas de realización preferidas.

Según la invención se presenta un método para la fabricación de un cristal progresivo para gafas con por lo menos una superficie progresiva, donde el cristal para gafa comprende

- una parte para ver de lejos, para ver a grandes distancias, con un punto de referencia de lejos,
- 5 - una parte para ver de cerca, para ver a distancias más próximas, con un punto de referencia de cerca,
- y una zona de progresión, dispuesta entre la parte para ver de lejos y la parte para ver de cerca, en la cual el efecto del cristal para gafa se incrementa de forma continua, a lo largo de una línea principal, desde el valor del punto de referencia de lejos hasta el
- 10 valor del punto de referencia de cerca, una cantidad que recibe el nombre de adición,
- Con la particularidad de que se realiza una etapa de cálculo y de optimización del cristal progresivo para gafa de tal modo que el valor de la rotación $|\text{rot}\vec{A}|$ y/o de la divergencia $|\text{div}\vec{A}|$ de un astigmatismo vectorial \vec{A} es lo más pequeño posible; y
- un máximo global del valor $|\text{div}\vec{A}|$ de la divergencia del astigmatismo vectorial \vec{A} se
- 15 encuentra fuera de la zona de buena visibilidad del cristal para gafa, en la que el valor del astigmatismo vectorial \vec{A} es inferior a 0,6 dpt, y de preferencia está en la zona periférica del cristal para gafa; y/o
- el valor $|\text{rot}\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} en la parte para ver de cerca y/o la parte para ver de lejos no sube por encima de un valor máximo de
- 20 $|\text{rot}\vec{A}|_{\text{max}} = 0,25 \text{ adición/dpt} \cdot \text{dpt/mm.}$,

donde el valor $|\vec{A}|$ del astigmatismo vectorial \vec{A} es igual al valor y la dirección del astigmatismo vectorial \vec{A} al doble del ángulo de la posición axial de un astigmatismo en posición de uso del cristal progresivo para gafa o de un astigmatismo zonal de por lo menos una superficie progresiva del cristal progresivo para gafa.

- 25 La parte para ver de lejos suele estar en la zona superior y la parte para ver de cerca en la zona inferior del cristal para gafa en posición de uso. Por lo general, la parte para ver de lejos sirve para mirar al infinito y la parte para ver de cerca, para leer. En el caso de las gafas para aplicaciones especiales, como por ejemplo gafas para pilotos o gafas para trabajar delante de la pantalla, la parte para ver de lejos y la parte para ver de cerca pueden estar dispuestas de
- 30 otra forma así como para otras distancias. Puede haber además varias partes para ver de cerca y de lejos y varias zonas de progresión.

El cristal progresivo para gafa puede tener una (superficie delantera o trasera) o dos superficies progresivas. La superficie progresiva puede ser la del lado del ojo o cara posterior y la del lado del objeto o cara anterior del cristal para gafa, siendo por lo general la superficie opuesta una superficie esférica o tórica, que no contribuye a la variación superficial del astigmatismo del cristal para gafa. En un cristal para gafa con dos superficies progresivas se originan las derivadas, que hay que mantener reducidas, del astigmatismo vectorial $|\text{rot}\vec{A}|$ y $|\text{div}\vec{A}|$ por la acción combinada de la superficie anterior y posterior (superficie del lado del ojo y del objeto). El valor de la adición se calcula como la diferencia de los valores de uso del poder refringente en el punto de referencia de lejos y de cerca.

10 Según la invención, se obtiene un cristal progresivo para gafa cuyas propiedades en cuanto a las variaciones espaciales del astigmatismo, incluso su información direccional, son favorables o se pueden mantener lo más reducidas posible. Según la invención se sabe que estas variaciones direccionales son una causa del cambio en la sensación visual, conocido como desplazamiento, al mover la cabeza o mirar de un lado a otro.

15 Se observó en particular que la variación de la posición axial del astigmatismo no es solo un parámetro secundario, sino – por el contrario – un parámetro importante. En cambio, los cristales para gafa del estado de la técnica, no se han calculado nunca teniendo en cuenta la variación espacial de su astigmatismo zonal, inclusive su información direccional.

De las propiedades de las superficies de cristales progresivos para gafas sólo se han tratado hasta ahora como mucho las segundas derivadas de las alturas de flecha. En algunos casos, como por ejemplo en la patente DE 4 342 234 C2 se habla de los gradientes del índice de refracción zonal $\nabla D(x,y)$ o del astigmatismo zonal $\nabla A(x,y)$, o sea de las terceras derivadas de las alturas de flecha de la superficie. En la citada patente se señala repetidas veces la relevancia de estos gradientes para la visión dinámica y por consiguiente para las condiciones de visión al mover la cabeza o la mirada o combinaciones de dichos movimientos.

No obstante, se interpreta siempre el astigmatismo únicamente como una función escalar bidimensional, que se define habitualmente como proporcional a la diferencia $|1/r_1 - 1/r_2|$ de los radios de curvatura principales. El enfoque convencional deja fuera de consideración la posición axial del astigmatismo y se centra en su valor, o como en la patente DE 4 342 234 C2 en el gradiente del valor del astigmatismo zonal.

La presente invención se basa en la consideración actual de que, cuando se modifica espacialmente una magnitud que, como el astigmatismo, posee una posición axial, presenta

interés no solamente la variación del valor sino también la variación de esta información direccional. No obstante, cuando se reduce el campo vectorial del astigmatismo a su valor, se pierde toda información sobre la variación de la posición axial del astigmatismo, decisiva para la corrección óptica del ojo.

5 El papel que desempeña la posición axial del astigmatismo se puede ilustrar por ejemplo mediante la determinación de la refracción. Aquí, la determinación de la posición axial del astigmatismo se realiza antes de fijar el valor del astigmatismo. El motivo de ello es que, cuando se determina la posición axial, por ejemplo con el método del cilindro de cruce, se va modificando, con la ayuda del cilindro de cruce, un cilindro estimado a partir del valor, con
10 respecto a su posición axial, hasta que se establece éste de la mejor forma posible. A continuación, se realiza el establecimiento definitivo del valor del cilindro. Si se intentara determinar el valor del cilindro ya antes de fijar el eje, la consecuencia sería que aparecerían cilindros mal cruzados durante la determinación del valor. Esto significaría que se obtendría un cilindro resultante, cuyo valor depende de la magnitud del cilindro de corrección y de la
15 magnitud del defecto axial. Por lo tanto, se tendrían dos parámetros que varían permanentemente y que se tendrían que corregir alternativamente de nuevo. En cambio, si se ha determinado ya la posición axial del astigmatismo, al utilizar el cilindro de cruce se modifica siempre el cilindro de corrección un valor entero. Finalmente, si se ha determinado correctamente el eje del cilindro de corrección, coincide con el del déficit de refracción y el
20 efecto cilíndrico resultante es cero, como se describe en el libro "Refraktionsbestimmung" (Determinación de la refracción), Diepes, H., Editor Heinz Postenrieder, Pforzheim (1972), página 322.

Además de un empeoramiento de la agudeza visual, todo astigmatismo supone también una distorsión, como ya se ha observado antes. La sensación subjetiva de las distorsiones
25 resultantes de las imágenes de la retina depende incluso del sentido de la posición axial, como se describe por ejemplo en : Reiner, J. "Auge und Brille" (Ojo y Gafa), 4ª edición, Ferdinand Enke, Editorial Stuttgart (1987), página 27. En caso de astigmatismo según o contra la regla, se producen distorsiones que son poco molestas para el usuario de la gafa, ya que dichas distorsiones sólo se producen en sentido vertical u horizontal. Las distorsiones de este tipo son
30 debidas muchas veces a mirar desde un posición lateral, y por consiguiente no son desconocidas. Los problemas para el usuario de una gafa suelen producirse en el caso de astigmatismo con posición axial inclinada, ya que los elementos del objeto verticales u horizontales se reproducen inclinados sobre la retina. Las distorsiones de este tipo son mucho menos soportables, ya que las líneas verticales y horizontales ya no forman un ángulo recto

entre sí, sino un ángulo no igual a 90° (mayor o menor que 90°). Se producen dificultades de fusión, que dificultan la habituación a una gafa. Se ha observado también, según la invención, que estas molestias para la fusión sensorial se tienen que esperar también cuando se modifica la posición axial del astigmatismo en los movimientos laterales de la vista. Si se producen
 5 entonces efectos astigmáticos, cuyo valor sigue siendo el mismo, pero que presentan una posición axial inclinada que cambia también según la parte del cristal de gafa a través del cual se mira, esto puede dar origen a incompatibilidades del cristal para gafa en la periferia.

Para poder describir variaciones espaciales del astigmatismo, se define primero un astigmatismo vectorial adecuado. La distribución espacial de este astigmatismo vectorial
 10 define un campo vectorial. Cuando se integra la variación de valor y sentido, que corresponde al valor y a la posición axial del astigmatismo, de este astigmatismo vectorial en el cálculo y/o en la optimización de un cristal para gafa, y en particular de un cristal progresivo para gafa, aparecen nuevos aspectos que – como se muestra en lo que sigue – conducen a propiedades de imagen y por consiguiente de uso mejoradas. Resulta particularmente adecuado para
 15 describir las derivadas del astigmatismo vectorial \vec{A} , la observación de su rotación y de su divergencia, o sea de los operadores vectoriales $\text{rot } \vec{A} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$ y $\text{div } \vec{A} = \vec{\nabla} \cdot \vec{A}$

Si bien la invención se refiere tanto a la observación del astigmatismo zonal de la superficie progresiva como al astigmatismo en posición de uso, en lo que sigue se tratarán a modo de ejemplo astigmatismos zonales de la superficie progresiva. Por consiguiente se da en lo que
 20 sigue una definición detallada del astigmatismo zonal vectorial y seguidamente una breve definición análoga del astigmatismo vectorial en posición de uso.

Definición del astigmatismo zonal vectorial \vec{A}

Se da la altura de flecha de una superficie progresiva mediante la función $z = f(x, y)$, donde las coordenadas (x, y) se encuentran en el plano de proyección. Se da el nombre de altura de
 25 flecha a la distancia entre un punto de coordenadas (x, y) y el plano tangencial del vértice zonal/superficial.

Para calcular las curvaturas principales se necesita la primera forma básica

$$g(x, y) = \begin{pmatrix} E & F \\ F & G \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 + f_x^2 & f_x f_y \\ f_x f_y & 1 + f_y^2 \end{pmatrix}$$

así como la segunda forma básica

$$I(x, y) = \begin{pmatrix} K & L \\ L & M \end{pmatrix} = \frac{-1}{\sqrt{1 + f_x^2 + f_y^2}} \begin{pmatrix} f_{xx} & f_{xy} \\ f_{xy} & f_{yy} \end{pmatrix}$$

donde las derivadas se abrevian del siguiente modo: $f_x = \partial_x f(x, y)$, $f_y = \partial_y f(x, y)$, $f_{xx} = \partial_x^2 f(x, y)$, $f_{yy} = \partial_y^2 f(x, y)$, $f_{xy} = \partial_x \partial_y f(x, y)$. Las curvaturas principales k_1 y k_2 y los sentidos de las curvaturas

5 principales son soluciones del problema del valor propio generalizado

$$\begin{pmatrix} K & L \\ L & M \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} E & F \\ F & G \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 & 0 \\ 0 & k_2 \end{pmatrix} = 0. \quad (1)$$

Los vectores propios así calculados (x_1, y_1) y (x_2, y_2) son las proyecciones de los vectores que se encuentran en el plano tangencial de la superficie del cristal para gafa e indican ahí los sentidos de las curvaturas principales.

10

Para calcular los sentidos de las curvaturas principales, los vectores propios (x_1, y_1) y (x_2, y_2) se tienen que después de su cálculo en el sistema del plano tangencial. Esta transformación se puede calcular del modo más favorable formulando todo el problema del valor propio mismo en el plano tangencial. Esto se consigue llevándolo a la forma

$$\begin{pmatrix} K & L \\ L & M \end{pmatrix}_{\text{eff}} \begin{pmatrix} u_1 & u_2 \\ v_1 & v_2 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} u_1 & u_2 \\ v_1 & v_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 & 0 \\ 0 & k_2 \end{pmatrix} = 0 \quad (2)$$

15

ya que debido a que, en esta representación, la primera forma básica es la matriz unitaria, los vectores propios (u_1, v_1) y (u_2, v_2) deben estar en el plano tangencial.

Lo más fácil parece ser multiplicar el problema original (1) simplemente de izquierda por

20 $\begin{pmatrix} E & F \\ F & G \end{pmatrix}^{-1}$. Esto conduciría sin embargo a una matriz no simétrica $\begin{pmatrix} K & L \\ L & M \end{pmatrix}_{\text{eff}}$, cuyos vectores

ortogonales ya no sería ortogonales, debido a que el sistema de coordenadas (u, v) sería entonces oblicuo. Para conservar la simetría es preciso transformar primero la primera forma básica g e configuración diagonal:

$$W^T g W = g_d \Leftrightarrow g = W g_d W^T = (W g_d^{1/2})(W g_d^{1/2})^T$$

Aquí, g_d es una matriz diagonal con valores propios de g y W es una matriz en cuyas columnas se encuentran los vectores propios de g . La transformación $(W g_d^{1/2})^T$ transforma un vector (x, y) en el plano tangencial mediante

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = (W g_d^{1/2})^T \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix},$$

5

ya que la longitud de un vector en el plano (u, v) viene dada por

$$\begin{aligned} (u \ v) \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} &= (x \ y) (W g_d^{1/2}) (W g_d^{1/2})^T \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \\ &= (x \ y) g \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Con cada transformación $(W g_d^{1/2})^T$ sobre el plano (u, v) , $(W g_d^{1/2} R)^T$ es también una

$$R = \begin{pmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ -\sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix}$$

transformación de este tipo cuando es un giro dentro del plano (u, v) .

10 Resulta práctico disponer el giro /la rotación de modo que el eje u coincida con la intersección del plano tangencial con el plano horizontal. Esto sólo se puede obtener con un ángulo φ , para el cual desaparece el elemento extremo inferior izquierdo de $(W g_d^{1/2} R)^T$. Como se puede

comprobar, esto se cumple para $\varphi_0 = \arctan\left(\frac{f_y}{f_x} \sqrt{1 + f_x^2 + f_y^2}\right)$ y la transformación es

$$T = (W g_d^{1/2} R(\varphi_0))^T = \frac{\text{Sign}(f_x)}{\sqrt{(1 + f_y^2)(1 + f_x^2 + f_y^2)}} \begin{pmatrix} (1 + f_y^2) & 0 \\ -f_x f_y & \sqrt{1 + f_x^2 + f_y^2} \end{pmatrix} \text{ bzw.}$$

$$T^{-1} = \frac{\text{Sign}(f_x)}{\sqrt{1 + f_y^2}} \begin{pmatrix} \sqrt{1 + f_x^2 + f_y^2} & 0 \\ f_x f_y & 1 + f_y^2 \end{pmatrix}$$

15

El problema del valor propio se puede escribir entonces poniendo $g = T^{-1} T$ de la siguiente forma:

$$\begin{pmatrix} K & L \\ L & M \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{pmatrix} - T^T T \begin{pmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 & 0 \\ 0 & k_2 \end{pmatrix} = 0 \Leftrightarrow$$

$$(T^{-1})^T \begin{pmatrix} K & L \\ L & M \end{pmatrix} T^{-1} \begin{pmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{pmatrix} - T \begin{pmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 & 0 \\ 0 & k_2 \end{pmatrix} = 0 \Leftrightarrow$$

$$\begin{pmatrix} K & L \\ L & M \end{pmatrix}_{\text{eff}} \begin{pmatrix} u_1 & u_2 \\ v_1 & v_2 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} u_1 & u_2 \\ v_1 & v_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 & 0 \\ 0 & k_2 \end{pmatrix} = 0$$

El problema del valor propio, transformado de este modo sobre el plano tangencia contiene

5 una representación simétrica de la segunda forma básica:

$$\begin{pmatrix} K & L \\ L & M \end{pmatrix}_{\text{eff}} = (T^{-1})^T \begin{pmatrix} K & L \\ L & M \end{pmatrix} T^{-1} =$$

$$\frac{1}{(1+f_y^2)\sqrt{1+f_x^2+f_y^2}} \begin{pmatrix} \frac{-f_x(1+f_y^2)+f_x f_y(-f_x f_y^2+2f_{xy}(1+f_y^2))}{1+f_x^2+f_y^2} & \frac{f_x f_y^2-f_{xy}(1+f_y^2)}{\sqrt{1+f_x^2+f_y^2}} \\ \frac{f_x f_y^2-f_{xy}(1+f_y^2)}{\sqrt{1+f_x^2+f_y^2}} & -f_y \end{pmatrix}$$

y nos da así las curvaturas principales k_1 y k_2 así como los sentidos correspondientes de las curvaturas principales (u_1, v_1) y (u_2, v_2) .

10 Para la definición de un astigmatismo vectorial o de un campo vectorial para el astigmatismo, cuyo valor lo da la magnitud $|k_1-k_2|$ es conveniente proceder a la duplicación del ángulo, que suele realizarse también para pasar la posición axial del esquema TABO a coordenadas polares, como se propone por ejemplo en el escrito WO 01/81979. Si por lo tanto el sentido de la primera posición axial viene dado por el ángulo $\psi = \arctg v_1/u_1$, se puede definir un

15 astigmatismo vectorial:

$$\vec{A} = (n-1)|k_2-k_1| \begin{pmatrix} \cos 2\psi \\ \sin 2\psi \end{pmatrix} = \frac{n-1}{(1+f_y^2)(1+f_x^2+f_y^2)^{3/2}} \begin{pmatrix} -2f_x f_{xy} f_y (1+f_y^2) + f_{xx} (1+f_y^2)^2 + f_x^2 (-1+f_y^2) f_{yy} - (1+f_y^2) f_{yy} \\ 2\sqrt{1+f_x^2+f_y^2} (f_{xy} + f_{xy} f_y^2 - f_x f_y f_{yy}) \end{pmatrix}$$

(3),

donde n es el índice de refracción.

Hay que señalar al respecto que la segunda posición axial no conduce a un segundo astigmatismo nuevo sino que sólo constituye un presagio global: la segunda posición axial es vertical a la primera y debido a la duplicación angular, el ángulo recto pasa a ser de 180°.

De forma análoga al astigmatismo zonal vectorial, se define también vectorialmente un astigmatismo en posición vectorial como $|k_2 - k_1|(\cos 2\psi, \sin 2\psi)$. Aquí $k_{1,2}$ no son los valores propios de la segunda forma básica de la superficie refringente sino del frente de ondas emergente. La magnitud que depende del índice de refracción $(n - 1)$ está incluida en los valores propios $k_{1,2}$ – contrariamente a lo que ocurre en el astigmatismo zonal en la ecuación (3), y por consiguiente no tiene que multiplicarse como factor adicional. Se hace aquí referencia al ángulo ψ en el plano tangencial al frente de ondas y posee como sentido de referencia la recta de intersección de este plano con el plano horizontal. Para una incidencia vertical de un frente de ondas desde el infinito se obtiene para el astigmatismo vectorial en posición de uso el vector indicado en la ecuación (3); en el caso contrario, se obtienen valores divergentes.

En lo que sigue, se da el nombre de astigmatismo \vec{A} al astigmatismo zonal vectorial definido según la ecuación (3).

Una primera aproximación del astigmatismo vectorial se obtiene suponiendo que las primeras derivadas f_x, f_y de la altura de flecha son pequeñas, aprox. 1, es decir $1 + f_x^2 \approx 1, 1 + f_y^2 \approx 1$, etc. Para el astigmatismo vectorial, se tiene entonces:

$$\vec{A} = (n - 1) \begin{pmatrix} f_{xx} - f_{yy} \\ 2f_{xy} \end{pmatrix} \tag{4}$$

De la ecuación (4) se deduce que el astigmatismo vectorial es la expresión de las derivadas segundas de la altura de flecha.

En total, hay cuatro derivadas independientes del campo vectorial \vec{A} , o sea,

$$\frac{\partial A_x}{\partial x}, \frac{\partial A_x}{\partial y}, \frac{\partial A_y}{\partial x}, \text{ y } \frac{\partial A_y}{\partial y}.$$

,son todas ellas del mismo orden de magnitud. Aunque

todas ellas son interesantes, la siguiente presentación se limita a dos combinaciones particularmente habituales de estas cuatro derivadas del astigmatismo vectorial \vec{A} , o sea si divergencia

$$\operatorname{div} \vec{A} = \vec{\nabla} \cdot \vec{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} \quad (5)$$

así como los componentes z de su rotación

$$(\operatorname{rot} \vec{A})_z = (\vec{\nabla} \times \vec{A})_z = \frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y} \quad (6)$$

Para simplificar, se escribe en lo que sigue, debido a que $\operatorname{rot} \vec{A} = (0_x, 0_y, (\operatorname{rot} \vec{A})_z)$, en lugar de $(\operatorname{rot} \vec{A})_z$, simplemente $\operatorname{rot} \vec{A}$.

Las fórmulas exactas de $\operatorname{rot} \vec{A}$ y $\operatorname{div} \vec{A}$ que se derivan de la ecuación (3) para el astigmatismo vectorial \vec{A} no se indican por razones de espacio, sino que los resultados exactos obtenidos a partir de las mismas se representan gráficamente en lo que sigue. Si se utiliza la aproximación obtenida según la ecuación (3) para el astigmatismo vectorial en las ecuaciones 5 y 6, se obtienen las siguientes aproximaciones para la divergencia y la rotación del astigmatismo vectorial:

$$\operatorname{div} \vec{A} \propto f_{xx} + f_{yy} \quad \text{y} \quad (\operatorname{rot} \vec{A})_z \propto f_{yy} + f_{xx} \quad (7)$$

A partir de la ecuación (7) se puede apreciar que la rotación y la divergencia del astigmatismo vectorial \vec{A} caracterizan las derivadas de la altura de flecha. En total hay cuatro derivadas terceras independientes de la altura de flecha, o sea $f_{xxx}, f_{xxy}, f_{xyy}, f_{yyy}$.

Los cristales para gafa fabricados utilizando el método de la invención, presentan unas propiedades de uso francamente mejoradas, comparado con los cristales para gafas que se fabrican siguiendo métodos convencionales sin optimización respecto del valor así como del sentido del astigmatismo del cristal para gafa. Hay que señalar que en la presente solicitud se trata del astigmatismo inherente al cristal progresivo para gafas, que no sirve para corregir el astigmatismo propio del ojo (este último es de todos modos constante para todo el cristal para gafa y no posee por lo tanto derivadas infinitesimales.)

La etapa de cálculo y optimización se realiza de forma que se encuentre un máximo global del valor $|\operatorname{div} \vec{A}|$ de la divergencia des astigmatismo vectorial \vec{A} fuera de la zona de buena visión del cristal para gafa, en la que el valor del astigmatismo vectorial \vec{A} es inferior 0,6 dpt, de preferencia menor o igual a 0,5 dpt, y de preferencia en la zona periférica del cristal para gafa.

De este modo se consigue desplazar los máximos y mínimos molestos de $div\vec{A}$ en una zona que no se utiliza frecuentemente para ver, mejorándose de este modo las propiedades de uso del cristal para gafa. Un astigmatismo con un valor superior a 0,5 dpt conduce a una imagen percibida de forma no nítida en la retina.

- 5 La etapa de cálculo y optimización se realiza preferentemente de modo que la coordenada x de la posición del máximo global del valor $|div\vec{A}|$ de la divergencia del astigmatismo vectorial \vec{A} sea superior a 6,0 mm. y la coordenada y inferior a -8,5 mm., siendo x el eje horizontal e y el eje vertical en posición de uso, encontrándose el punto cero $x=0$, $y=0$ cuatro milímetros por debajo del punto de centrado del cristal para gafa.
- 10 Para ello, el eje horizontal x es paralelo a la dirección definida por las dos marcas permanentes del cristal para gafa sin montura, que se encuentran lateralmente a una distancia de 17 mm de la línea principal. El eje vertical y es perpendicular a la dirección horizontal. El punto cero $x=0$, $y=0$ cuatro milímetros por debajo del punto de centrado del cristal para gafa y coincide con el punto central del cristal para cristales no descentrados previamente. Este punto es en la
- 15 mayoría de los cristales también el punto de referencia prismático, es decir el punto en el que se tiene que determinar el efecto prismático del cristal para gafa. El punto de centrado se encuentra cuatro mm por encima del punto central del cristal y ha sido marcado previamente en forma de cruz sobre el cristal para gafa. Cuando se observa el astigmatismo zonal de la superficie progresiva, x e y se encuentran en un plano tangencial, que discurre por el vértice
- 20 de la superficie progresiva.

