

Física

Química · Biología

Técnica



LEYBOLD DIDACTIC GMBH

7/1987

## Instrucciones de Servicio Mode d'emploi

472 60

### Par de placas de un cuarto de longitud de onda Paire de lames quart d'onde

Mediante las placas de un cuarto de longitud de onda es posible transformar luz polarizada linealmente en luz polarizada elíptica y circularmente y ésta a su vez en luz polarizada linealmente. Generalmente se requieren las placas como pares, por lo que se entregan también en forma de par, ya que en numerosos experimentos se produce primero la luz polarizada elípticamente y se analiza después con la otra.

#### 1 Descripción

Como componente esencial una placa de un cuarto de onda posee una hoja de material plástico, de espesor adecuado, con propiedades de refracción doble. Para protegerla contra daños se encuentra recubierta en otra hoja de plástico de 40 mm de diám. que se encuentra sujeta en una montura giratoria de materia plástica. La montura está provista de una graduación ( $-90^\circ \dots 0^\circ \dots 90^\circ$ ). Puede moverse mediante una palanca en una montura exterior fija (diám. 13 cm) provista de una marca-índice.

La montura exterior lleva una varilla para el montaje en un banco óptico (por ej. 460 43). Las placas están marcadas con  $\lambda/4$  (= un cuarto de longitud de onda).

#### 2 Principio

Si un haz de luz paralela cae perpendicularmente sobre la placa, ésta, por sus propiedades de refracción doble, lo descompone en dos componentes que poseen planos de oscilación perpendiculares y velocidades de fase levemente diferentes. El espesor de la placa se ha elegido de tal modo, que la diferencia de fase de ambas componentes, debida a la diferencia de velocidades, sea, después de haber pasado por la placa, de  $90^\circ$  exactamente, de manera que una componente sigue a la otra con un retraso de un cuarto de longitud de onda. Esto es válido de forma exacta sólo para una longitud de onda única, que se encuentra en la parte central de la zona visible, o sea en el amarillo y el verde de onda larga. Pero debido a la pequeña dispersión de la luz visible, las desviaciones en las zonas límites del espectro son minúsculas.

La forma de actuación de las placas  $\lambda/4$  puede demostrarse sólo en la luz polarizada linealmente.

#### 3 Manipulación

Para la producción de luz polarizada elíptica o circularmente se emplea como continuación a la fuente de luz un filtro de polarización como polarizador, luego una placa de un cuarto de longitud de onda colocada generalmente inmediatamente detrás y finalmente otro filtro de polarización para el análisis de la luz. Si se regula el primer filtro de polarización en su marca  $0^\circ$  y el segundo en su marca  $90^\circ$ , sin la placa  $\lambda/4$  reina la oscuridad. Con el empleo de la placa  $\lambda/4$  generalmente se produce una aclaración del campo visual, sin embargo, girando la placa en su marco, se encuentran dos posiciones nítidas exactamente perpendiculares en las cuales permanece la oscuridad. Entonces, los planos de oscilación de la placa y de los filtros de polarización concuerdan y la luz polarizada linealmente puede pasar sin alteración por la placa.

Avec ces lames on peut transformer de la lumière polarisée dans un plan en lumière polarisée elliptiquement et circulairement, et inversement. Les lames sont vendues par paires, parce qu'elles sont presque toujours ainsi employées dans les expériences: une lame pour produire la lumière polarisée elliptiquement et une autre pour analyser de nouveau celle-ci.

#### 1 Description

Une lame quart d'onde, appelée également feuille de décélération, est constituée essentiellement d'une feuille de matière synthétique d'épaisseur adéquate, biréfringente. Pour empêcher qu'elle ne soit endommagée, elle est scellée dans une autre feuille de matière synthétique de 40 mm de diam. sortie dans une monture pivotable (également en matière synthétique). La monture est pourvue d'une graduation ( $-90^\circ \dots 0^\circ \dots 90^\circ$ ). Elle est actionnée avec un levier dans une monture extérieure fixe (diam. 13 cm) munie d'un repère.