Dentro de la zona $y \geq -8mm$ no hay ningún extremo notable de la divergencia

$|div\vec{A}|$ del astigmatismo vectorial \vec{A} . Esta característica se da para todas las adiciones.

Se califica como “notable” un extremo de $|div\vec{A}|$ cuando su valor es superior a (0,1/mm) veces la adición.

- 25 De preferencia, la etapa de cálculo y optimización se realiza además de modo que para todas las superficies progresivas con adición $\geq 2,0$ dpt todos los extremos del valor $|div\vec{A}|$ de la divergencia del astigmatismo vectorial \vec{A} superiores a (0,1/mm) veces la adición se encuentren fuera de la zona $y \geq -9mm$ del cristal para gafa. Esta característica se da para todas las curvas básicas.

La etapa de cálculo y optimización se realiza además de forma preferida, de modo que el valor $|\text{rot}\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} en la parte para la vista de cerca y/o en la parte para la vista de lejos no supere un valor máximo de $|\text{rot}\vec{A}|_{\text{max}} \approx 0,25 \text{Adición/dpt} * \text{dpt/mm}$.

- 5 La etapa de cálculo y optimización se realiza de forma particularmente preferida, de modo que el valor $|\text{rot}\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal con $y = -14 \text{mm}$ no supere un valor máximo de $|\text{rot}\vec{A}|_{\text{max}} \approx 0,115 \text{Adición/dpt} * \text{dpt/mm}$ de preferencia $|\text{rot}\vec{A}|_{\text{max}} \approx 0,08 \text{Adición/dpt} * \text{dpt/mm}$

- 10 La etapa de cálculo y optimización se realiza de forma particularmente preferida, de modo que el valor $|\text{rot}\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal con $y = +6 \text{mm}$ no supere un valor máximo de $|\text{rot}\vec{A}|_{\text{max}} \approx 0,115 \text{Adición/dpt} * \text{dpt/mm}$ de preferencia $|\text{rot}\vec{A}|_{\text{max}} \approx 0,06 \text{Adición/dpt} * \text{dpt/mm}$.

- 15 La etapa de cálculo y optimización se realiza de forma preferida, de modo que en la parte para ver de lejos, entre $y = 3 \text{mm}$ e $y = 5 \text{mm}$ existe por lo menos una intersección horizontal $y = \text{const}$ a lo largo de la cual el valor $|\text{rot}\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} se va incrementando de forma monótona desde la línea principal hacia el exterior, hasta una coordenada de $|x| = 16 \text{mm}$.

- 20 Además se prefiere que la etapa de cálculo y optimización se realice de modo que la divergencia $\text{div}\vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = 0 \text{mm}$ no supere un valor máximo de $(\text{div}\vec{A})_{\text{max}} \approx (0,11 \text{Adición/dpt} + 0,03) \text{dpt/mm}$ de preferencia $(\text{div}\vec{A})_{\text{max}} \approx (0,08 \text{Adición/dpt} + 0,03) \text{dpt/mm}$.

- 25 La etapa de cálculo y optimización se realiza de preferencia de modo que la divergencia $\text{div}\vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = 0 \text{mm}$ no disminuya por debajo de un mínimo de $(\text{div}\vec{A})_{\text{min}} \approx (-0,07 \text{Adición/dpt} - 0,11) \text{dpt/mm}$, de preferencia $(\text{div}\vec{A})_{\text{min}} \approx (-0,05 \text{Adición/dpt} - 0,08) \text{dpt/mm}$.

Se prefiere en particular un método para la fabricación de un cristal progresivo para gafa, donde la etapa de cálculo y optimización se produce de preferencia de modo que la

divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = -14mm$ no supere un valor máximo de $(div \vec{A})_{max} \approx (0,12Adición/dpt+0,06) dpt/mm$.

Además se prefiere que la etapa de cálculo y optimización se produzca de modo que la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = -14mm$ no disminuya por debajo de un mínimo de $(div \vec{A})_{min} \approx (-0,13Adición/dpt-0,05)dpt/mm$.

Según la invención se presenta un método para la fabricación de un cristal progresivo para gafas con por lo menos una superficie progresiva, donde el cristal para gafa comprende

- una parte para ver de lejos, para ver a grandes distancias, con un punto de referencia de lejos,
- 10 - una parte para ver de cerca, para ver a distancias más próximas, con un punto de referencia de cerca,
- y una zona de progresión, dispuesta entre la parte para ver de lejos y la parte para ver de cerca, en la cual el efecto del cristal para gafa se incrementa de forma continua, a lo largo de una línea principal, desde el valor del punto de referencia de lejos hasta el
- 15 valor del punto de referencia de cerca, una cantidad que recibe el nombre de adición, donde
- un máximo global del valor $|div \vec{A}|$ de la divergencia del astigmatismo vectorial \vec{A} se encuentra fuera de la zona de buena visibilidad del cristal para gafa, en la que el valor del astigmatismo vectorial $|\vec{A}|$ es inferior a 0,6 dpt, y de preferencia está en la zona
- 20 periférica del cristal para gafa; es preferiblemente menos o igual a 0,5dpt y preferiblemente en la zona periférica de la lente ; y/o
- el valor $|rot \vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} en la parte para ver de cerca y/o la parte para ver de lejos no sube por encima de un valor máximo de $|rot \vec{A}|_{max} = 0,25 \text{ adición/dpt} * dpt/mm$,
- 25 siendo el valor $|\vec{A}|$ del astigmatismo vectorial \vec{A} igual al valor y la dirección del astigmatismo vectorial \vec{A} al doble del ángulo de la posición axial de un astigmatismo en posición de uso del cristal progresivo para gafa o de un astigmatismo zonal de por lo menos una superficie progresiva del cristal progresivo para gafa.

En lo que concierne a las características y definiciones importantes se remite a la descripción detallada antes mencionada del método para fabricar un cristal para gafa.

De preferencia la coordenada x de la posición del máximo global del valor $|div\vec{A}|$ de la divergencia del astigmatismo vectorial \vec{A} es superior a 6,0 mm y la coordenada y es inferior a -8,5 mm, designando x el eje horizontal e y el eje vertical en posición de uso, y el punto cero $x=0, y=0$ se encuentra cuatro milímetros por debajo del punto de centrado del cristal para gafa.

5

Para todas las superficies progresivas con adición $\geq 2,0$ dpt todos los extremos del valor $|div\vec{A}|$ de la divergencia del astigmatismo vectorial \vec{A} superiores a $(0,1/mm)$ veces la adición se encuentren de preferencia fuera de la zona $y \geq -9mm$ del cristal para gafa.

De forma particularmente preferida, el valor $|rot\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal con $y=-14mm$ no supera un valor máximo de $|rot\vec{A}|_{max} \approx 0,115 \text{ Adición/dpt} * \text{dpt/mm}$, de preferencia $|rot\vec{A}|_{max} \approx 0,08 \text{ Adición/dpt} * \text{dpt/mm}$.

10

De preferencia, el valor $|rot\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal con $y=+6mm$ no supera un valor máximo de $|rot\vec{A}|_{max} \approx 0,115 \text{ Adición/dpt} * \text{dpt/mm}$, de preferencia $|rot\vec{A}|_{max} \approx 0,06 \text{ Adición/dpt} * \text{dpt/mm}$.

Se prefiere además que en la parte para ver de lejos, entre $y = 3mm$ e $y = 5mm$ exista por lo menos una intersección horizontal $y = \text{const}$ a lo largo de la cual el valor $|rot\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} se va incrementando de forma monótona desde la línea principal hacia el exterior, hasta una coordenada de $|x| = 16$ mm.

15

Se prefiere además que la divergencia $div\vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = 0mm$ no supere un valor máximo de $(div\vec{A})_{max} \approx (0,11 \text{ Adición/dpt} + 0,03) \text{ dpt/mm}$ de preferencia $(div\vec{A})_{max} \approx (0,08 \text{ Adición/dpt} + 0,03) \text{ dpt/mm}$.

20

De preferencia, la divergencia $div\vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = 0mm$ no disminuye por debajo de un mínimo de

$(div\vec{A})_{min} \approx (-0,07 \text{ Adición/dpt} - 0,11) \text{ dpt/mm}$, de preferencia

25

$(div\vec{A})_{min} \approx (-0,05 \text{ Adición/dpt} - 0,08) \text{ dpt/mm}$.

Se prefiere además que la divergencia $div\vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = -14mm$ no supere un valor máximo de

$$(\text{div}\vec{A})_{\text{max}} \approx (0,12\text{Adición}/\text{dpt}+0,06) \text{ dpt}/\text{mm}.$$

Se prefiere particularmente que la divergencia $\text{div}\vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = -14\text{mm}$ no disminuya por debajo de un mínimo de $(\text{div}\vec{A})_{\text{min}} \approx (-0,13\text{Adición}/\text{dpt}-0,05)\text{dpt}/\text{mm}$.

- 5 La invención se describe a continuación con referencia a las figuras adjuntas, a modo de ejemplo de formas de realización preferidas.

La figura 1 A muestra la evolución del índice de refracción zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el estado de la técnica en dpt como función de las coordenadas (x,y) en mm;

- 10 La figura 1 B muestra la evolución del índice de refracción zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 1 en dpt como función de las coordenadas (x,y) en mm;

La figura 1 C muestra la evolución del índice de refracción zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 2 en dpt como función de las coordenadas (x,y) en mm;

- 15 La figura 2 A muestra la evolución del valor del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el estado de la técnica en dpt como función de las coordenadas (x,y) en mm;

La figura 2 B muestra la evolución del valor del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 1 en dpt como función de las coordenadas (x,y) en mm;

- 20 La figura 2 C muestra la evolución del valor del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 2 en dpt como función de las coordenadas (x,y) en mm;

- 25 La figura 3 A muestra la evolución del gradiente del valor del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el estado de la técnica en dpt/mm como función de las coordenadas (x,y) en mm;

La figura 3 B muestra la evolución del gradiente del valor del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 1 en dpt/mm como función de las coordenadas (x,y) en mm;

5 La figura 3 C muestra la evolución del gradiente del valor del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 2 en dpt/mm como función de las coordenadas (x,y) en mm;

La figura 4 A muestra el campo vectorial del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el estado de la técnica como función de las coordenadas (x,y) en mm;

10 La figura 4 B muestra el campo vectorial del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 1 como función de las coordenadas (x,y) en mm;

15 La figura 4 C muestra el campo vectorial del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 2 como función de las coordenadas (x,y) en mm;

La figura 5 A muestra la rotación $rot \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el estado de la técnica en dpt/mm como función de las coordenadas (x,y) en mm;

20 La figura 5 B muestra la rotación $rot \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 1 en dpt/mm como función de las coordenadas (x,y) en mm;

La figura 5 C muestra la rotación $rot \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 2 en dpt/mm como función de las coordenadas (x,y) en mm;

25 La figura 6 A muestra la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el estado de la técnica en dpt/mm como función de las coordenadas (x,y) en mm;

30 La figura 6 B muestra la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 1 en dpt/mm como función de las coordenadas (x,y) en mm;

La figura 6 C muestra la divergencia $div\vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 2 en dpt/mm como función de las coordenadas (x,y) en mm;

5 La figura 7 A muestra la evolución del valor de la rotación $|rot\vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el estado de la técnica en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 3\text{ mm}$;

La figura 7 B muestra la evolución del valor de la rotación $|rot\vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 1 en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 4,8\text{ mm}$;

10 La figura 7 C muestra la evolución del valor de la rotación $|rot\vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 2 en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 3\text{ mm}$;

15 La figura 7 D muestra la evolución del valor de la rotación $|rot\vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una serie de cristales para gafa según el ejemplo de realización 2 con adiciones de 2,0, 2,5 y 3,0 dpt en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 3\text{ mm}$;

La figura 8 A muestra la evolución del valor de la rotación $|rot\vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el estado de la técnica en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 6\text{ mm}$;

20 La figura 8 B muestra la evolución del valor de la rotación $|rot\vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 1 en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 6\text{ mm}$;

La figura 8 C muestra la evolución del valor de la rotación $|rot\vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 2 en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 6\text{ mm}$;

25 La figura 8 D muestra la evolución del valor de la rotación $|rot\vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una serie de cristales para gafa según el ejemplo de realización 1 con adiciones de 1,0, 2,0, 2,5, 3,0 y 3,5 dpt en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 6\text{ mm}$;

La figura 8 E muestra la evolución del valor de la rotación $|\text{rot } \vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una serie de cristales para gafa según el ejemplo de realización 2 con adiciones de 1,0, 2,0, 2,5, 3,0 y 3,5 dpt en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 6 \text{ mm}$;

5 La figura 9 A muestra la evolución del valor de la rotación $|\text{rot } \vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de un cristal para gafa según el estado de la técnica en dpt/mm en una intersección horizontal $y = -14 \text{ mm}$;

La figura 9 B muestra la evolución del valor de la rotación $|\text{rot } \vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de un cristal para gafa según el ejemplo de realización 1 en dpt/mm en una intersección horizontal $y = -14 \text{ mm}$.

10 La figura 9 C muestra la evolución del valor de la rotación $|\text{rot } \vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 2 en dpt/mm en una intersección horizontal $y = -14 \text{ mm}$;

15 La figura 9 D muestra la evolución del valor de la rotación $|\text{rot } \vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una serie de cristales para gafa según el ejemplo de realización 1 con adiciones de 1,0, 2,0, 2,5, 3,0 y 3,5 dpt en dpt/mm en una intersección horizontal $y = -14 \text{ mm}$;

La figura 9 E muestra la evolución del valor de la rotación $|\text{rot } \vec{A}|$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una serie de cristales para gafa según el ejemplo de realización 2 con adiciones de 1,0, 2,0, 2,5, 3,0 y 3,5 dpt en dpt/mm en una intersección horizontal $y = -14 \text{ mm}$;

20 La figura 10 A muestra la evolución de la divergencia $\text{div } \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el estado de la técnica en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 0 \text{ mm}$;

La figura 10 B muestra la evolución de la divergencia $\text{div } \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 1 en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 0 \text{ mm}$;

25 La figura 10 C muestra la evolución de la divergencia $\text{div } \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 2 en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 0 \text{ mm}$;

La figura 10 D muestra la evolución de la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una serie de cristales para gafa según el ejemplo de realización 1 con adiciones de 1,0, 2,0, 2,5, 3,0 y 3,5 dpt en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 0mm$;

5 La figura 10 E muestra la evolución de la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una serie de cristales para gafa según el ejemplo de realización 2 con adiciones de 1,0, 2,0, 2,5, 3,0 y 3,5 dpt en dpt/mm en una intersección horizontal $y = 0mm$;

La figura 11 A muestra la evolución de la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el estado de la técnica en dpt/mm en una intersección horizontal $y = -14 mm$;

10 La figura 11 B muestra la evolución de la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 1 en dpt/mm en una intersección horizontal $y = -14 mm$;

15 La figura 11 C muestra la evolución de la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 2 en dpt/mm en una intersección horizontal $y = -14 mm$;

La figura 11 D muestra la evolución de la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 1 con adiciones de 1,0, 2,0, 2,5, 3,0 y 3,5 dpt en dpt/mm en una intersección horizontal $y = -14 mm$;

20 La figura 11 E muestra la evolución de la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo zonal de la superficie delantera de una cristal para gafa según el ejemplo de realización 2 con adiciones de 1,0, 2,0, 2,5, 3,0 y 3,5 dpt en dpt/mm en una intersección horizontal $y = -14 mm$;

25 A continuación se exponen con detalle las características de la invención tomando como base dos ejemplos de realización (ejemplo de realización 1 y ejemplo de realización 2). Se procede asimismo a una comparación con un cristal convencional para gafa según el estado de la técnica.

30 Todos los cristales para gafas que se comparan (los cristales para gafas de los dos ejemplos de realización así como del estado de la técnica) presentan una superficie posterior esférica / tórica (superficie del lado del ojo) y una superficie delantera progresiva (superficie del lado del objeto). En este caso se pueden explicar las propiedades de rotación y divergencia del astigmatismo partiendo únicamente de las propiedades de la superficie delantera. La

superficie progresiva de los cristales para gafas según los dos ejemplos de realización de la invención presenta una curva básica de 4 dpt y una adición de 2 dpt, donde el valor de la adición indica siempre la diferencia de los valores de uso del poder refringente en el punto de referencia de lejos B_F y el punto de referencia de cerca B_N .

- 5 En todas las figuras se eligen las coordenadas de forma que el punto cero $(x,y) = (0,0)$ se encuentra cuatro milímetros por debajo del punto de centrado B_z , donde, como siempre, x corresponde a la dirección horizontal e y a la dirección vertical en posición de uso. Además, en lo que sigue, el astigmatismo zonal es un astigmatismo superficial vectorial como el que se define en la ecuación (3).
- 10 Las figuras del estado de la técnica, son siempre las figuras A, y las figuras B y C corresponden respectivamente a los ejemplos de realización 1 y 2. En las tablas 3 A y 3 B se muestran las alturas de flecha correspondientes en mm. como función de las coordenadas (x,y) en mm, del ejemplo de realización 1 y 2. La tabla 3 A da la altura de flecha para la superficie progresiva en mm, según el ejemplo de realización 1 y la tabla 3 B según el ejemplo de realización 2 de la
- 15 invención.

En la situación mencionada, un cristal de gafa sólo queda plenamente caracterizado cuando, aparte de las propiedades de la superficie delantera se especifican también las propiedades de la superficie trasera así como otras magnitudes, que se indican en la tabla 1. La tabla 1 ofrece una caracterización completa de los cristales según la invención de los ejemplos de realización

20 1 y 2, así como del estado de la técnica. Como en el presente caso la receta indica un valor de cilindro igual a cero, las superficies traseras de los cristales para gafas presentan un valor de cilindro igual a cero. Por consiguiente, sólo se da su índice de refracción zonal. Las superficies delanteras están distribuidas según las curvas básicas. El hecho de que la superficie delantera del cristal para gafa según el estado de la técnica posea una curva básica superiora la de los

25 cristales de la invención (5,7 dpt en lugar de 4,0 dpt) se debe a que los cristales de la invención son más planos. Esta diferencia no se repercute sin embargo en la distribución del astigmatismo de la superficie delantera y por consiguiente en la posibilidad de comparación de la invención con el estado de la técnica. Lo esencial para poderlos comparar es que la invención y el estado de la técnica pertenezcan a la misma prescripción, es decir tenga los

30 mismos valores de prescripción.

Tabla 1

Propiedad	Estado de la técnica (Progressiv Life 1)	Invencción (AB 1)	Invencción (AB 2)
Superficies			
Curva básica	5,7	4,0	4,0
Índice de refracción zonal superficie delantera (dpt) en B_F	6,5	4,5	4,5
Índice de refracción zonal superficie trasera (dpt)	-5,82	-4,05	-4,10
Datos pedido			
Esfera (dpt)	0,5	0,5	0,5
Cilindro (dpt)	0,0	0,0	0,0
Eje (grado)	0,0	0,0	0,0
Adición (dpt)	2,0	2,0	2,0
Prisma (cm/m)	0,0	0,0	0,0
Centrado			
Distancia pupila (mm.)	63,0	64,0	64,0
Distancia córnea – vértice (mm.)	15,0	13,0	13,0
Inclinación longitudinal (grado)	8,0	7,0	7,0
Distancia punto de giro del ojo (mm)	28,5	26,5	26,5
Puntos marcación			
Punto referencia de lejos (x,y)	(0,0, 8,0)	(0,0 8,0)	(0,0 8,0)
Punto de centrado (x,y)	(0,0 4,0)	(0,0 4,0)	(0,0 4,0)
Punto referencia de cerca (x,y)	(-2,5, -14,0)	(-2,5, -14,0)	(-2,5 -14,0)
Punto de referencia prisma (x,y)	(0,0 0,0)	(0,0 0,0)	(0,0 0,0)
Material			
Nombre	Perfalit 1,5	Perfalit 1,6	Perfalit
Índice de refracción n	1,502	1,597	1,502
Datos del cristal			
Grosor central d (mm)	4,7	2,34	2,6
Diámetro (mm)	80,0	65,0	65,0
Prisma reducción de grosor (cm/m)	0,0	1,0	0,0

Los cristales para gafas se caracterizan primero por determinadas distribuciones de los índices de refracción, que se representan en la figura 1 A para el estado de la técnica, en la figura 1B

para el ejemplo de aplicación 1 y en la figura 1 C para el ejemplo de aplicación 2. Las figuras 1 A a 1C muestran la distribución del índice de refracción zonal medio $D = (n-1)(k_1+k_2)/2$ de la superficie delantera como función de las coordenadas (x,y) en mm. Aquí n es el índice de refracción y $k_{1,2}$ las curvaturas principales de la superficie delantera. La distribución del índice de refracción zonal medio se representa como isolíneas o curva de nivel de mismo valor en una distancia de 0,25 dpt.

Como se puede ver en las figuras 1 A a 1 C, el aumento del índice de refracción zonal de 4,5 dpt en la parte para ver de lejos hasta 6,25 dpt en la parte para ver de cerca en los cristales para gafas según la invención, es menor que en el cristal para gafa según el estado de la técnica, que presenta un aumento de 5,25 dpt a 7,25 dpt, de modo que el astigmatismo zonal de la superficie delantera es también menor que el del estado de la técnica. Una de las ventajas de la invención consiste en que ésta, junto con la superficie trasera esférica alcanza la misma adición en posición de uso de 2,0 dpt que el estado de la técnica, sin que el astigmatismo en posición de uso alcance los mismos valores elevados que el estado de la técnica por la agregación de la superficie trasera. En particular, debido al paso inclinado de los rayos se alcanza la adición de 2,0 dpt en posición de uso incluso cuando el aumento del índice de refracción zonal de la superficie delantera es inferior a 2,0 dpt. El valor de uso máximo del astigmatismo de los cristales para gafas según la invención es de 2,41 dpt para el ejemplo de realización 1 y 2,53 dpt para el ejemplo de realización 2, comparado con 2,92 dpt en el estado de la técnica.

Las figuras 2 A a 2 C representan la evolución del valor del astigmatismo zonal de la superficie delantera según la ecuación (3) como función de las coordenadas (x,y) en mm, donde la figura 2 A muestra el estado de la técnica, la figura 2 B el ejemplo de realización 1 y la figura 2 C el ejemplo de realización 2. La evolución del valor del astigmatismo zonal se representa mediante isolíneas a una distancia de 0,25 dpt. En las figuras 2A a 2C se puede ver toda la información que se puede obtener observando el valor del astigmatismo $|\vec{A}|$.

Como se puede ver en la figura 2 A, en el estado de la técnica, el astigmatismo zonal según la ecuación (3) alcanza un valor máximo de 2,62 dpt. En comparación, los valores máximos del astigmatismo zonal son 2,04 dpt para el ejemplo de realización 1 (figura 2 B) y 2,16 dpt para el ejemplo de realización 2 (figura 2 C) de la invención.

Las figuras 3 A a 3 C muestran la distribución de los gradientes $|\text{grad}(|\vec{A}|)|$ en dpt/mm del valor del astigmatismo de la superficie delantera como función de las coordenadas (x,y) en mm

para el estado de la técnica (figura 3 A), para el ejemplo de aplicación 1 (figura 3 B) y para el ejemplo de aplicación 2 (figura 3 C). La distribución del gradiente se representa mediante isolíneas en una distancia de 0,05 dpt/mm.

Comparado con la distribución del valor del astigmatismo, que se representa en las figura 2 A a 2 C, la representación de la distribución de todo el campo vectorial \vec{A} del astigmatismo contiene también además información sobre la dirección. Las figuras 4 A a 4C representan el campo vectorial del astigmatismo zonal de la superficie delantera como función de las coordenadas (x,y) en mm para el estado de la técnica (figura 4 A), el ejemplo de realización 1 (figura 4 B) y el ejemplo de realización 2 (figura 4 C). De forma correspondiente, las figuras 5 A a 5 C representan mediante isolíneas la distribución de la rotación del astigmatismo $rot\vec{A}$ en dpt/mm como función de las coordenadas (x,y) en mm para el estado de la técnica (figura 5 A), el ejemplo de realización 1 (figura 5 B) y el ejemplo de realización 2 (figura 5 C). Las figuras 6 A a 6 C representan como isolíneas la distribución de la divergencia $div\vec{A}$ en dpt/mm como función de las coordenadas (x,y) en mm para el estado de la técnica (figura 6 A), el ejemplo de realización 1 (figura 6 B) y el ejemplo de realización 2 (figura 6 C).

En la figura 4 A se puede ver, para el estado de la técnica, que las flechas vectoriales del astigmatismo \vec{A} en el entorno $(x,y) = (20,-6)$ presentan prácticamente todas la misma longitud, aunque su dirección varía mucho. Sin embargo, esta variación no se puede apreciar en absoluto al representar el valor del astigmatismo $|\vec{A}|$. Por ejemplo, la magnitud del gradiente del valor $|grad(|\vec{A}|)|$ en el entorno $(x,y) = (20,-6)$, como muestra la figura 3 A alcanza valores no superiores a 0,1 dpt/mm. Las fuertes variaciones del astigmatismo \vec{A} sólo se pueden apreciar por la magnitud de la rotación del astigmatismo $rot\vec{A}$, que alcanza un valor superior a 0,4 dpt/mm., como muestra por ejemplo la figura 5 A. En comparación, la magnitud de la rotación del astigmatismo $rot\vec{A}$ en el mismo entorno $(x,y) = (20,-6)$ para el ejemplo de realización 1 (figura 5 B) y para el ejemplo de realización 2 (figura 5 C) de la invención sólo alcanza un valor de 0,15 dpt/mm.

En lo que sigue se ilustran sobre la base de intersecciones horizontales (x : variable, y = constante) otras características cuantitativas de la divergencia $div\vec{A}$ y de la rotación $rot\vec{A}$ del astigmatismo de los cristales para gafa según los ejemplos de realización 1 y 2 así como el estado de la técnica.

Aquí las figuras –A (7 A a 11 A) se refieren al estado de la técnica, las figuras –B (7B a 11 B) al primer ejemplo de realización y las figuras –C (7C a 11 C) al segundo ejemplo de realización.

Las figuras –D (8D a 11D) se refieren a una serie de superficies delanteras del mismo tipo de diseño que el de los ejemplos de realización 1, superficies delanteras que únicamente se distinguen por sus adiciones en posición de uso.

La serie mostrada de superficies delanteras presenta adiciones de 1,0, 2,0, 2,5, 3,0 y 3,5 dpt.

Las figuras –E (8E a 11E) se refieren a una serie de superficies delanteras del mismo tipo de diseño que el de los ejemplos de realización 2, superficies delanteras que únicamente se distinguen por sus adiciones en posición de uso.

10 La serie mostrada de superficies delanteras presenta adiciones de 1,0, 2,0, 2,5, 3,0 y 3,5 dpt.

Posiciones de los extremos de $div\vec{A}$

La rotación $rot\vec{A}$ y la divergencia $div\vec{A}$ del astigmatismo en un buen cristal para gafa deben ser lo más reducidas posible. Como por lo general $div\vec{A}$ alcanza extremos dentro del cristal para gafa, el diseño será tanto más favorable cuanto más hacia fuera, hacia la periferia del cristal para gafa, se alcancen estos extremos.

En el estado de la técnica, la divergencia del astigmatismo $div\vec{A}$ presenta muchos extremos muy cercanos, como lo muestra la figura 6 A. En comparación, la distribución de la divergencia del astigmatismo $div\vec{A}$ para superficies delanteras según la invención es muy lisa (véase figuras 6B y 6C para los ejemplos de realización 1 y 2). Los extremos cerca del centro del cristal para gafa o bien no existen o no son muy señalados. Los únicos extremos que vale la pena mencionar se encuentran claramente fuera de la zona $y \geq -8mm$. Los extremos “que vale la pena mencionar” son aquellos cuyo valor es superior a $(0,1/mm)$ veces la adición. En el ejemplo de realización 1 el valor máximo de la divergencia del astigmatismo $|div\vec{A}|$ se alcanza en el mínimo con $(x,y) = (11,3, -11,9)$ y es igual a 0,31 dpt/mm. En el ejemplo de realización 2 el valor máximo de 0,39 dpt/mm se alcanza en $(x,y) = (11,9 \quad 13,8)$. En comparación, el valor máximo de la divergencia $|div\vec{A}|$ es de 0,6 dpt/mm para el estado de la técnica y está claramente más cerca del centro del cristal para gafa en el punto $(x,y) = (6,1 \quad -8,3)$.

La característica de que, dentro de la zona $y \geq -8mm$ no hay (o no hay ninguno digno de mención) ningún extremo de la divergencia del astigmatismo $div\vec{A}$, se cumple para todas las adiciones del diseño de la invención, que se entran en la serie 1,0, 2,0, 2,5, 3,0 y 3,5 dpt (véase la Tabla 2 A y la tabla 2 B). La tabla 2 A muestra las posiciones de los extremos (máximo y mínimo) de la divergencia del astigmatismo $div\vec{A}$ para una cristal de gafa según el ejemplo de realización 1 de la invención y la tabla 2 B para una cristal de gafa según el ejemplo de realización 2 de la invención. En esta serie a partir de la Adición 2,0 existe incluso la zona $y \geq -9mm$ libre de extremos.

10 Tabla 2 A:

Adición	Mínimo [dpt/mm]/ Posición (x,y)[mm]	Máximo [dpt/mm]/ Posición (x,y)[mm]
1,0	-0,181/(6,0, -9,4)	0,171/(-1,5, -9,1)
2,0	-0,309/(11,3, -11,9)	0,287/(-7,0, -13,4)
2,5	-0,373/(11,5, -12,1)	0,344/(-7,0, -13,6)
3,0	-0,440/(12,0, -11,8)	0,406/(-7,0, -13,9)
3,5	-0,502/(12,8, -12,0)	0,452/(-6,3, -14,0)

Tabla 2 B:

Adición	Mínimo [dpt/mm]/ Posición (x,y)[mm]	Máximo [dpt/mm]/ Posición (x,y)[mm]
1,0	-0,191/(5,0, -8,4)	0,164/(-3,0, -13,0)
2,0	-0,386/(11,9, -13,8)	0,372/(-6,7, -14,5)
2,5	-0,508/(10,9, -13,4)	0,486/(-6,5, -15,2)
3,0	-0,668/(11,0, -13,8)	0,590/(-5,4, -15,6)
3,5	-0,808/(10,2, -12,0)	0,712/(-3,8, -15,5)

15

Monotonía del valor de la rotación del astigmatismo $|rot\vec{A}|$ en la intersección horizontal

Las variaciones de la rotación del astigmatismo $|rot\vec{A}|$ cerca del centro del cristal para gafa resultan particularmente molestas. Por este motivo resulta deseable un cristal para gafa con un valor insignificamente pequeño de $|rot\vec{A}|$ en $x = 0mm$ y un incremento regular y lo más lento posible en el sentido de los valores infinito de x .

20

En particular, contrariamente al estado de la técnica, existe en la parte de lejos para cristales de gafas según la invención una intersección horizontal, a lo largo de la cual el incremento de

$|\text{rot } \vec{A}|$ es monótono en una zona que comprende por lo menos $|x| \leq 16 \text{ mm}$. La posición exacta de la intersección horizontal depende del diseño y varía entre $y = 3 \text{ mm}$ y $y = 5 \text{ mm}$. Como los cristales para gafas según la invención (ejemplos de realización 1 y 2) y según el estado de la técnica, presentan diseños diferentes, la intersección horizontal para el ejemplo de realización 1 se encuentra en $y = 4,8 \text{ mm}$ (figura 7 B), en $y = 3 \text{ mm}$ para el ejemplo de realización 2 (figura 7 C) y la intersección horizontal para el estado de la técnica en $y = 3 \text{ mm}$ (figura 7 A).

La figura 7 B muestra una intersección horizontal del valor de la rotación del astigmatismo $|\text{rot } \vec{A}|$ para el ejemplo 1 de la invención en $y = 4,8 \text{ mm}$ comparado con el correspondiente del estado de la técnica (figura 7 A). Para un cristal para gafa según la invención del ejemplo de realización 1 el valor de $|\text{rot } \vec{A}|$ en $x = 0 \text{ mm}$ se ha reducido al 30% del valor alcanzado previamente (figura 7 B) y el incremento para valores de x finitos es lento y monótono en toda la zona $|x| \leq 16 \text{ mm}$, y, en cambio el estado de la técnica presenta fuertes fluctuaciones y varios extremos en la misma zona.

15

Para el cristal para gafa según el ejemplo de realización 2 de la invención, la zona de la monotonía está localizada incluso en $y = 3 \text{ mm}$, o sea más cerca del centro del cristal para gafa, y la monotonía se extiende incluso a la zona $|\vec{A}| \leq 20 \text{ mm}$ como se muestra en la figura 7 C.

Aunque la magnitud del valor de la rotación del astigmatismo $|\text{rot } \vec{A}|$ depende de la adición, se mantiene casi invariable la característica de la monotonía, por lo menos para el ejemplo de realización 2, en la zona $|x| \leq 20 \text{ mm}$ para varias adiciones. A excepción de la adición 2,0, el diseño de la invención para el ejemplo de realización 2 dentro de la serie con adiciones 1,0, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 dpt y también para la adición 2,5 dpt cumple el requisito de monotonía y también para la adición 3,0 la dependencia $|\text{rot } \vec{A}|$ no presenta ningún extremo notable en la zona $|x| \leq 20 \text{ mm}$, como se puede ver en la figura 7D.

25

Valores extremos de la rotación y de la divergencia del astigmatismo

En lo que sigue, se compara la invención con el estado de la técnica con respecto a los valores máximos que van presentando la rotación $|\text{rot } \vec{A}|$ y la divergencia $|\text{div } \vec{A}|$ del astigmatismo a lo largo de intersecciones horizontales características $(x, y) = \text{const}$.

30

Las figuras 8 A a 8 D muestran la evolución del valor de la rotación del astigmatismo en dpt/mm en la intersección horizontal con $y = +6mm$. Como muestra la figura 8 A, el valor de la rotación del astigmatismo $|rot\vec{A}|$ en la intersección horizontal con $y = +6mm$ fluctúa fuertemente para el estado de la técnica y presenta en el máximo valores superiores a 0,3 dpt/mm. En comparación, el valor de la rotación del astigmatismo $|rot\vec{A}|$ en el caso de la invención para el ejemplo de aplicación 1 cerca de la línea principal es inferior a 0,03 dpt/mm y no se incrementa en toda la intersección horizontal por encima de 0,12 dpt/mm, como muestra la figura 8 B. Para el ejemplo de aplicación 2 $|rot\vec{A}|$ está asimismo por debajo del valor de 0,03 dpt/mm cerca de la línea principal y no se incrementa tampoco por encima de 0,12 dpt/mm en toda la intersección horizontal, como muestra la figura 8 C.

La magnitud $|rot\vec{A}|$ sube de forma prácticamente lineal con la adición, como muestran las figuras 8 D (ejemplo de realización 1) y 8 E (ejemplo de realización 2) para una serie de cristales para gafa con adiciones de 1,0, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 dpt/mm. En particular, el valor del máximo aumento linealmente, para el ejemplo de realización 1 en función de

$$|rot\vec{A}|_{max} \approx 0,06 \text{ adición/dpt*dpt/mm},$$

y para el ejemplo de realización 2 en función de

$$|rot\vec{A}|_{max} \approx 0,07 \text{ adición/dpt*dpt/Mm}.$$

20

Las figuras 9 A a 9 E muestran la evolución del valor de la rotación del astigmatismo $|rot\vec{A}|$ en dpt/mm en la intersección con $y = -14 mm$. Las figuras 9 A a 9 C muestran la evolución de $|rot\vec{A}|$ para un cristal de gafa con una adición de 2,0 dpt según el estado de la técnica (figura A), según el ejemplo de realización 1 (figura 9 B) y según el ejemplo de realización 2 (figura 9 C). Las figuras 9D (ejemplo de realización 1) y 9 E (ejemplo de realización 2) muestran la evolución de $|rot\vec{A}|$ para una serie de cristales para gafa con adiciones de 1,0, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 dpt.

25

La evolución de $|rot\vec{A}|$ en la figura 9 A se caracteriza por máximos claramente marcados con valores superiores a 0,5 dpt/mm y flancos empinados, la evolución de la figura 9 B en cambio,

por máximos débilmente marcados con valores inferiores a 0,17 dpt/mm. Lo mismo se aplica a la evolución de la figura 9 C, donde los máximos presentan valores inferiores a 0,16 pdt/mm. Además, la evolución con valores de x negativos, es casi plana.

Como se puede ver en las figuras 9 A a 9 C, $rot\vec{A}$ fluctúa, para el estado de la técnica, mucho más que para la invención. La magnitud $rot\vec{A}$ aumenta también con $y = -14\text{ mm}$ más o menos linealmente con la adición, como muestran las figuras 9 D y 9 E para una serie de cristales para gafa según el ejemplo de aplicación 1 y/o el ejemplo de aplicación 2 con adiciones diferentes. En particular aumenta linealmente el valor del máximo, para el ejemplo de realización 1, en función de $|rot\vec{A}|_{max} \approx 0,08\text{ adición/dpt*dpt/mm}$,

10 y para el ejemplo de realización 2 en función de

$$|rot\vec{A}|_{max} \approx 0,07\text{ adición/dpt*dpt/Mm}.$$

Las figuras 10 A a 10 E muestran la evolución de la divergencia del astigmatismo $div\vec{A}$ en dpt/mm en la intersección horizontal con $y = 0\text{ mm}$. Como se ve en la figura 10 A, la evolución se caracteriza por máximos y mínimos de $div\vec{A}$ claramente marcados y con flancos empinados, con valores superiores a 0,25 dpt/mm y/o inferiores a -0,25 dpt/mm. En cambio, el máximo de $div\vec{A}$ tiene un valor inferior a 0,18 dpt/mm y el mínimo un valor superiores a -0,18 dpt/mm para el ejemplo de realización 1. El ejemplo de realización 2 ofrece valores incluso más pequeños para el máximo y el mínimo. El máximo de $div\vec{A}$ en el ejemplo de realización 2 es inferior a 0,11 dpt/mm y el mínimo superior a -0,11 dpt/mm.

20 Como se puede apreciar en las figuras 10 A a 10 C, en lo que concierne la magnitud $div\vec{A}$ con $y = 0\text{ mm}$ es particularmente notable la mejora desde el estado de la técnica a la presente invención. Un comportamiento inestable con muchos extremos y flancos empinados y valores superiores a 0,25 dpt/mm característico del estado de la técnica (figura 10 A) queda sustituido en el ejemplo de realización 1, como se aprecia en la figura 10 B, por un máximo y un mínimo con valores inferiores a 0,17 dpt/mm para $|x| \leq 5\text{ mm}$ y un final en forma de meseta con valores inferiores a 0,06 dpt/mm. Para el ejemplo de realización 2 los valores de los extremos son incluso inferiores a 0,11 dpt/mm, y los flancos no superan el valor de 0,011 dpt/mm (figura 10 C).

La magnitud $div\vec{A}$ aumenta con $y = 0\text{ mm}$ aunque no de forma lineal sino afín con la adición, como ilustran la figura 10 D (ejemplo de realización 1) y 10 E (ejemplo de realización 2) para

cristales de gafa según la invención con adiciones de 1,0, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 dpt. El valor del máximo aumenta para el ejemplo de realización 1 en función de

$$(\text{div}\vec{A})_{\text{max}} \approx (0,08 \text{ adición/dpt} + 0,03) \text{dpt /mm},$$

y el valor del mínimo $(\text{div}\vec{A})_{\text{min}} \approx (-0,05 \text{ adición/dpt} - 0,08) \text{dpt /mm}$

5 Para el ejemplo de realización 2, se tiene:

$$(\text{div}\vec{A})_{\text{max}} \approx (0,042 \text{ adición/dpt} + 0,029) \text{dpt /mm},$$

$$(\text{div}\vec{A})_{\text{min}} \approx (-0,022 \text{ adición/dpt} - 0,06) \text{dpt /mm}$$

Las figuras 11 A a 11 E muestran la evolución de la divergencia del astigmatismo $\text{div}\vec{A}$ en dpt/mm en la intersección horizontal con $y = -14 \text{ mm}$. Como se ve en la figura 11 A, la
 10 evolución de la divergencia en $y = -14 \text{ mm}$ se caracteriza por máximos y mínimos de $\text{div}\vec{A}$ claramente marcados y con flancos empinados, con valores superiores a 0,45 dpt/mm y/o inferiores a 0,6 dpt/mm.

En cambio la evolución de la divergencia para los ejemplos de realización según la invención es claramente más lisa, y para el ejemplo de realización 1 el máximo es inferior a 0,3 dpt/mm y el
 15 mínimo superior a -0,35 dpt/mm. Para el ejemplo de realización 2 el máximo tiene un valor de 0,4 dpt/mm y el mínimo un valor de -0,4 dpt/mm.

Las figuras 11 D (ejemplo de realización 1) y 11 E (ejemplo de realización 2) muestran la evolución de la divergencia del astigmatismo $\text{div}\vec{A}$ para una serie con adiciones 1,0, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 dpt. Como en la intersección horizontal con $y = 0 \text{ mm}$ la magnitud $\text{div}\vec{A}$ aumenta
 20 también con $y = -14 \text{ mm}$ de modo afín con el ejemplo de realización 1 con la adición, como se ve en la figura D para las adiciones 1,0, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 dpt. Para el ejemplo de realización 2, la relación es incluso lineal (véase figura 11 E), pero conduce a valores absolutos más elevados de $\text{div}\vec{A}$ que en el caso del ejemplo de realización 2. Para el máximo de $\text{div}\vec{A}$ en el ejemplo de realización 1, se tiene

$$(\text{div}\vec{A})_{\text{max}} \approx (0,12 \text{ adición/dpt} + 0,06) \text{dpt /mm},$$

25 para el mínimo en cambio $(\text{div}\vec{A})_{\text{min}} \approx (-0,13 \text{ adición/dpt} - 0,05) \text{dpt /mm}$

Para el ejemplo de realización 2, se tiene $(\text{div}\vec{A})_{\text{max}} \approx 0,2 \text{ adición/dpt} * \text{dpt /mm},$

$$(\text{div}\vec{A})_{\text{min}} \approx -0,22 \text{ adición/dpt} * \text{dpt /mm}$$

Tabla 3A

XY	-30,0	-27,5	-25,0	-22,5	-20,0	-17,5	-15,0	-12,5	-10,0	-7,5	-5,0	-2,5	0,0
30,0	7,01201	6,43297	5,90677	5,43260	5,00970	4,63738	4,31515	4,04262	3,81937	3,64506	3,51945	3,44238	3,41370
27,5	6,45126	5,87398	5,34940	4,87673	4,45520	4,08414	3,76295	3,49122	3,26854	3,09458	2,96913	2,89199	2,86301
25,0	5,94229	5,36642	4,84311	4,37160	3,95115	3,58108	3,26080	2,98982	2,76771	2,59413	2,46884	2,39164	2,36240
22,5	5,48467	4,90984	4,38746	3,91676	3,49705	3,12769	2,80810	2,53778	2,31621	2,14301	2,01789	1,94067	1,91121
20,0	5,07803	4,50393	3,98210	3,51184	3,09249	2,72352	2,40439	2,13453	1,91342	1,74059	1,61569	1,53850	1,50886
17,5	4,72215	4,14848	3,62683	3,15656	2,73718	2,36829	2,04933	1,77972	1,55890	1,38637	1,26170	1,18459	1,15483
15,0	4,41704	3,84349	3,32158	2,85086	2,43108	2,06188	1,74274	1,47309	1,25235	1,07998	0,95551	0,87851	0,84867
12,5	4,16294	3,58917	3,06654	2,59496	2,17438	1,80444	1,48467	1,21458	0,99358	0,82115	0,69675	0,61985	0,58998
10,0	3,96016	3,38571	2,86204	2,38928	1,96748	1,59637	1,27550	1,00441	0,78266	0,60977	0,48519	0,40831	0,37843
7,5	3,80967	3,23383	2,70868	2,23440	1,81101	1,43827	1,11581	0,84320	0,62004	0,44599	0,32070	0,24362	0,21371
5,0	3,71317	3,13537	2,60807	2,13164	1,70609	1,33117	1,00651	0,73172	0,50645	0,33048	0,20363	0,12573	0,09567
2,5	3,67289	3,09268	2,56284	2,08367	1,65527	1,27741	0,94974	0,67185	0,44341	0,26429	0,13470	0,05500	0,02441
0,0	3,69136	3,10822	2,57551	2,09317	1,66132	1,27983	0,94829	0,66625	0,43335	0,24959	0,11561	0,03249	0,00048
-2,5	3,77113	3,18444	2,64841	2,16252	1,72669	1,34085	1,00453	0,71718	0,47843	0,28849	0,14858	0,06048	0,02564
-5,0	3,91476	3,32393	2,78382	2,29382	1,85346	1,46248	1,12048	0,82676	0,58095	0,38359	0,23657	0,14245	0,10365
-7,5	4,12320	3,52790	2,98338	2,48872	2,04319	1,64635	1,29779	0,99689	0,74323	0,53769	0,38294	0,28243	0,23934
-10,0	4,39668	3,79639	3,24684	2,74690	2,29575	1,89268	1,53713	1,22838	0,96640	0,75255	0,59019	0,48365	0,43671
-12,5	4,73486	4,12888	3,57342	3,06742	2,60998	2,20026	1,83740	1,52047	1,25014	1,02850	0,85958	0,74823	0,69854
-15,0	5,13735	4,52477	3,96243	3,44945	2,98485	2,56766	2,19689	1,87204	1,59445	1,36663	1,19286	1,07812	1,02670
-17,5	5,60350	4,98305	4,41272	3,89182	3,41930	2,99417	2,61592	2,28437	2,00117	1,76898	1,59198	1,47510	1,42263
-20,0	6,13248	5,50293	4,92400	4,39476	3,91409	3,48151	3,09679	2,75975	2,47238	2,23735	2,05851	1,94042	1,88720
-22,5	6,72414	6,08520	5,49741	4,95974	4,47146	4,03220	3,64182	3,30038	3,00994	2,77320	2,59354	2,47498	2,42147
-25,0	7,38002	6,73144	6,13480	5,58921	5,09398	4,64877	4,25345	3,90837	3,61559	3,37784	3,19806	3,07971	3,02646
-27,5	8,10252	7,44403	6,83876	6,28578	5,78429	5,33370	4,93397	4,58577	4,29112	4,05266	3,87311	3,75547	3,70299
-30,0	8,89531	8,22653	7,61273	7,05260	6,54507	6,08942	5,68566	5,33480	5,03857	4,79945	4,62007	4,50324	4,45190

XY	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0
30,0	3,43327	3,50112	3,61754	3,78293	3,99778	4,26263	4,57809	4,94480	5,36347	5,83487	6,35980	6,93907
27,5	2,88204	2,94911	3,06456	3,22882	3,44240	3,70590	4,01992	4,38516	4,80234	5,27222	5,79559	6,37326
25,0	2,38093	2,44730	2,56189	2,72513	2,93759	3,19989	3,51269	3,87670	4,29266	4,76133	5,28348	5,85992
22,5	1,92930	1,99506	2,10889	2,27127	2,48279	2,74411	3,05592	3,41899	3,83405	4,30185	4,82314	5,39869
20,0	1,52657	1,59181	1,70500	1,86667	2,07746	2,33806	2,64920	3,01168	3,42622	3,89354	4,41436	4,98938
17,5	1,17223	1,23702	1,34969	1,51085	1,72117	1,98136	2,29221	2,65451	3,06899	3,53631	4,05706	4,63194
15,0	0,86582	0,93024	1,04255	1,20343	1,41359	1,67379	1,98481	2,34742	2,76234	3,23019	3,75137	4,32646
12,5	0,60693	0,67110	0,78325	0,94416	1,15462	1,41536	1,72712	2,09060	2,50646	2,97531	3,49742	4,07311
10,0	0,39525	0,45929	0,57161	0,73307	0,94446	1,20641	1,51953	1,88444	2,30178	2,77209	3,29556	3,87253
7,5	0,23049	0,29470	0,40778	0,57059	0,78370	1,04756	1,36270	1,72967	2,14906	2,62137	3,14701	3,72608
5,0	0,11254	0,17752	0,29230	0,45743	0,67321	0,93990	1,25788	1,62768	2,04987	2,52502	3,05363	3,63552
2,5	0,04163	0,10826	0,22601	0,39496	0,61483	0,88556	1,20746	1,58106	2,00695	2,48576	3,01789	3,60302
0,0	0,01837	0,08788	0,21031	0,38495	0,61068	0,88695	1,21398	1,59236	2,02279	2,50596	3,04211	3,63084
-2,5	0,04431	0,11771	0,24619	0,42836	0,66194	0,94550	1,27910	1,66340	2,09927	2,58747	3,12811	3,72121
-5,0	0,12251	0,20000	0,33515	0,52591	0,76895	1,06163	1,40343	1,79501	2,23746	2,73156	3,27749	3,87579
-7,5	0,25746	0,33838	0,47979	0,67894	0,93194	1,23494	1,58645	1,98688	2,43737	2,93857	3,49084	4,09522
-10,0	0,45377	0,53676	0,68318	0,88953	1,15173	1,46512	1,82711	2,23739	2,69683	3,20629	3,76642	4,37838