La monture extérieure est pourvue d'une tige de 10 mm de diam., qui permet de monter tout le système sur un banc d'optique (par ex. 460 43). Enfin l'appareil porte l'inscription:  $\lambda/4$  (= quart de longueur d'onde).

#### 2 Principe

Quand un faisceau de rayons parallèles arrive perpendiculairement à la feuille, celle-ci le décompose, en raison de ses propriétés biréfringentes, en deux composantes dont les plans d'oscillation sont perpendiculaires entre eux et les vitesses de phase légèrement différentes. L'épaisseur de la feuille est sélectionnée de façon à ce que la composante de lumière dont le vecteur électrique oscille parallèlement au levier de rotation soit retardée de  $140 \pm 20$  nm par rapport à la composante de lumière oscillant perpendiculairement au levier. La différence de phase en résultant des deux composantes est d'un quart de longueur d'onde, ce qui est suffisant en pratique dans la lumière jaune et verte à ondes longues. Etant donné que la dispersion est faible dans la lumière visible, les divergences dans les zones limites du spectre visible ne sont que minimes.

#### 3 Manipulation

Pour produire de la lumière polarisée elliptiquement ou circulairement, on emploie d'abord tout près de la source lumineuse un filtre polarisant jouant le rôle de polariseur, puis une lame quart d'onde, placée en général directement derrière lui, enfin un second filtre polarisant pour l'analyse de la lumière. Quand le premier filtre est tourné sur son repère  $0^\circ$  et le second sur son repère  $90^\circ$ , on obtient l'obscurité, si aucune lame n'intervient. Avec une lame, un éclaircissement du champ visuel apparaît; pourtant on trouve, en tournant la lame dans la monture, deux positions nettement marquées et perpendiculaires entre elles, dans lesquelles l'obscurité demeure. Alors les plans d'oscillation de la lame concordent avec ceux des filtres polarisants et la lumière incidente polarisée dans un plan peut traverser la lame sans être modifiée.

Regulando el polarizador de la marca 0° en la de 45°, la placa  $\lambda/4$  entrega luz polarizada circularmente. Al girar ahora el analizador, la luminosidad de la luz que pasa no varía.

En el caso de emplearse luz no monocromática, por ej. luz blanca, se produce una pequeña variación de color. Esta es consecuencia de las desviaciones de las placas ya arriba mencionadas de la condición  $\lambda/4$  en las zonas límites del espectro visible.

La formación de la luz polarizada circularmente se explica de tal manera, que la luz polarizada linealmente es dividida ahora por la placa  $\lambda/4$  en dos componentes, las cuales por la posición de 45° poseen igual amplitud.

Si se regula el polarizador en otros valores entre 0°, 45° y 90°, las dos componentes en la placa  $\lambda/4$  poseen entonces amplitudes de distintas dimensiones y se componen detrás de la placa en luz polarizada elípticamente. Este efecto puede debilitarse en mayor o menor grado, según el ángulo regulado, girando el analizador, pero no puede evitarse completamente.

La segunda placa de un cuarto de longitud de onda se utiliza en el caso de que antes del análisis la luz polarizada elíptica o circularmente deba ser retransformada en luz polarizada linealmente. Para esto se introduce esta segunda placa entre la primera placa de  $\lambda/4$  y el analizador, en la trayectoria de los rayos.

La regulación más conveniente para experimentos de luz polarizada circularmente es la siguiente:

Polarizador en 0°; analizador en 90°; colocar la primera placa  $\lambda/4$  y girarla hasta producir la oscuridad; colocar la segunda placa  $\lambda/4$  y girarla a la misma posición de oscuridad; ahora los planos de oscilación en ambas placas de  $\lambda/4$  concuerdan. Si a continuación se regula el polarizador en 45° y el analizador en 135°, se encuentra entre las placas  $\lambda/4$  luz polarizada circularmente.