-12,5	0,71470	0,79855	0,94818	1,15987	1,42954	1,75226	2,12447	2,54487	3,01371	3,53215	4,10126	4,72211
-15,0	1,04225	1,12639	1,27772	1,49296	1,76798	2,09792	2,47879	2,90874	3,38722	3,91521	4,49402	5,12452
-17,5	1,43771	1,52195	1,67420	1,89161	2,17018	2,50527	2,89290	3,33095	3,81837	4,35581	4,94447	5,58532
-20,0	1,90190	1,98622	2,13909	2,35779	2,63857	2,97718	3,36998	3,81475	4,31014	4,85633	5,45418	6,10517
-22,5	2,43600	2,52033	2,67349	2,89288	3,17496	3,51598	3,91280	4,36323	4,86571	5,41989	6,02648	6,68710
-25,0	3,04117	3,12543	3,27850	3,49807	3,78087	4,12366	4,52375	4,97906	5,48813	6,05011	6,66536	7,33549
-27,5	3,71829	3,80244	3,95512	4,17451	4,45784	4,80218	5,20515	5,66492	6,18020	6,75011	7,37454	8,05484
-30,0	4,46795	4,55223	4,70446	4,92368	5,20766	5,55367	5,95950	6,42364	6,94508	7,52312	8,15756	8,84917

Tabla3B

X/Y	-30,0	-27,5	-25,0	-22,5	-20,0	-17,5	-15,0	-12,5	-10,0	-7,5	-5,0	-2,5	0,0
30,0	7,07685	6,50602	5,98575	5,51551	5,09488	4,72350	4,40110	4,12747	3,90253	3,72631	3,59880	3,51939	3,48743
27,5	6,50679	5,93804	5,41954	4,95076	4,53130	4,16085	3,83915	3,56607	3,34150	3,16540	3,03781	2,95833	2,92640
25,0	5,98922	5,42224	4,90519	4,43761	4,01910	3,64936	3,32820	3,05553	2,83124	2,65525	2,52756	2,44798	2,41607
22,5	5,52352	4,95799	4,44212	3,97547	3,55767	3,18845	2,86768	2,59527	2,37117	2,19527	2,06750	1,98777	1,95582
20,0	5,10919	4,54479	4,02982	3,56384	3,14652	2,77762	2,45705	2,18478	1,96074	1,78486	1,65703	1,57716	1,54510
17,5	4,74581	4,18223	3,66786	3,20229	2,78520	2,41641	2,09587	1,82357	1,59950	1,42357	1,29566	1,21567	1,18351
15,0	4,43296	3,86999	3,35594	2,89049	2,47338	2,10446	1,78373	1,51124	1,28701	1,11097	0,98298	0,90291	0,87065
12,5	4,17021	3,60775	3,09386	2,62830	2,21089	1,84160	1,52046	1,24755	1,02296	0,84667	0,71856	0,63847	0,60615
10,0	3,95747	3,39533	2,88152	2,41570	1,99783	1,62794	1,30611	1,03251	0,80728	0,63052	0,50214	0,42196	0,38965
7,5	3,79556	3,23331	2,71924	2,25304	1,83454	1,46384	1,14105	0,86640	0,64018	0,46259	0,33367	0,25326	0,22092
5,0	3,68570	3,12283	2,60805	2,14099	1,72168	1,34999	1,02603	0,75002	0,52235	0,34339	0,21339	0,13240	0,09991
2,5	3,62990	3,06579	2,54974	2,08141	1,66084	1,28786	0,96243	0,68470	0,45503	0,27393	0,14194	0,05951	0,02653
0,0	3,63076	3,06489	2,54712	2,07716	1,65493	1,28030	0,95309	0,67320	0,44076	0,25628	0,12074	0,03543	0,00105
-2,5	3,69140	3,12333	2,60340	2,13144	1,70726	1,33062	1,00116	0,71840	0,48206	0,29265	0,15183	0,06189	0,02469
-5,0	3,81473	3,24419	2,72185	2,24760	1,82115	1,44193	1,10928	0,82249	0,58103	0,38539	0,23799	0,14221	0,10103
-7,5	4,00175	3,42901	2,90460	2,42813	1,99898	1,61636	1,27944	0,98743	0,73985	0,53723	0,38263	0,28055	0,23509
-10,0	4,25267	3,67813	3,15172	2,67277	2,24042	1,85375	1,51200	1,21440	0,96026	0,75025	0,58841	0,48032	0,43108
-12,5	4,56762	3,99126	3,46248	2,98040	2,54420	2,15303	1,80624	1,50298	1,24216	1,02488	0,85655	0,74372	0,69181
-15,0	4,94702	4,36806	3,83608	3,35016	2,90953	2,51353	2,16138	1,85211	1,58483	1,36165	1,18858	1,07254	1,01907
-17,5	5,39017	4,80762	4,27161	3,78129	3,33580	2,93453	2,57676	2,26179	1,98939	1,76218	1,58619	1,46832	1,41413
-20,0	5,89620	5,30922	4,76859	4,27332	3,82264	3,41605	3,05303	2,73342	2,45745	2,22794	2,05063	1,93203	1,87760
-22,5	6,46489	5,87267	5,32677	4,82629	4,37055	3,95901	3,59165	3,26856	2,99043	2,76002	2,58265	2,46421	2,40997
-25,0	7,09666	6,49805	5,94644	5,44081	4,98018	4,56451	4,19408	3,86893	3,58978	3,35937	3,18269	3,06514	3,01162
-27,5	7,79271	7,18673	6,62886	6,11786	5,65292	5,23424	4,86207	4,53601	4,25651	4,02667	3,85116	3,73490	3,68238
-30,0	8,55550	7,94149	7,37659	6,86006	6,39146	5,97079	5,59766	5,27113	4,99167	4,76277	4,58872	4,47398	4,42258

REIVINDICACIONES

1. Método para la fabricación de un cristal progresivo para gafas con por lo menos una superficie progresiva, donde el cristal para gafa comprende

- 5
- una parte para ver de lejos, para ver a grandes distancias, con un punto de referencia de lejos,
 - una parte para ver de cerca, para ver a distancias más próximas, con un punto de referencia de cerca,
 - y una zona de progresión, dispuesta entre la parte para ver de lejos y la parte para ver
- 10
- de cerca, en la cual el efecto del cristal para gafa se incrementa de forma continua, a lo largo de una línea principal, desde el valor del punto de referencia de lejos hasta el valor del punto de referencia de cerca, una cantidad que recibe el nombre de adición, con la particularidad de que se realiza una etapa de cálculo y de optimización del cristal progresivo para gafa de tal modo que
- 15
- el valor de la rotación $|\text{rot } \vec{A}|$ y/o de la divergencia $|\text{div } \vec{A}|$ de un astigmatismo vectorial \vec{A} es lo más pequeño posible; y
 - un máximo global del valor $|\text{div } \vec{A}|$ de la divergencia del astigmatismo vectorial \vec{A} se encuentra fuera de la zona de buena visibilidad del cristal para gafa, en la que el valor del astigmatismo vectorial \vec{A} es inferior a 0,6 dpt; y/o
- 20
- el valor $|\text{rot } \vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} en la parte para ver de cerca y/o en la parte para ver de lejos no sube por encima de un valor máximo de $|\text{rot } \vec{A}|_{\text{max}} = 0,25 \text{ adición/dpt} \cdot \text{dpt/mm}$,

donde el valor $|\vec{A}|$ del astigmatismo vectorial \vec{A} es igual al valor y la dirección del

25

astigmatismo vectorial \vec{A} es el doble del ángulo de la posición axial de un astigmatismo en posición de uso del cristal progresivo para gafa o de un astigmatismo zonal de por lo menos una superficie progresiva del cristal progresivo para gafa.

2. Método según la reivindicación 1, donde la etapa de cálculo y optimización se realiza preferentemente de modo que la coordenada x de la posición del máximo global del valor

30

$|\text{div } \vec{A}|$ de la divergencia del astigmatismo vectorial \vec{A} sea superior a 6,0 mm y la coordenada y

inferior a -8,5 mm, siendo x el eje horizontal e y el eje vertical en posición de uso, encontrándose el punto cero $x=0, y=0$ cuatro milímetros por debajo del punto de centrado del cristal para gafa.

3. Método según una de las reivindicaciones 1 o 2, donde la etapa de cálculo y optimización se realiza de modo que para todas las superficies progresivas con adición $\geq 2,0$ dpt todos los extremos del valor $|div\vec{A}|$ de la divergencia del astigmatismo vectorial \vec{A} superiores a (0,1/mm) veces la adición se encuentren fuera de la zona $y \geq -9mm$ del cristal para gafa.

4. Método según una de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de cálculo y optimización se realiza de modo que el valor $|rot\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal con $y=-14mm$ no supere un valor máximo de $|rot\vec{A}|_{max} \approx 0,115$ Adición / dpt*dpt / mm de preferencia $|rot\vec{A}|_{max} \approx 0,08$ Adición / dpt*dpt / mm

5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de cálculo y optimización se realiza de modo que el valor $|rot\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal con $y=+6mm$ no supere un valor máximo de $|rot\vec{A}|_{max} \approx 0,115$ Adición / dpt*dpt / mm de preferencia $|rot\vec{A}|_{max} \approx 0,06$ Adición / dpt*dpt / mm.

6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de cálculo y optimización se realiza de modo que en la parte para ver de lejos, entre $y = 3mm$ e $y = 5mm$ existe por lo menos una intersección horizontal $y = const$ a lo largo de la cual el valor $|rot\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} se va incrementando de forma monótona desde la línea principal hacia el exterior, hasta una coordenada $|x| = 16$ mm.

7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de cálculo y optimización se realiza de modo que la divergencia $div\vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = 0mm$ no supere un valor máximo de $(div\vec{A})_{max} \approx (0,11$ Adición / dpt + 0,03) dpt/mm de preferencia $(div\vec{A})_{max} \approx (0,08$ Adición / dpt + 0,03) dpt/mm.

8. Método según una de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de cálculo y optimización se realiza de modo que la divergencia $div\vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = 0mm$ no disminuya por debajo de un mínimo de $(div\vec{A})_{min} \approx (-0,07$ Adición / dpt-0,11) dpt/mm, de preferencia $(div\vec{A})_{min} \approx (-0,05$ Adición / dpt-0,08) dpt/mm.

9. Método según una de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de cálculo y optimización se realiza de modo que la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = -14 \text{ mm}$ no supere un valor máximo de $(div \vec{A})_{max} \approx (0,12 \text{ Adición} / \text{dpt} + 0,06) \text{ dpt/mm}$.

5 10. Método según una de las reivindicaciones anteriores, donde la etapa de cálculo y optimización se realiza de modo que la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = -14 \text{ mm}$ no disminuya por debajo de un valor mínimo de $(div \vec{A})_{min} \approx (-0,13 \text{ Adición} / \text{dpt} + -0,05) \text{ dpt/mm}$.

10 11. Cristal progresivo para gafa con por lo menos una superficie progresiva, donde el cristal para gafa comprende por lo menos

- una parte para ver de lejos, para ver a grandes distancias, con un punto de referencia de lejos,
- una parte para ver de cerca, para ver a distancias más próximas, con un punto de referencia de cerca,

15 - y una zona de progresión, dispuesta entre la parte para ver de lejos y la parte para ver de cerca, en la cual el efecto del cristal para gafa se incrementa de forma continua, a lo largo de una línea principal, desde el valor del punto de referencia de lejos hasta el valor del punto de referencia de cerca, una cantidad que recibe el nombre de adición,

20 - donde el máximo global del valor $|div \vec{A}|$ de la divergencia de un astigmatismo vectorial \vec{A} está fuera de la zona de buena visión del cristal para gafa, en la que el valor del astigmatismo vectorial $|\vec{A}|$ es inferior a $0,6 \text{ dpt}$, y/o

- el valor $|rot \vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} en la parte para la vista de cerca y/o en la parte para la vista de lejos no supere un valor máximo de $|rot \vec{A}|_{max} \approx 0,25 \text{ Adición} / \text{dpt} * \text{dpt} / \text{Mm.}$, y

25 - donde el valor $|\vec{A}|$ del astigmatismo vectorial \vec{A} es igual al valor y la dirección del astigmatismo vectorial \vec{A} al doble del ángulo de la posición axial de un astigmatismo en posición de uso del cristal progresivo para gafa o de un astigmatismo zonal de por lo menos una superficie progresiva del cristal progresivo para gafa, quedando definida la posición de uso por los siguientes parámetros:

- 30
- Distancia de pupila = $64,0 \text{ mm}$;
 - Distancia córnea – vértice = $13,0 \text{ mm}$;

- Inclínación longitudinal = 7,0 grados

- Distancia centro de rotación del ojo = 26,5 mm

12. Cristal progresivo para gafa según la reivindicación 11, donde la coordenada x de la posición del máximo global del valor $|\text{div}\vec{A}|$ de la divergencia del astigmatismo vectorial \vec{A} sea superior a 6,0 mm y la coordenada y inferior a -8,5 mm, siendo x el eje horizontal e y el eje vertical en posición de uso, encontrándose el punto cero $x=0$, $y=0$ cuatro milímetros por debajo del punto de centrado del cristal para gafa.

13. Cristal progresivo para gafa según una de las reivindicaciones 11 o 12, donde para todas las superficies progresivas con adición $\geq 2,0$ dpt todos los extremos del valor $|\text{div}\vec{A}|$ de la divergencia del astigmatismo vectorial \vec{A} superiores a (0,1/mm) veces la adición se encuentren fuera de la zona $y \geq -9\text{mm}$ del cristal para gafa.

14. Cristal progresivo para gafa según una de las reivindicaciones 11 a 13, donde el valor $|\text{rot}\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal con $y=-14\text{mm}$ no supere un valor máximo de $|\text{rot}\vec{A}|_{\text{max}} \approx 0,115 \text{ Adición} / \text{dpt} * \text{dpt} / \text{mm}$ de preferencia

15 $|\text{rot}\vec{A}|_{\text{max}} \approx 0,08 \text{ Adición} / \text{dpt} * \text{dpt} / \text{mm}$

15. Cristal progresivo para gafa según una de las reivindicaciones 11 a 14, donde el valor $|\text{rot}\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal con $y=+6\text{mm}$ no supere un valor máximo de $|\text{rot}\vec{A}|_{\text{max}} \approx 0,115 \text{ Adición} / \text{dpt} * \text{dpt} / \text{mm}$ de preferencia

$|\text{rot}\vec{A}|_{\text{max}} \approx 0,06 \text{ Adición} / \text{dpt} * \text{dpt} / \text{mm}$.

16. Cristal progresivo para gafa según una de las reivindicaciones 11 a 15 donde en la parte para ver de lejos, entre $y = 3\text{mm}$ e $y = 5\text{mm}$ existe una intersección horizontal $y = \text{const}$ a lo largo de la cual el valor $|\text{rot}\vec{A}|$ de la rotación del astigmatismo vectorial \vec{A} se va incrementando de forma monótona desde la línea principal hacia el exterior, hasta una coordenada $|x| = 16\text{mm}$.

17. Cristal progresivo para gafa según una de las reivindicaciones 11 a 16 donde la divergencia $\text{div}\vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = 0\text{mm}$ no supere un valor máximo de $(\text{div}\vec{A})_{\text{max}} \approx (0,11 \text{ Adición} / \text{dpt} + 0,03) \text{ dpt/mm}$ de preferencia $(\text{div}\vec{A})_{\text{max}} \approx (0,08 \text{ Adición} / \text{dpt} + 0,03) \text{ dpt/mm}$.

18. Cristal progresivo para gafa según una de las reivindicaciones 11 a 17 donde la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = 0mm$ no disminuya por debajo de un mínimo de $(div\vec{A})_{min} \approx (-0,07 \text{ Adición} / dpt - 0,11) dpt/mm$, de preferencia $(div\vec{A})_{min} \approx (-0,05 \text{ Adición} / dpt - 0,08) dpt/mm$.
- 5 19. Cristal progresivo para gafa según una de las reivindicaciones 11 a 18 donde la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = -14 mm$ no supere un valor máximo de $(div\vec{A})_{max} \approx (0,12 \text{ Adición} / dpt + 0,06) dpt/mm$.
20. Cristal progresivo para gafa según una de las reivindicaciones 11 a 19 donde la divergencia $div \vec{A}$ del astigmatismo vectorial \vec{A} en la intersección horizontal, con $y = -14 mm$ no disminuya
- 10 por debajo de un valor mínimo de $(div\vec{A})_{min} \approx (-0,13 \text{ Adición} / dpt + -0,05) dpt/mm$.

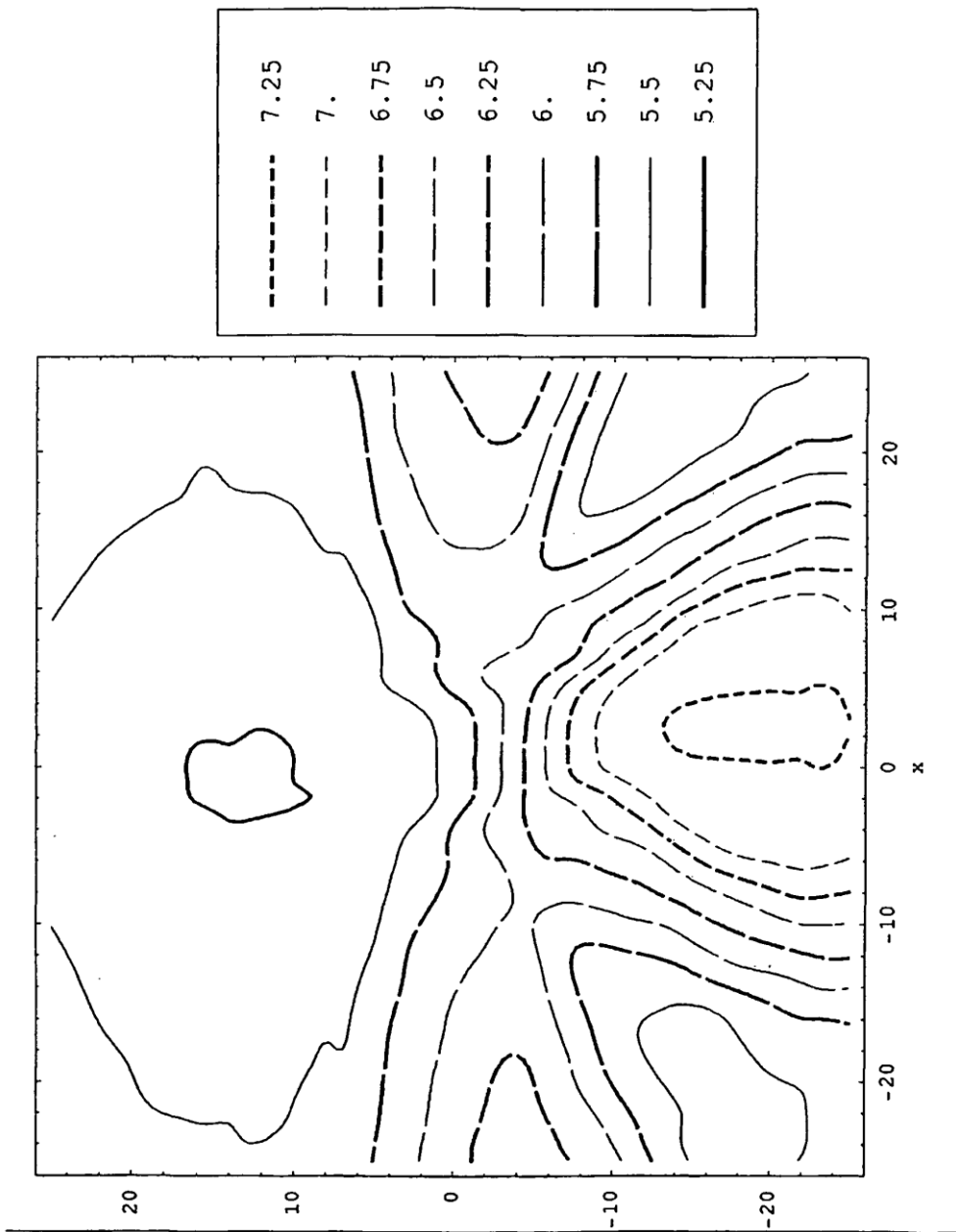


Fig. 1A

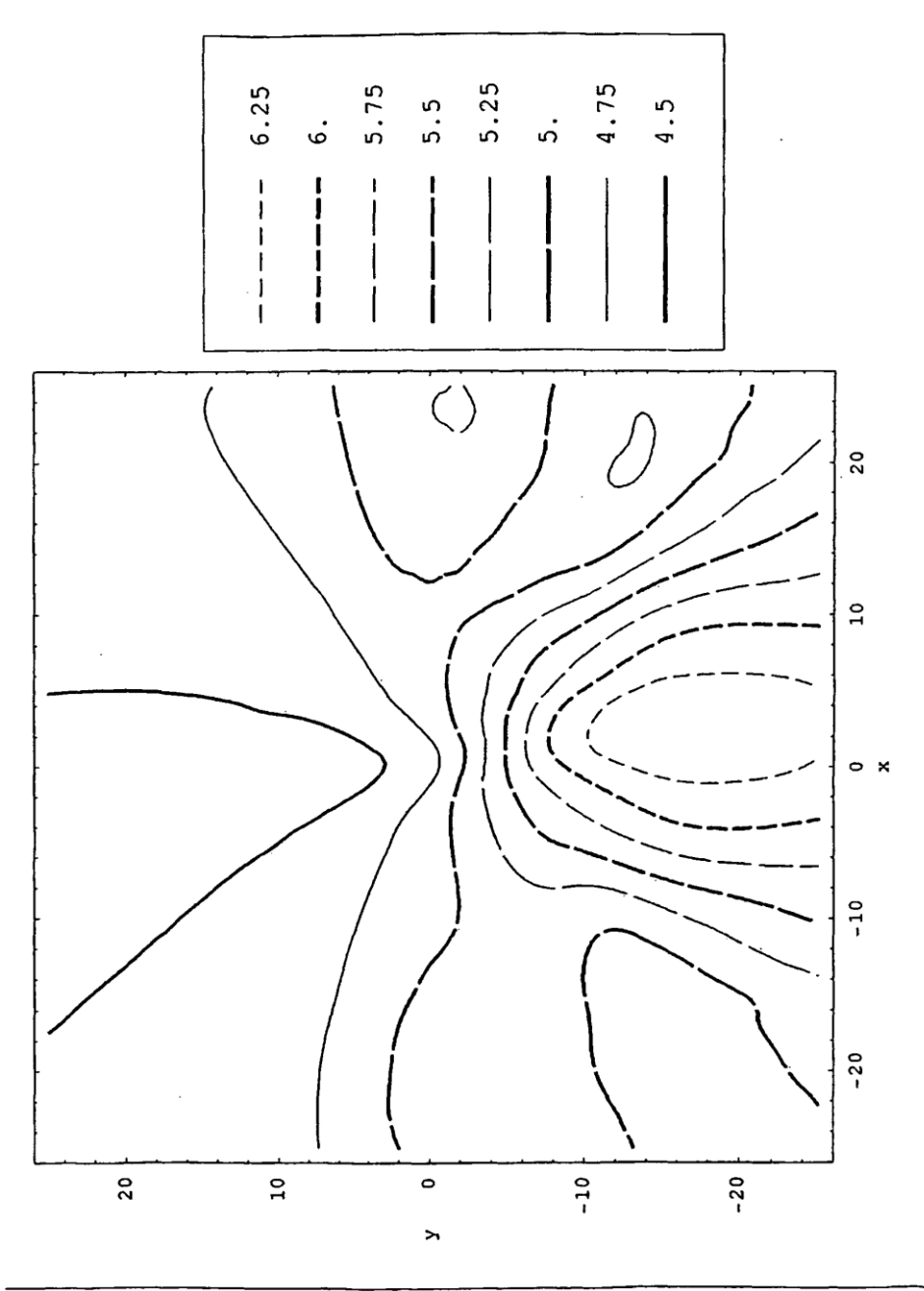


Fig. 1B

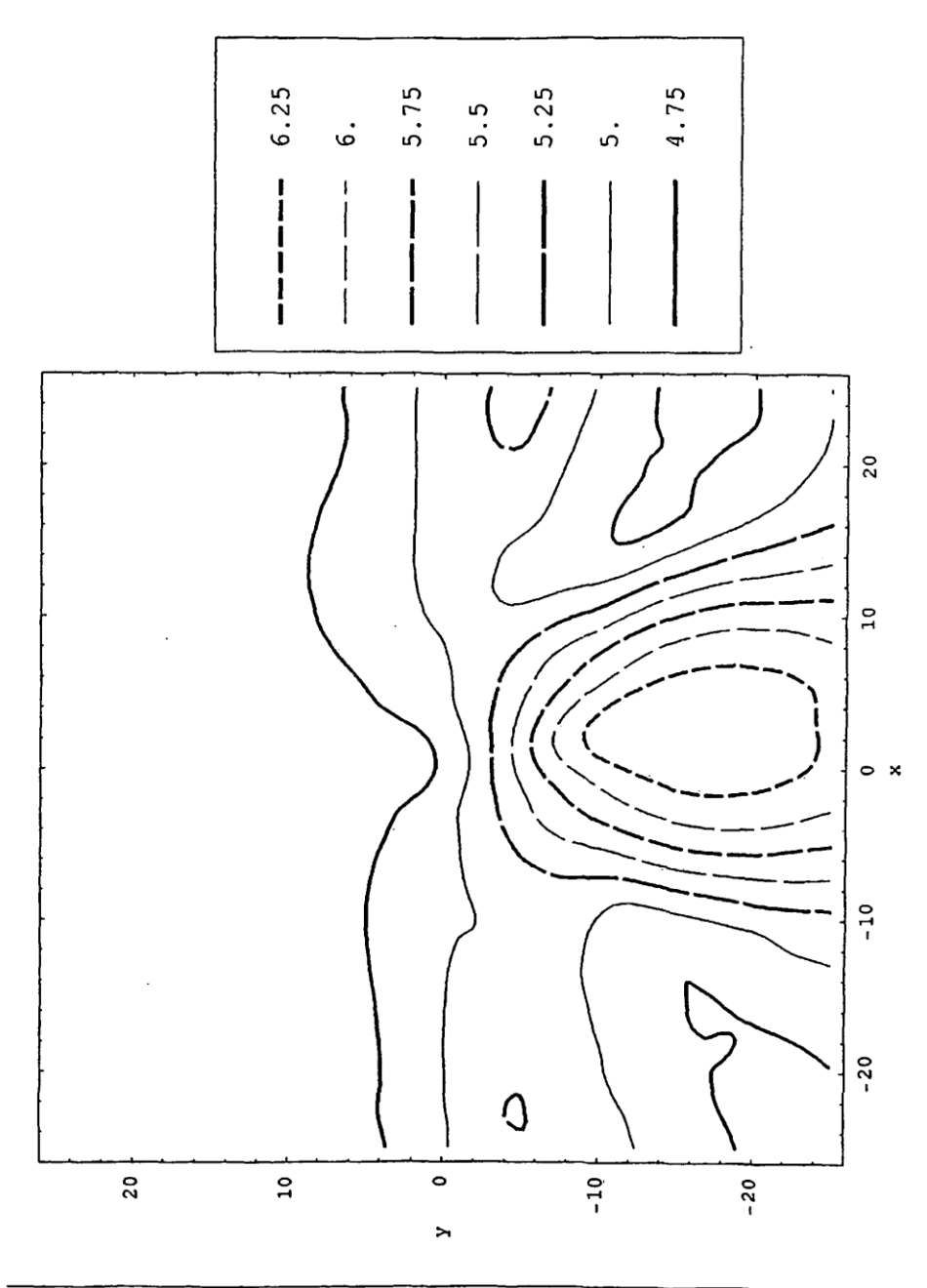


Fig. 1C

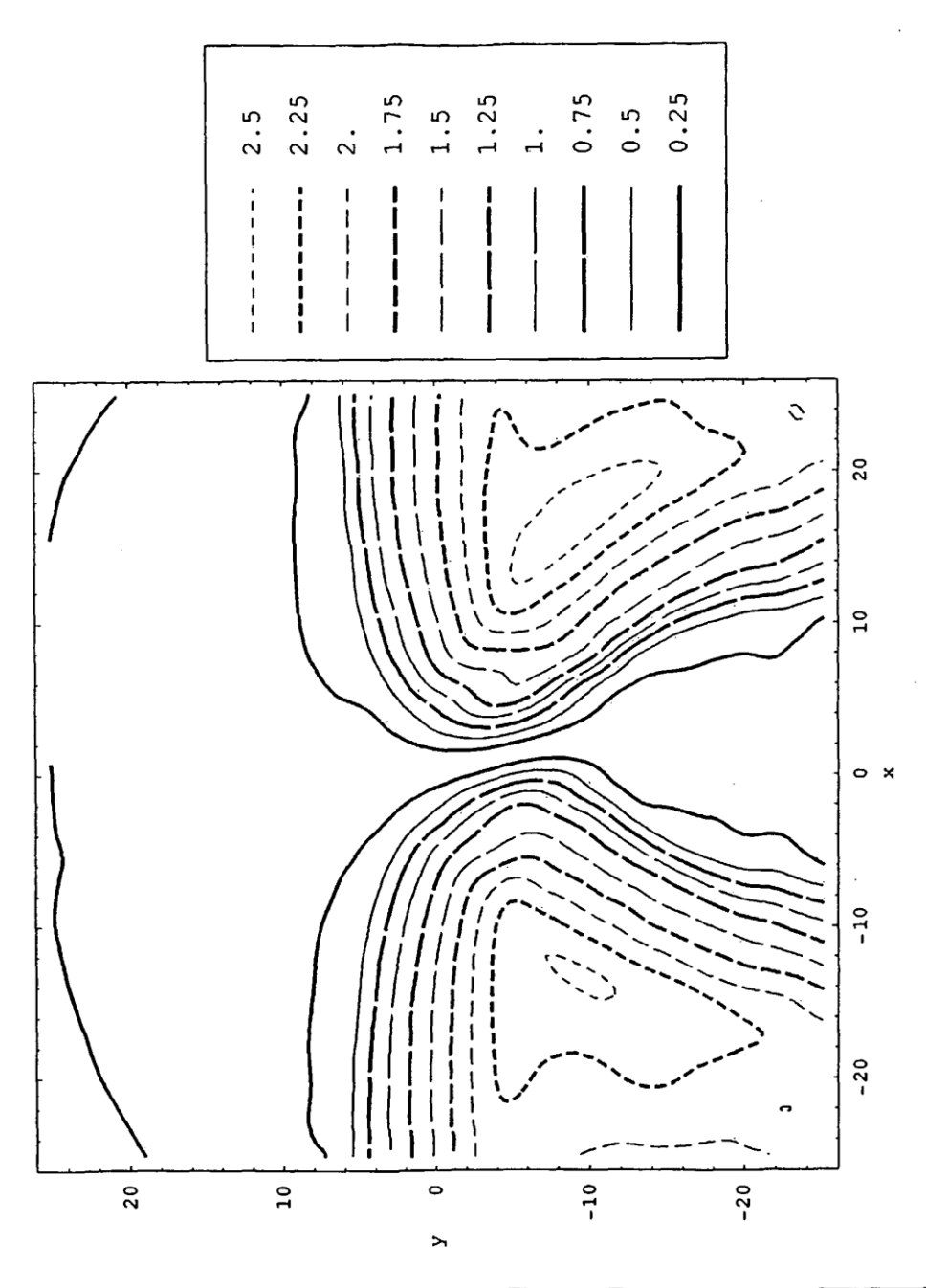


Fig. 2A

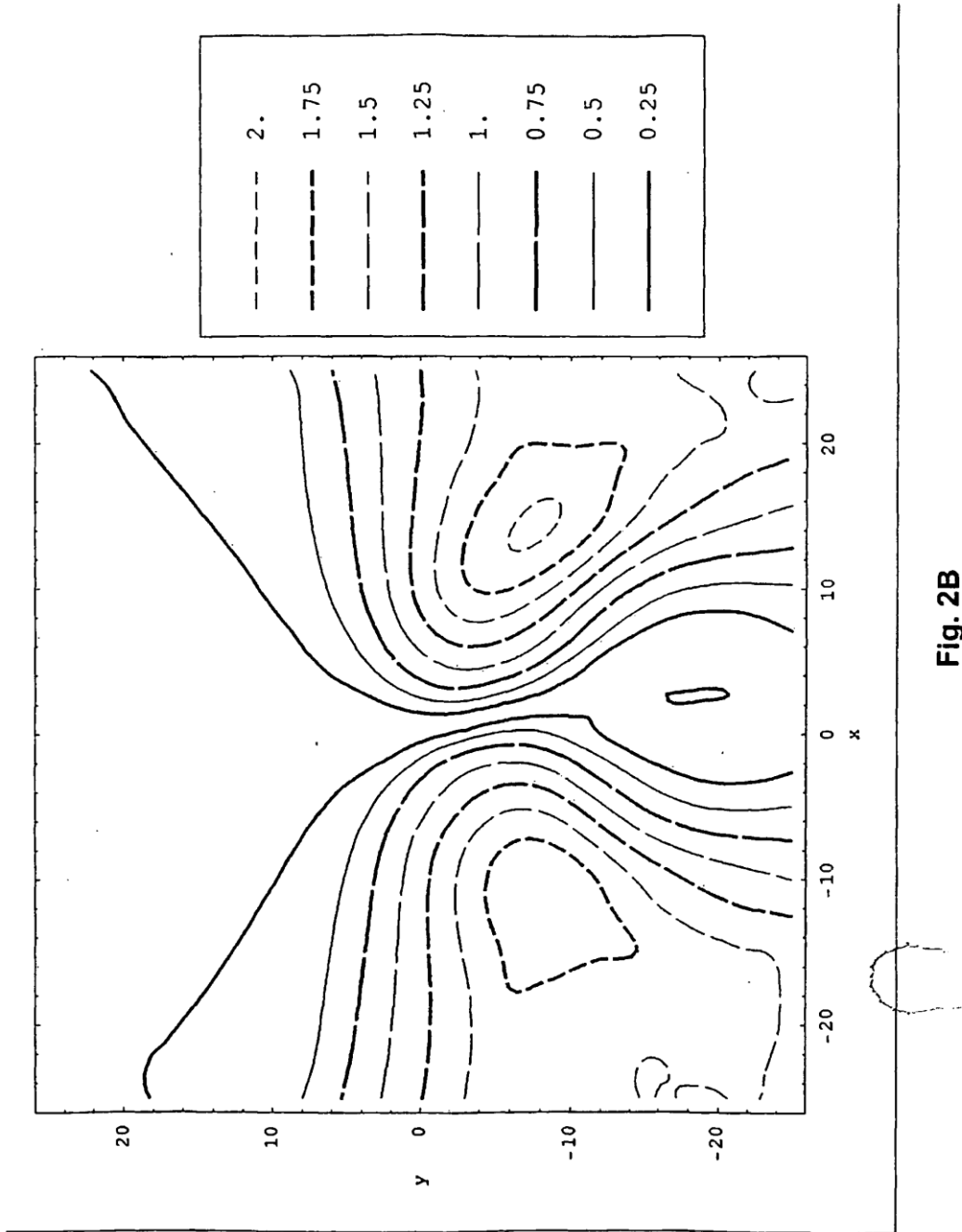


Fig. 2B

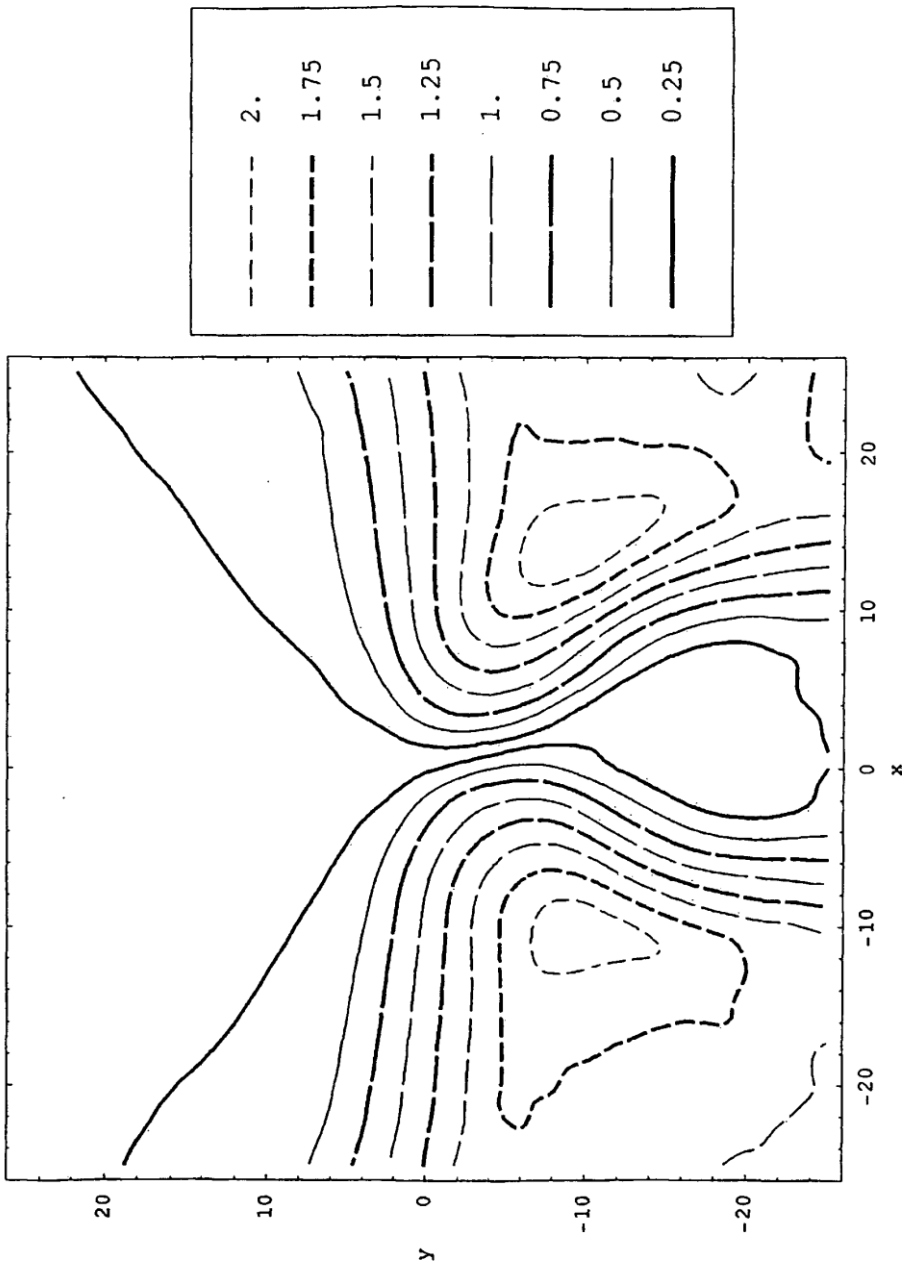


Fig. 2C

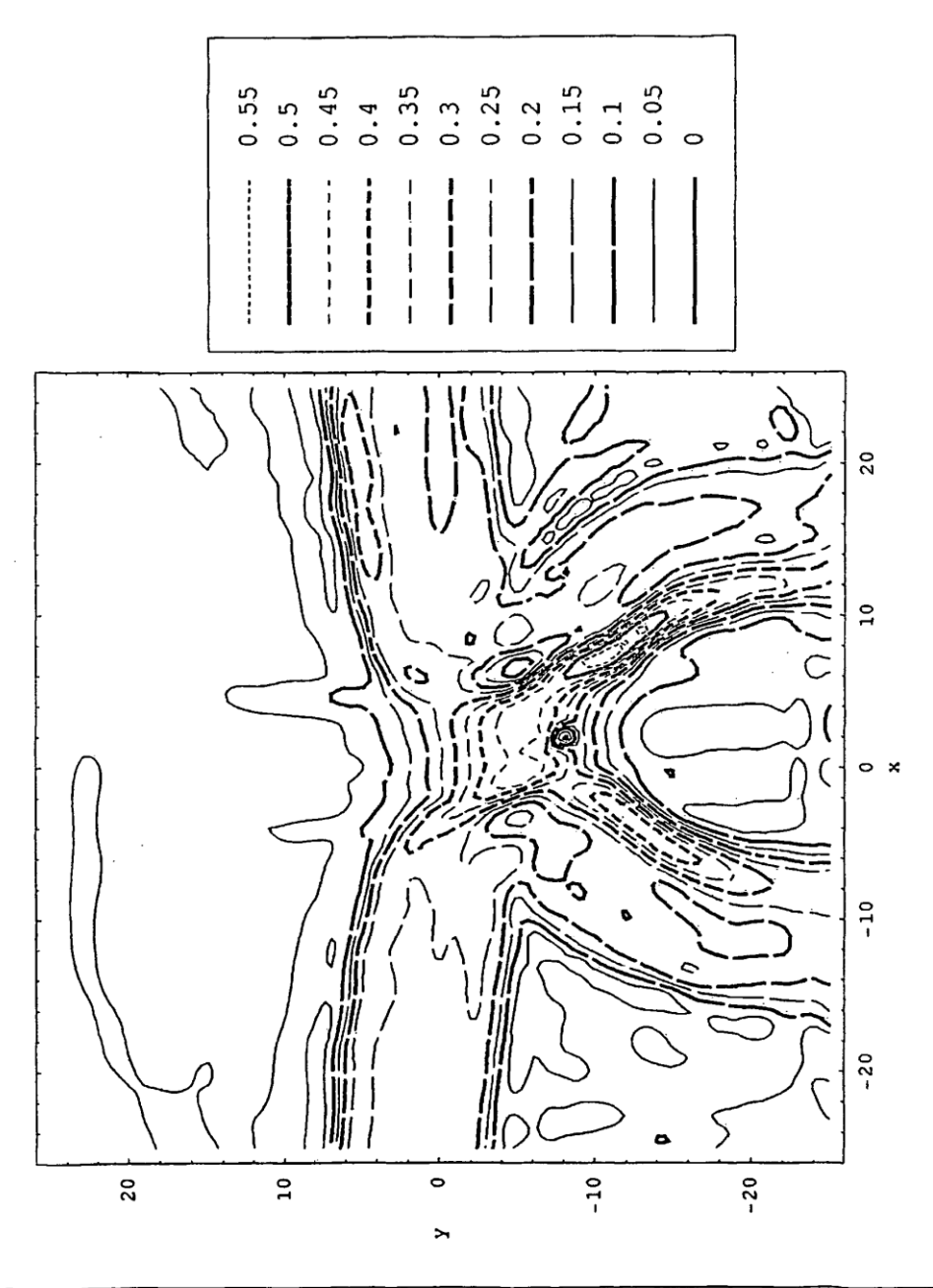


Fig. 3A

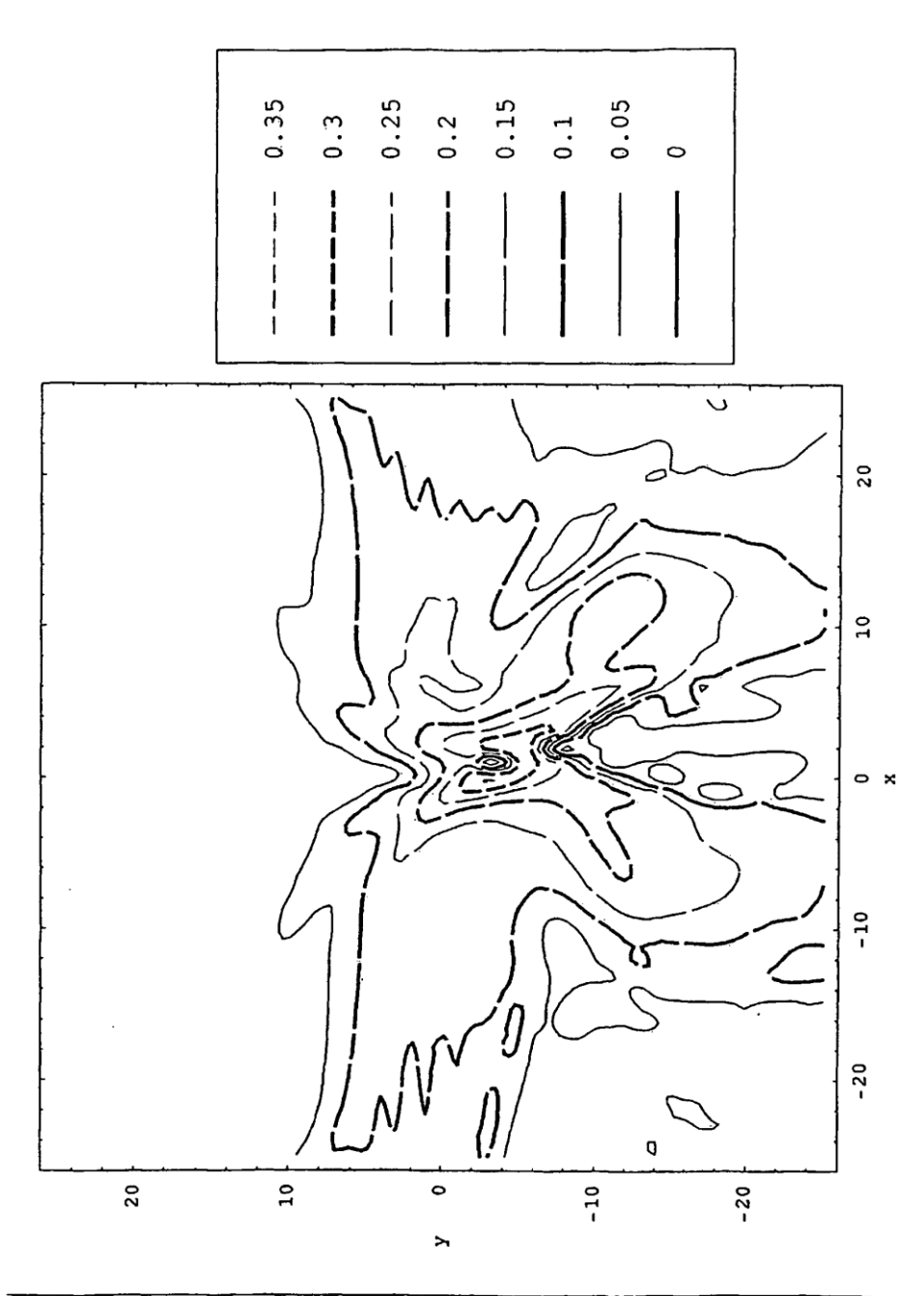


Fig. 3B

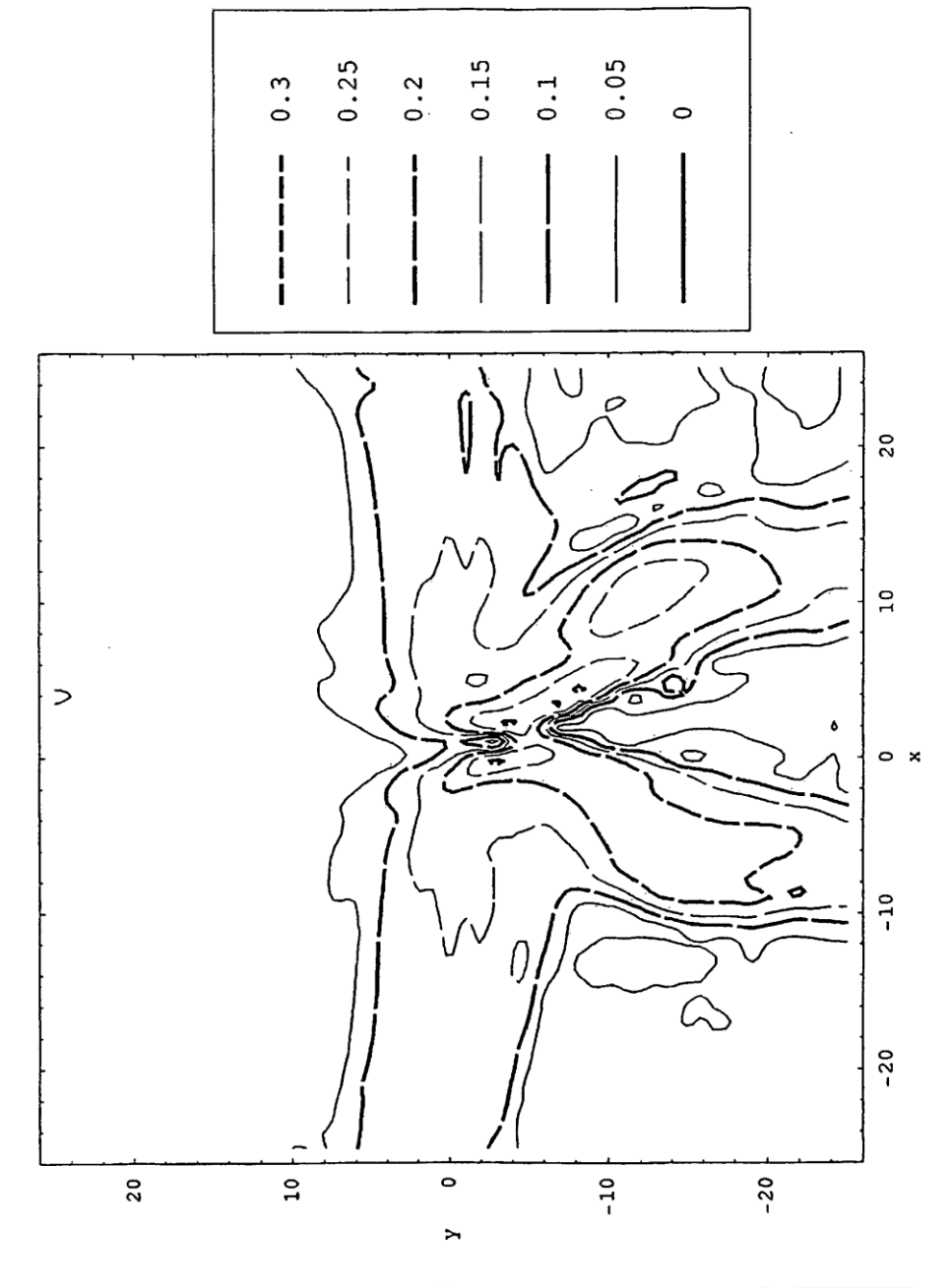


Fig. 3C

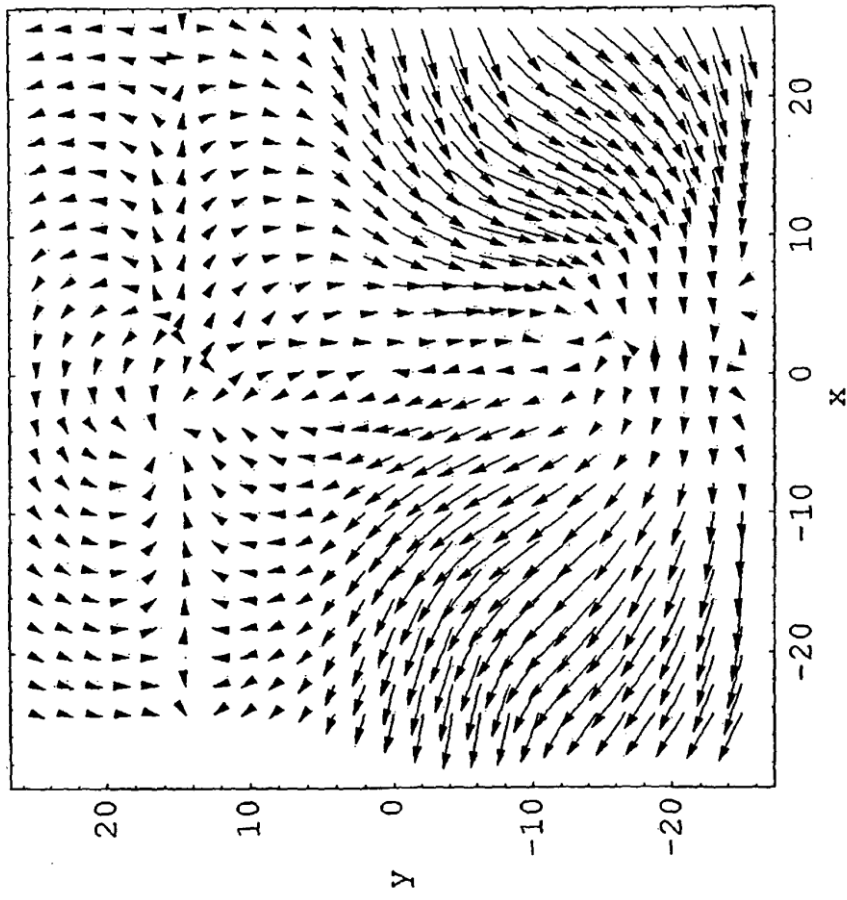


Fig. 4A

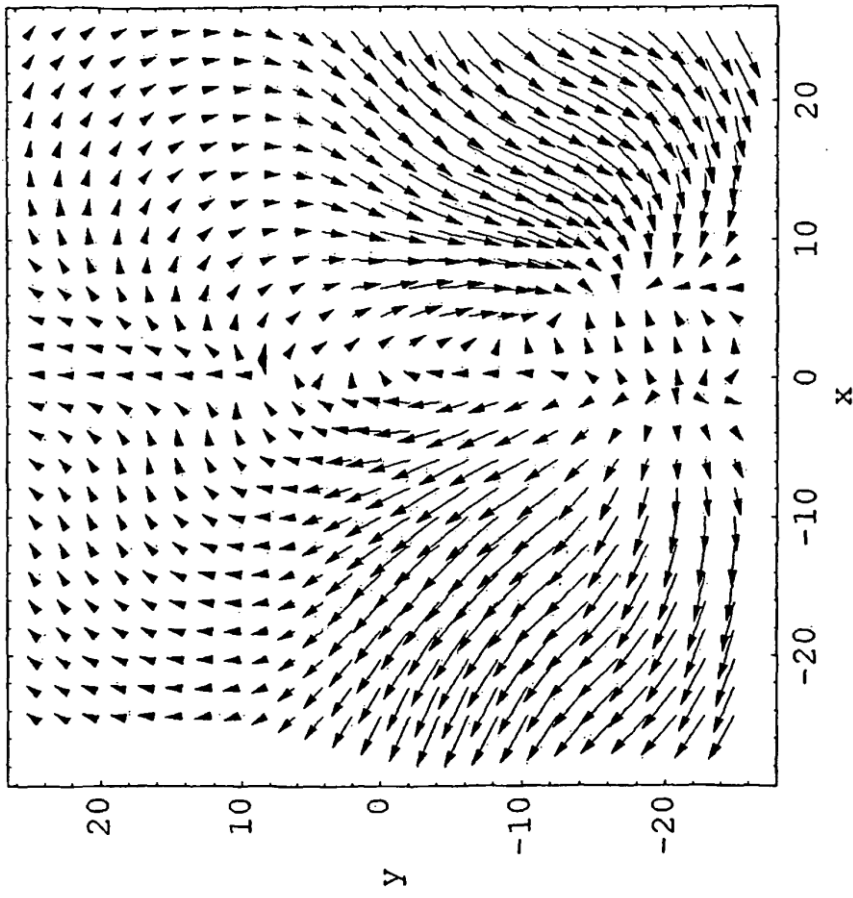


Fig. 4B

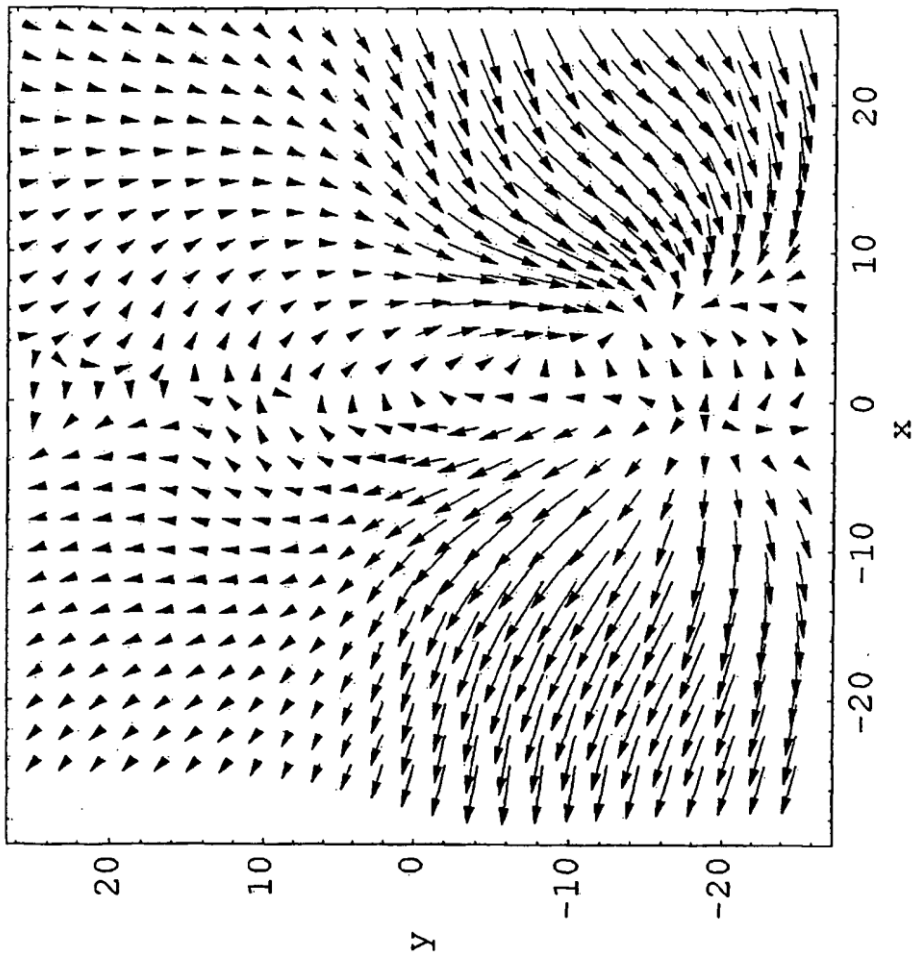


Fig. 4C

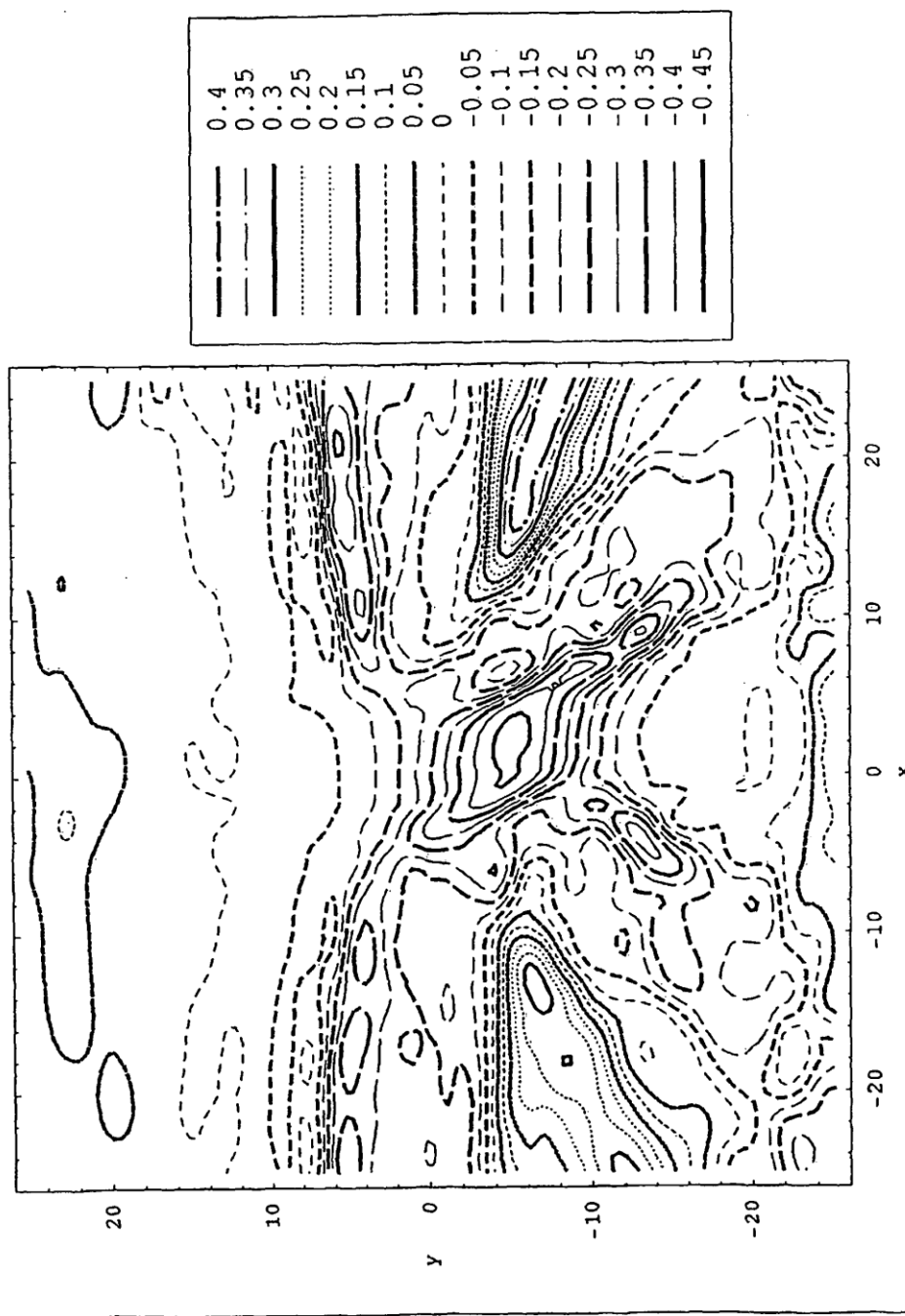


Fig. 5A

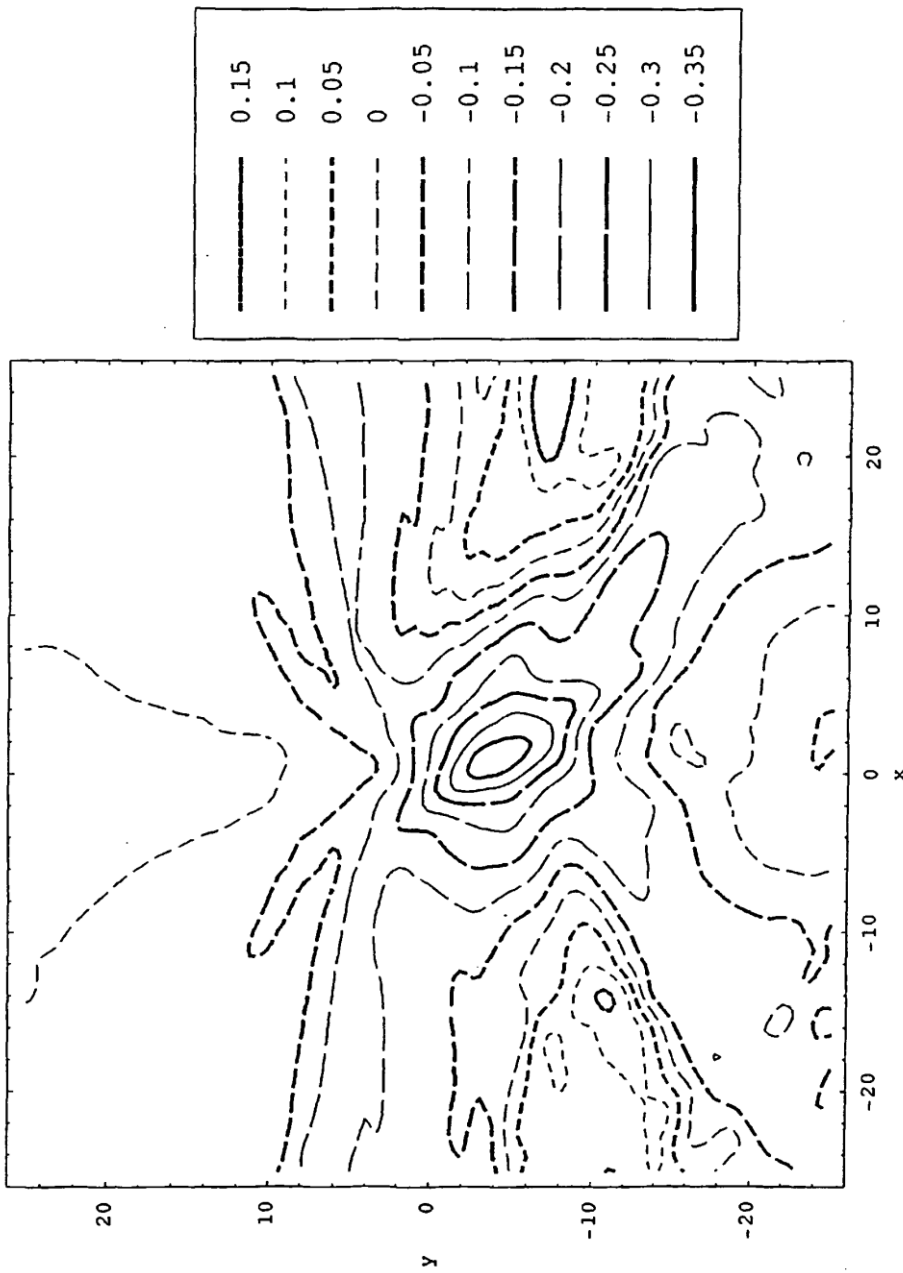


Fig. 5B

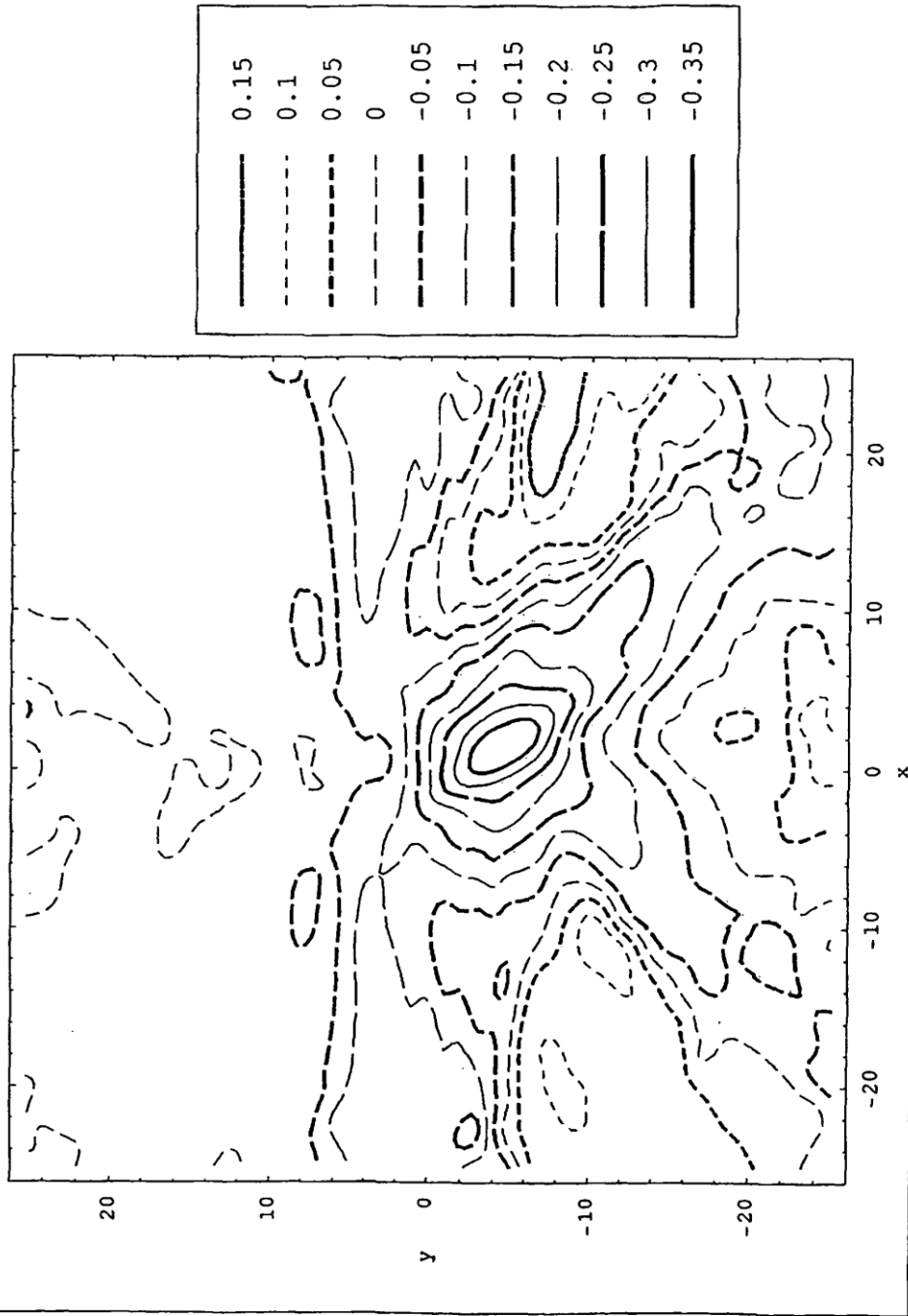


Fig. 5C

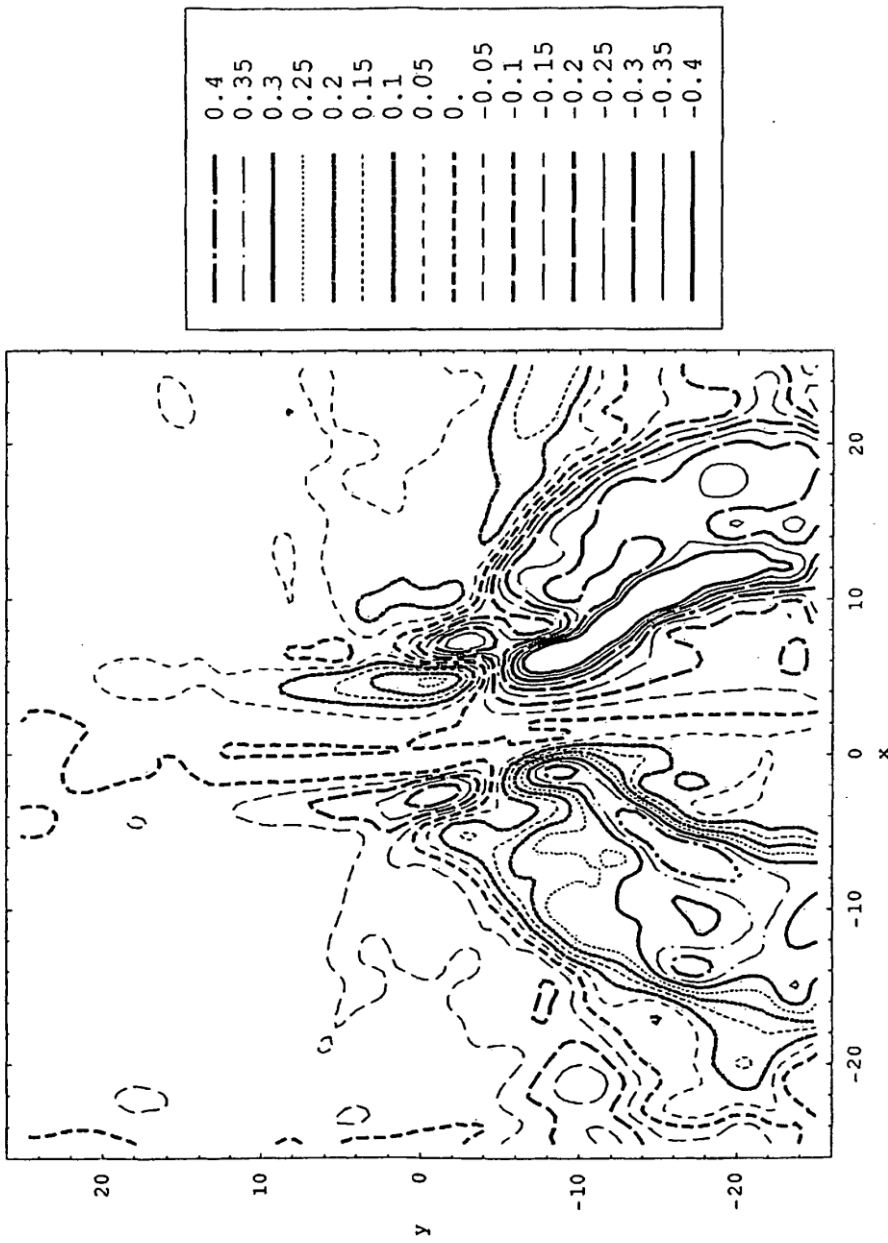


Fig. 6A

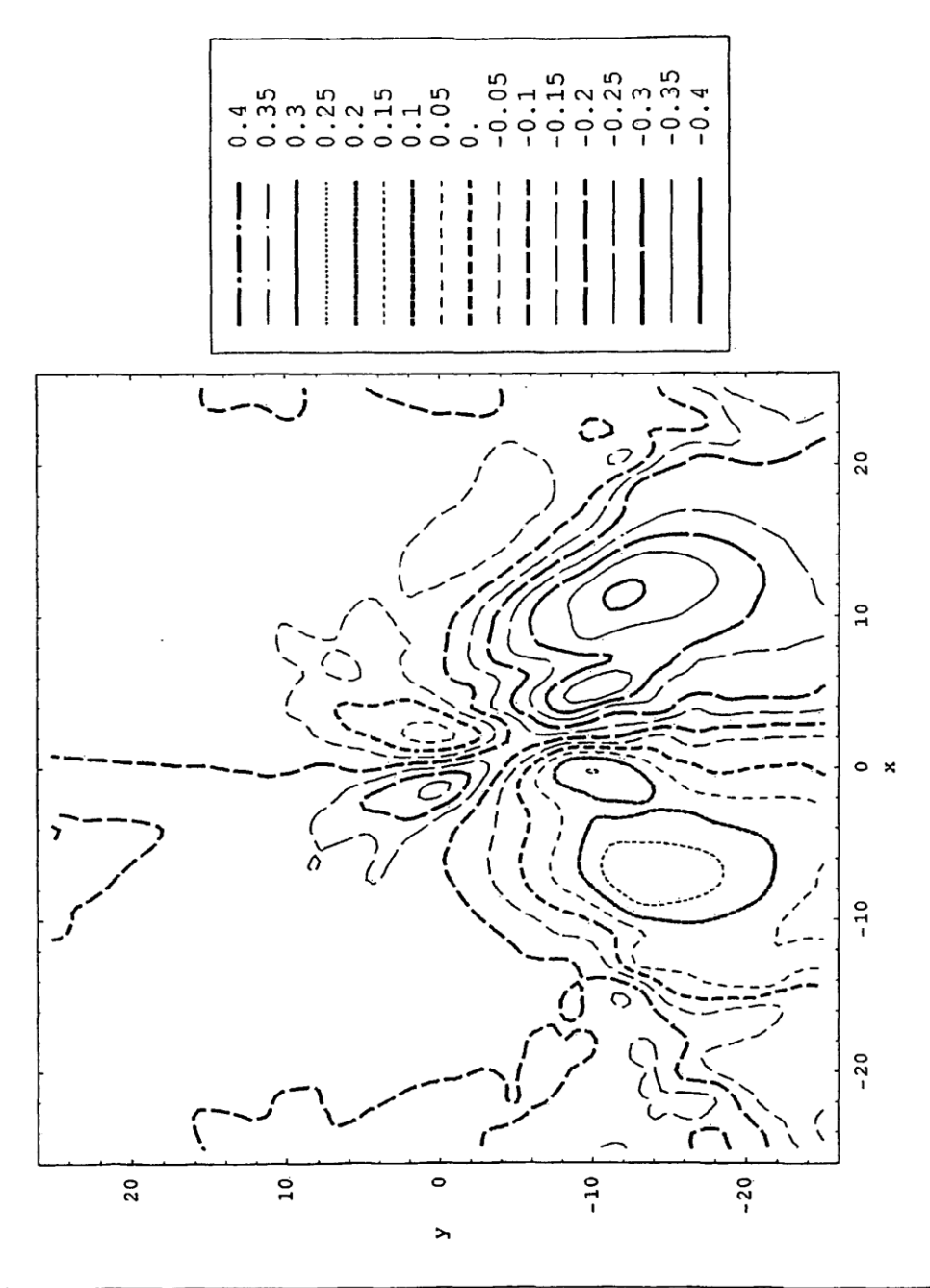


Fig. 6B

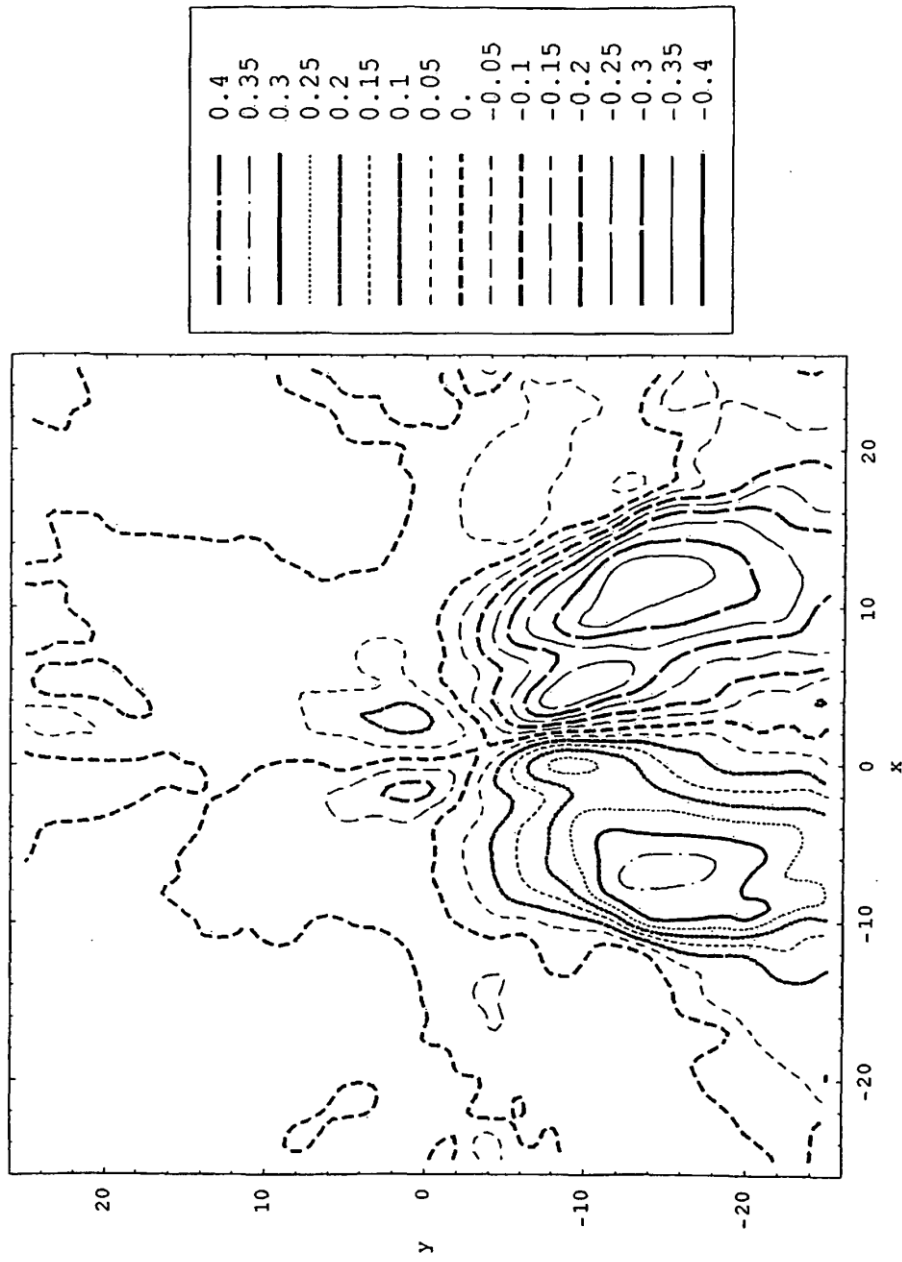


Fig. 6C

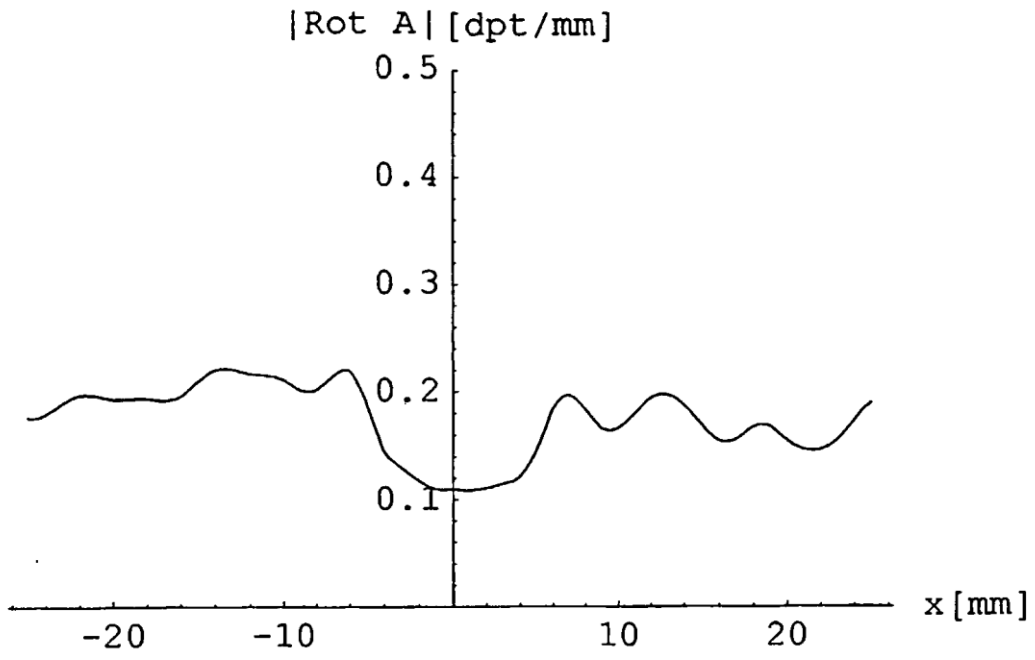


Fig. 7A

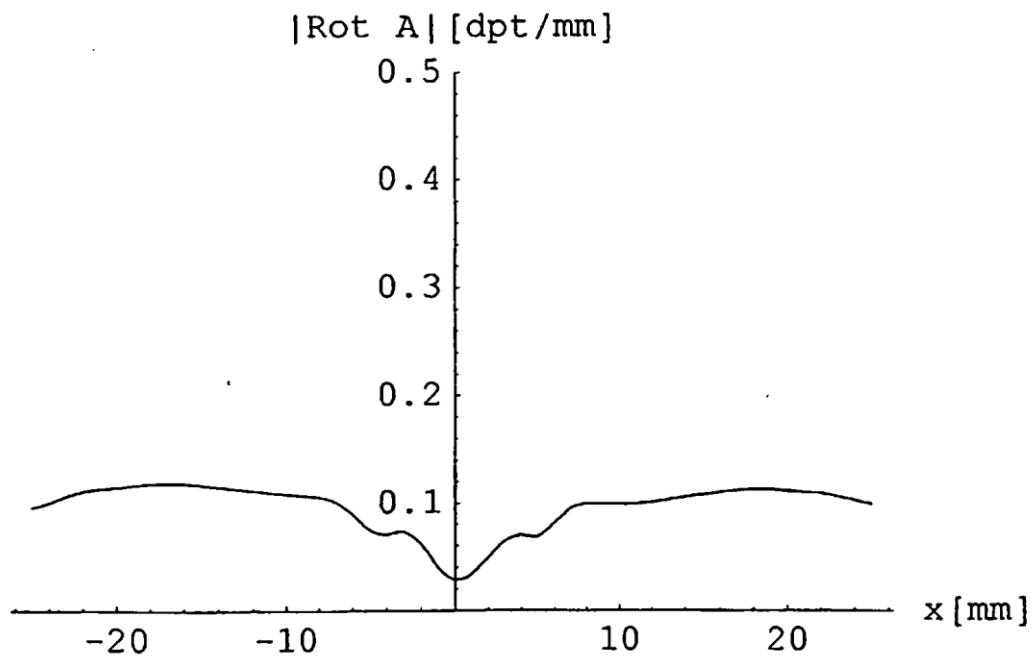


Fig. 7B

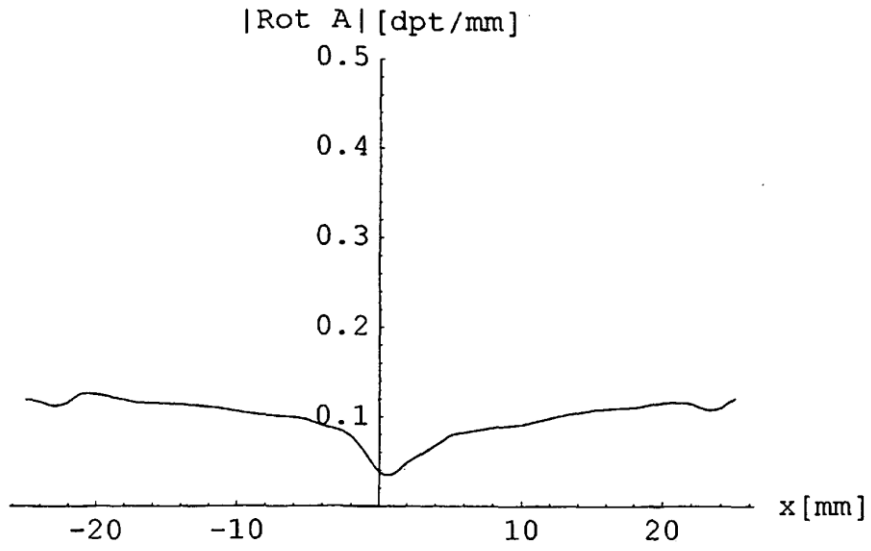


Fig. 7C

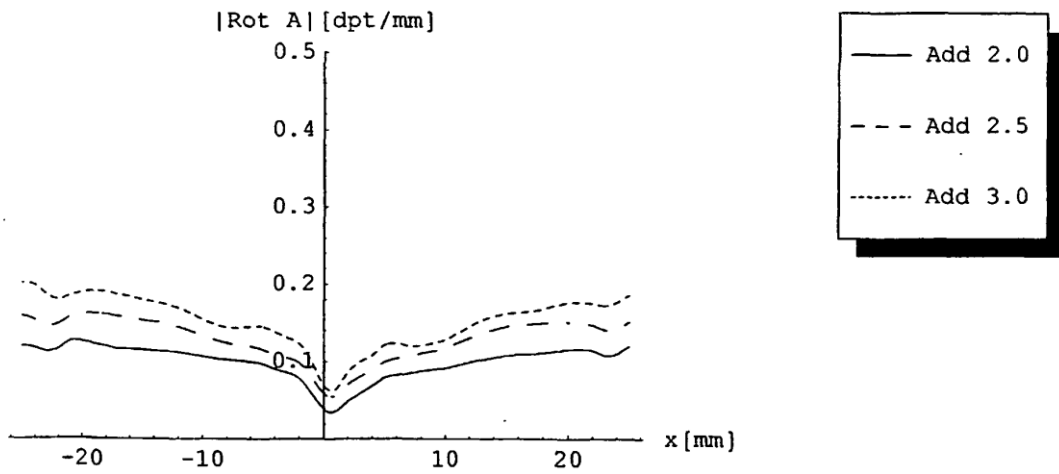


Fig. 7D

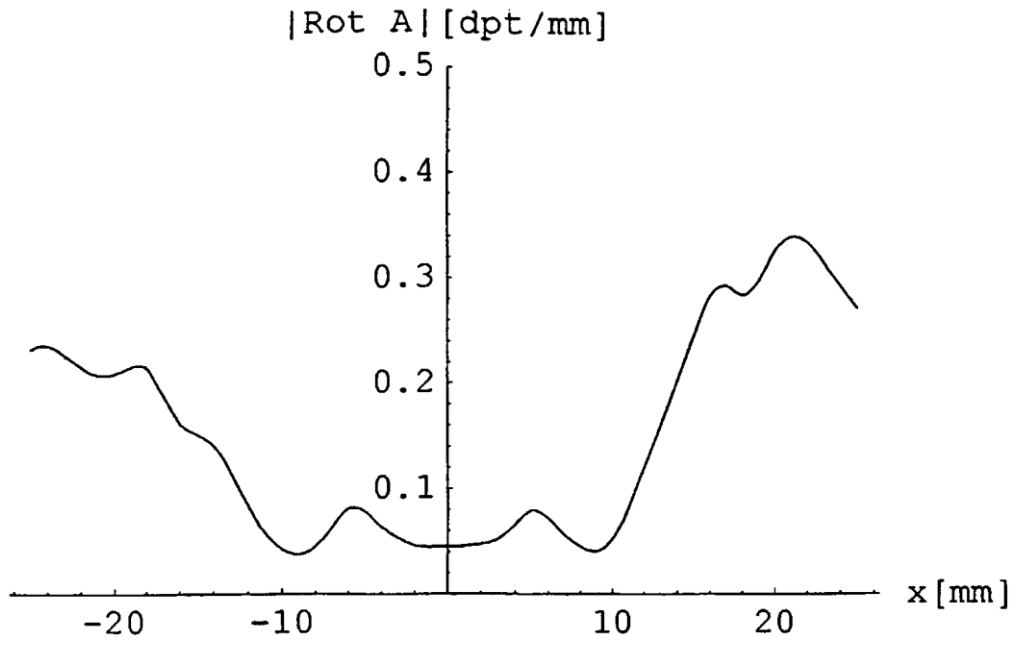


Fig. 8A

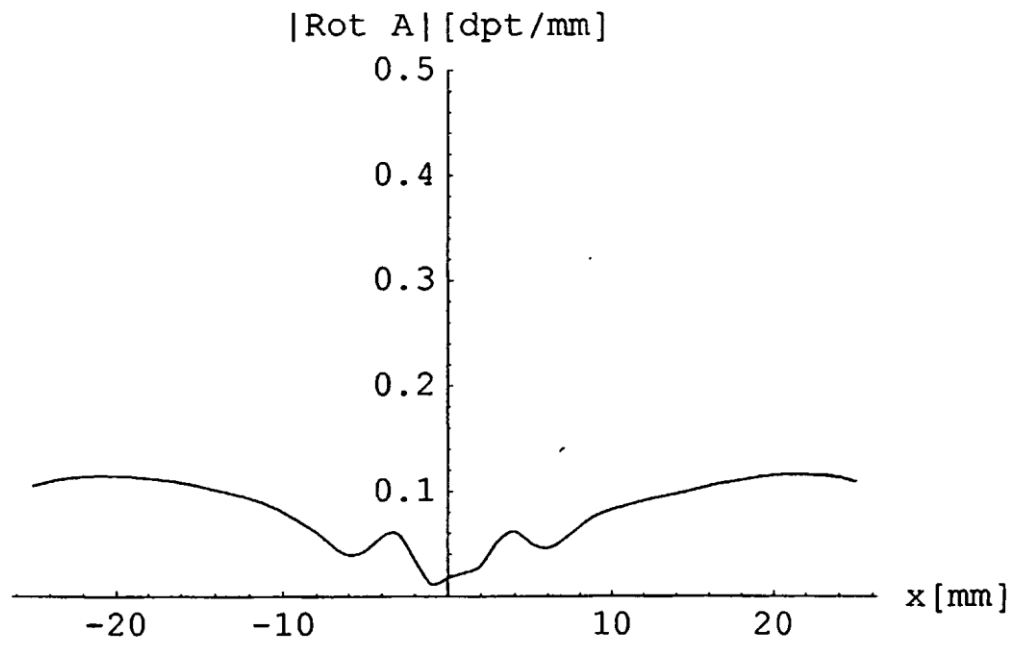


Fig. 8B

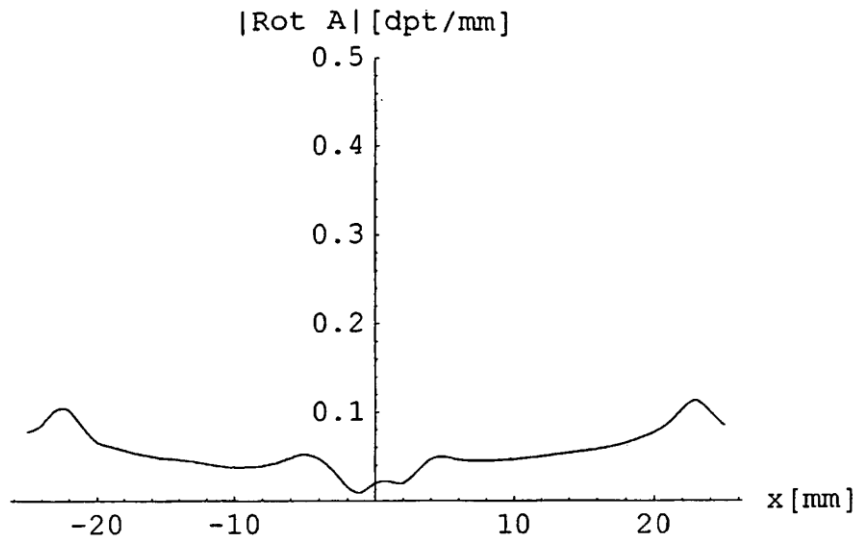


Fig. 8C

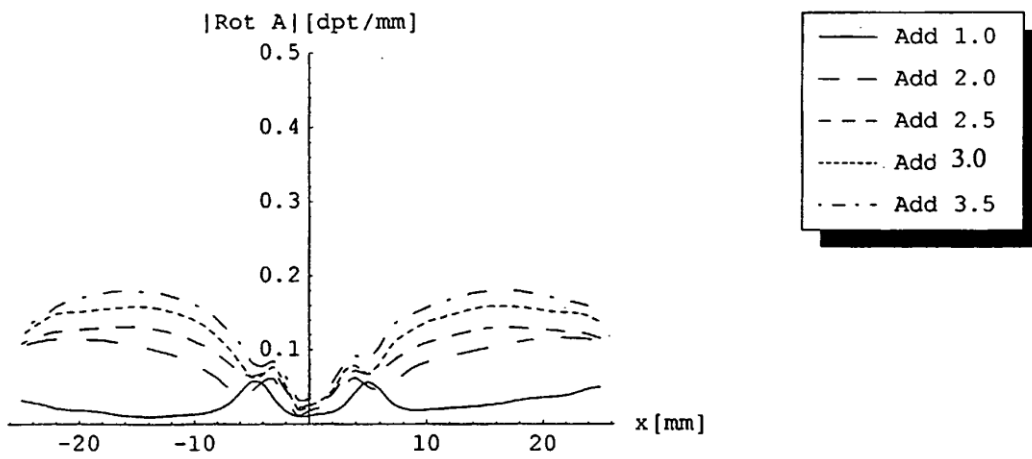


Fig. 8D

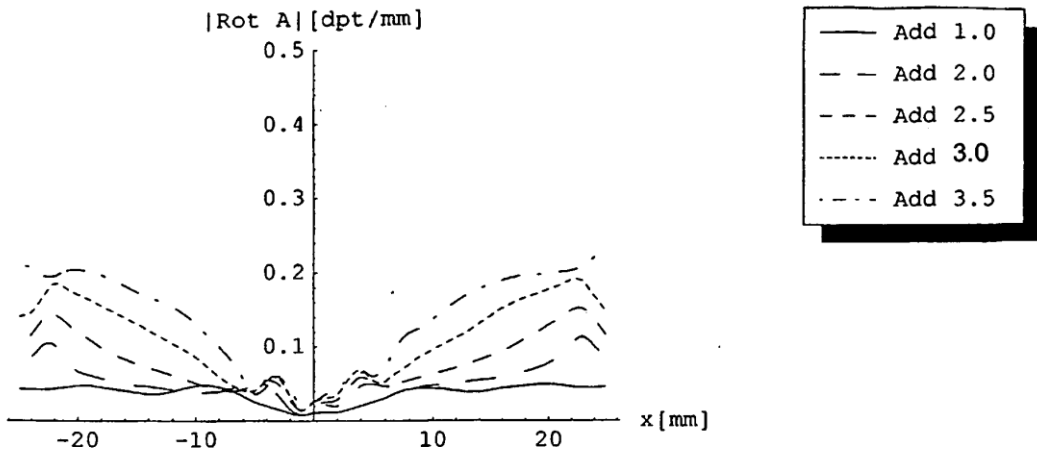


Fig. 8E

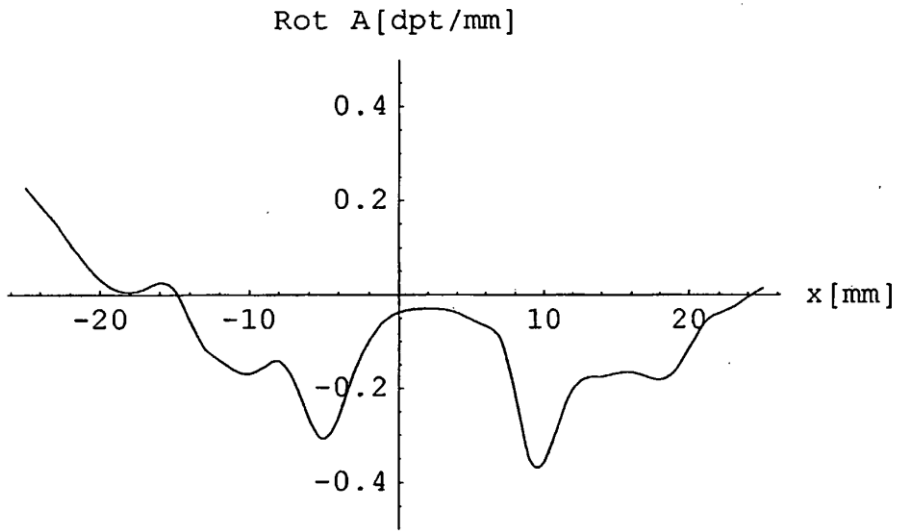


Fig. 9A

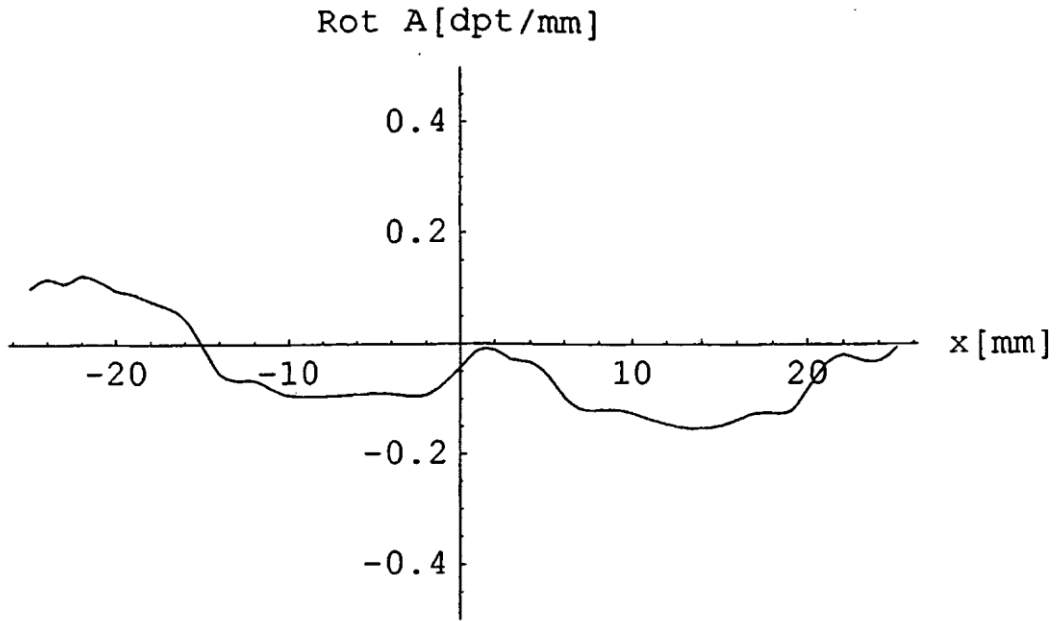


Fig. 9B

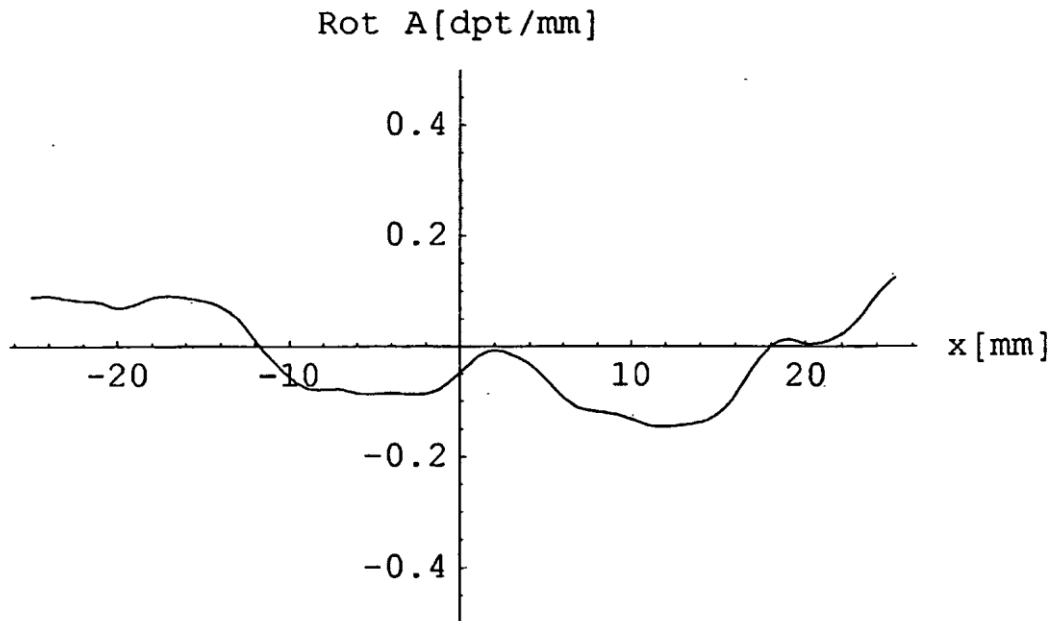


Fig. 9C

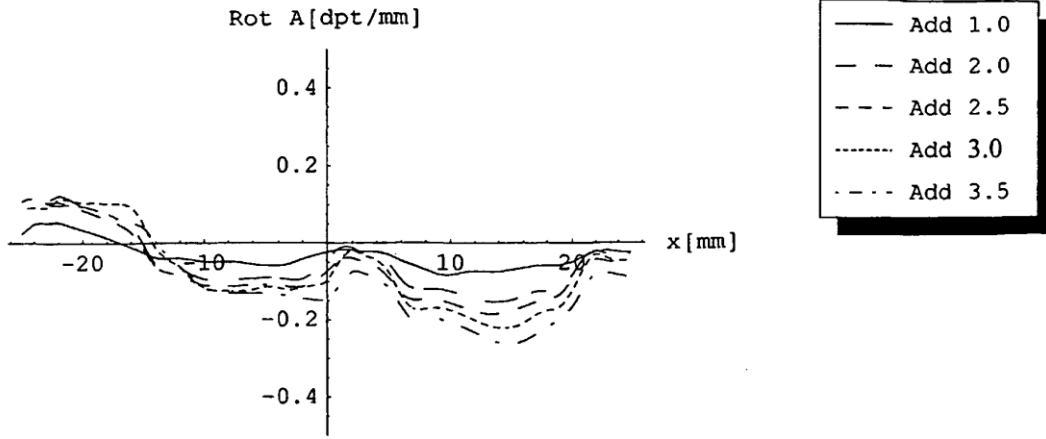


Fig. 9D

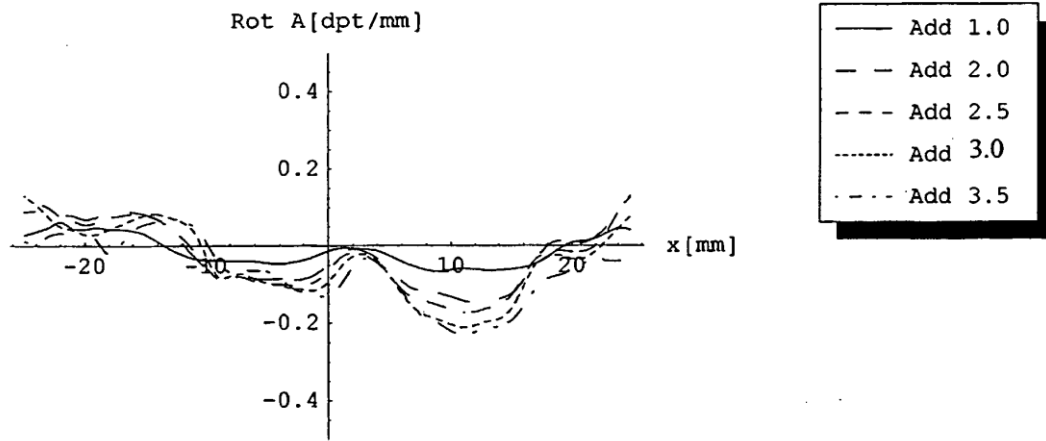


Fig. 9E

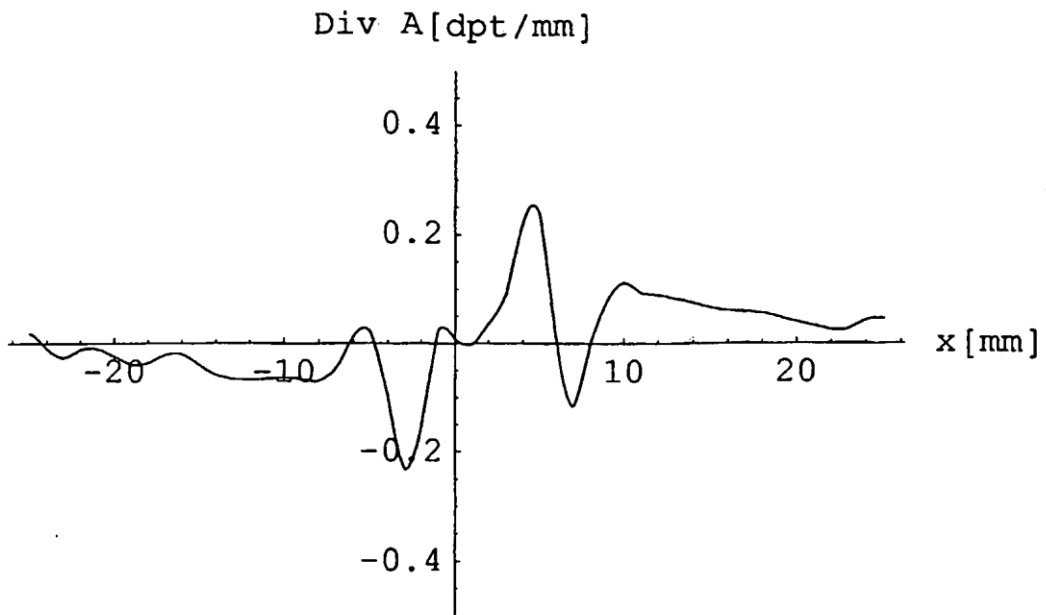


Fig. 10A

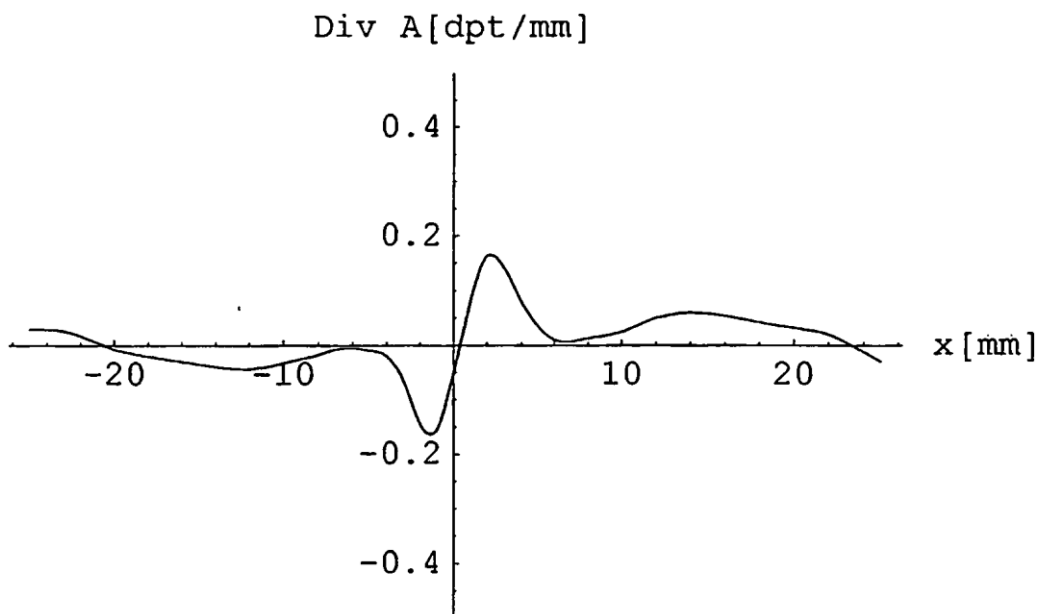


Fig. 10B

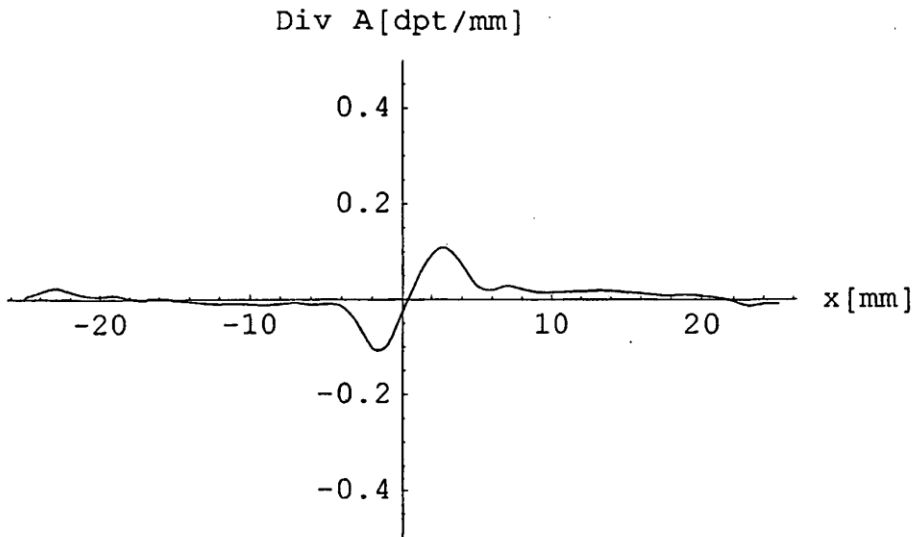


Fig. 10C

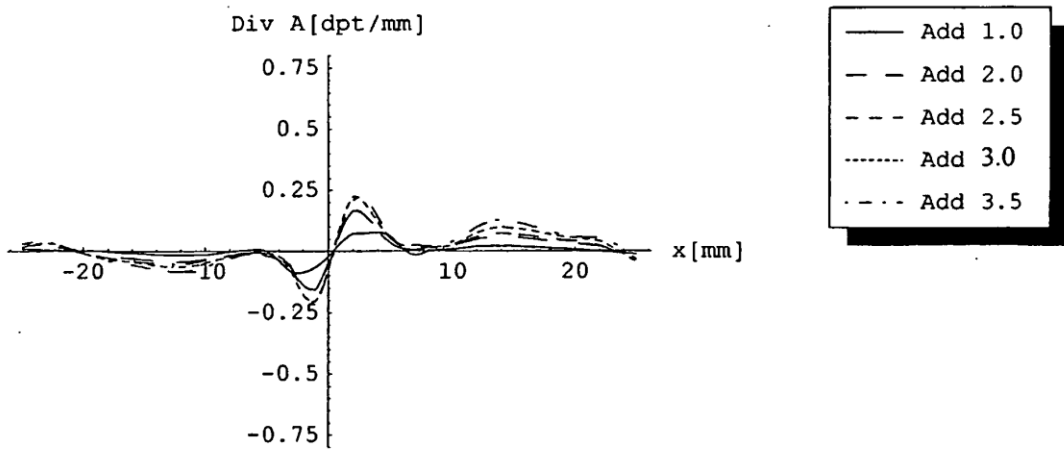


Fig. 10D

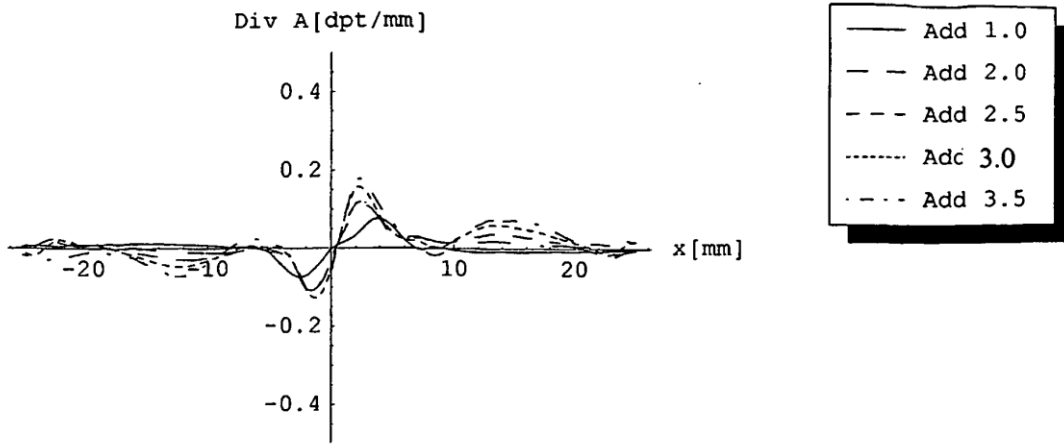


Fig. 10E

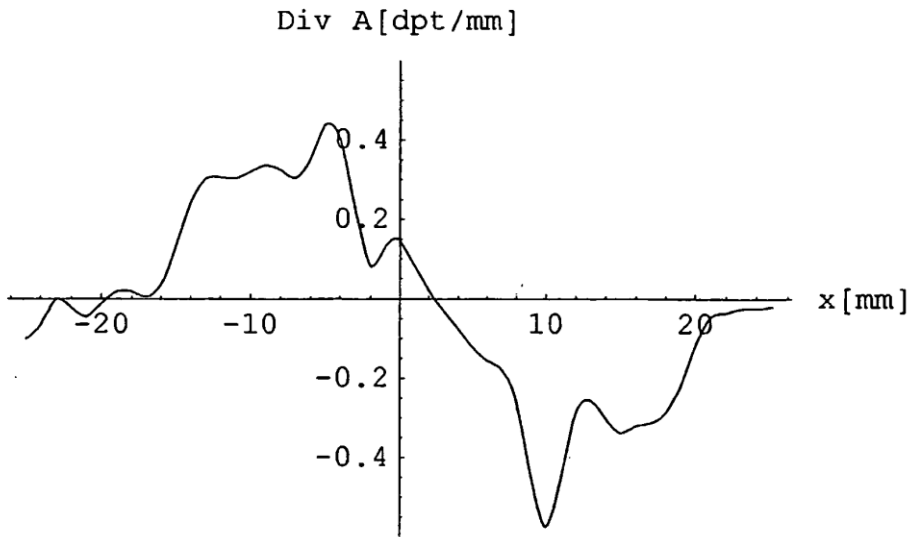


Fig. 11A

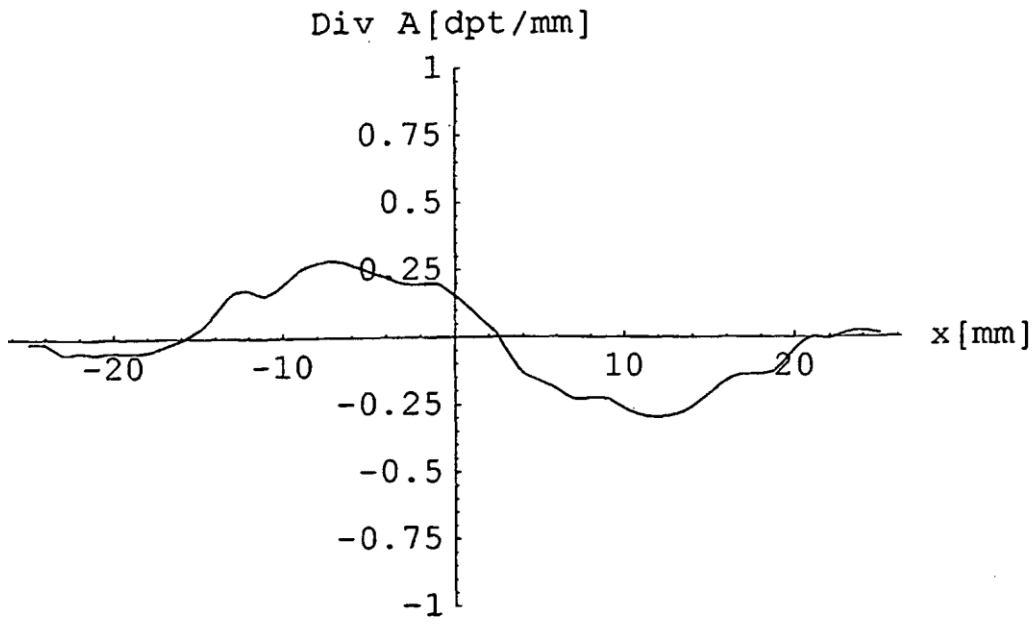


Fig. 11B

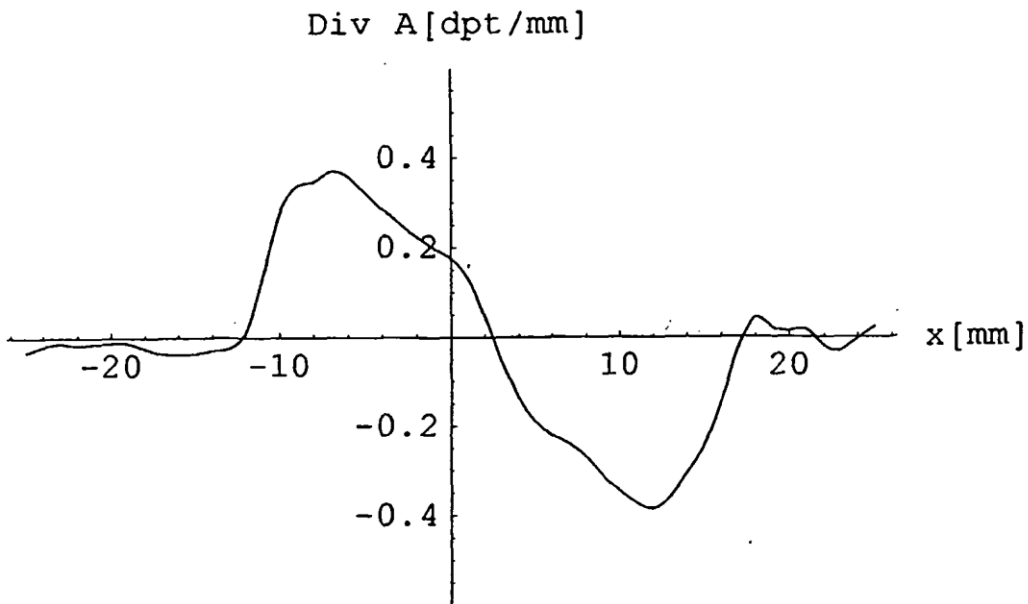


Fig. 11C

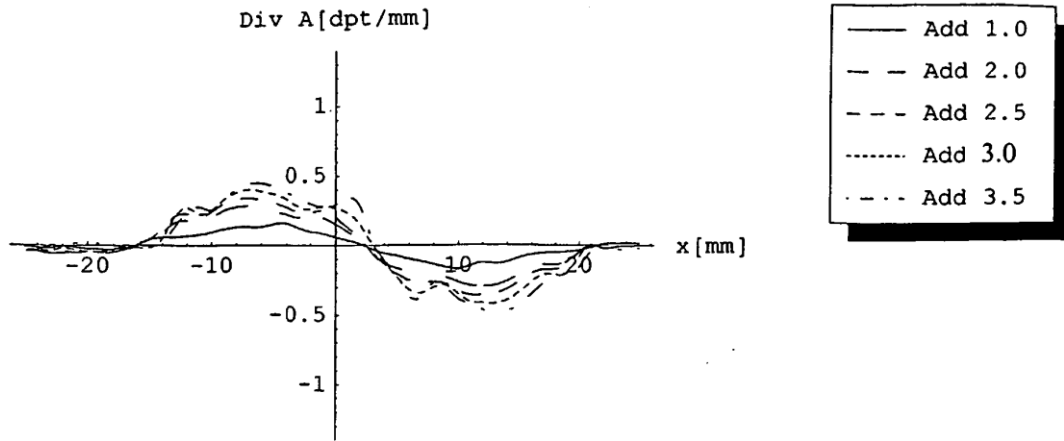


Fig. 11D

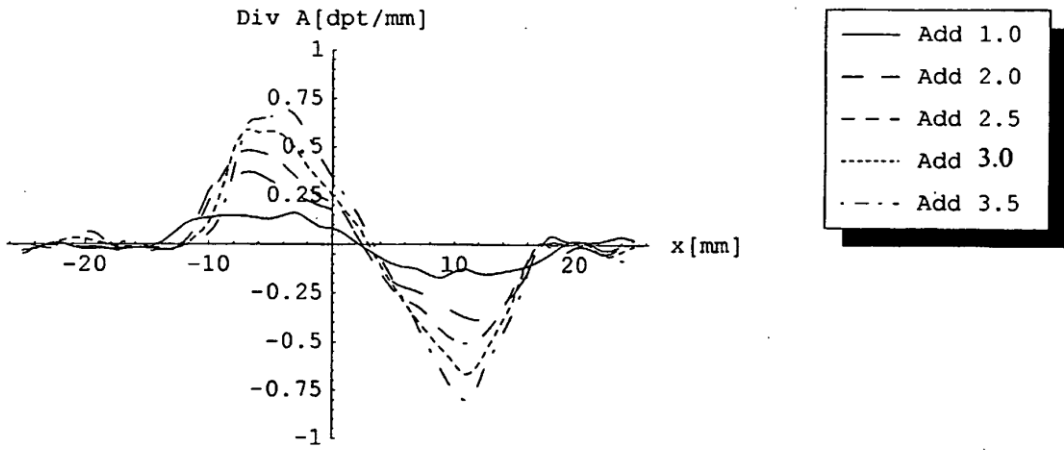


Fig. 11E