Ahora pueden presentarse dos casos distintos:

La componente adelantada de la luz circular es retrasada en un cuarto de longitud de onda en la segunda placa  $\lambda/4$ . Entonces nuevamente ambas componentes se encuentran en fase, sumándose para producir luz polarizada linealmente, con el mismo plano de oscilación que la luz incidente. El analizador colocado en forma cruzada conduce a la extinción.

En el otro caso, la segunda placa  $\lambda/4$  retarda la componente ya retrasada en la primera placa nuevamente en un un cuarto de longitud de onda. Por este efecto entre ambas componentes existe ahora una diferencia de fase de 180° y se suman para producir luz polarizada linealmente, que oscila perpendicularmente a la luz incidente. La disposición muestra luminosidad máxima, que generalmente no se presta para los experimentos. En este caso se gira una de las placas  $\lambda/4$  en 90° obteniéndose así las condiciones del caso anterior.

#### 4 Observaciones

Para las placas de un cuarto de longitud de onda rigen las mismas normas que para los filtros de polarización. Las placas no deben calentarse demasiado, por existir en este caso el peligro de su deterioro. Es conveniente por lo tanto, no acercarse excesivamente a la lámpara caliente.

El funcionamiento de las placas sólo será exacto, si son pasadas perpendicularmente por luz a ser posible paralela. Convergencias o divergencias mínimas no son perjudiciales.

#### 5 Experimentos

Además de los experimentos sobre las propiedades de luz polarizada elíptica y circularmente, sirven las placas y la luz polarizada circularmente, producida con ellas, para la demostración de la refracción doble de la tensión con el juego de modelos fotoelásticos (471 95) y para la demostración de tensiones mecánicas internas en la placa de vidrio Sekurit (471 92) o en vidrio templado (471 61).

Si maintenant on tourne le polariseurs de 0° sur 45°, la lame fournit de la lumière circulairement polarisée; si l'on tourne l'analyseur, l'éclat de la lumière qui le traverse reste inchangé.

Si l'on utilise de la lumière non monochromatique, par ex. de la lumière blanche, on note naturellement une légère modification de couleur. C'est une conséquence des décalages, indiqués plus haut, des lames quart d'ondes dans les zones limites du spectre visible.

L'apparition de la lumière polarisée circulairement s'explique par le fait que la lumière incidente polarisée dans un plan est décomposée dans la lame en deux composantes qui ont, à cause de la position de 45°, la même amplitude.

Si l'on met le polariseur sur d'autres valeurs entre 0°, 45° et 90°, les deux composantes ont alors dans la lame des amplitudes de grandeur différente et se réunissent derrière celle-ci pour donner de la lumière elliptiquement polarisée. Ce phénomène peut être, suivant la grandeur de l'angle formé en tournant l'analyseur, plus ou moins fortement affaibli, mais on ne peut cependant pas l'éliminer complètement.

La seconde lame s'emploie si, avant l'analyse, on veut retransformer la lumière polarisée circulairement ou elliptiquement en lumière polarisée dans un plan. Il faut alors placer cette seconde lame quelque part sur la marche des rayons entre la première lame et l'analyseur.

Le réglage le plus approprié pour des expériences de lumière circulairement polarisée est le suivant:

Polariseur sur 0°; analyseur sur 90°; monter la première lame et la tourner sur l'obscurité; monter la seconde lame en la tournant également sur l'obscurité; les plans d'oscillation concordent ainsi dans les 2 lames. Si l'on met maintenant le polariseur sur 45° et l'analyseur sur 135°, on obtient alors de la lumière polarisée circulairement entre les lames.

Deux cas différents peuvent dès lors se présenter:

La composante en avance de phase dans la lumière polarisée circulairement est retardée d'un quart de longueur d'onde dans la seconde lame. Alors les composantes se retrouvent en phase et s'additionnent, pour donner de la lumière polarisée dans un plan, avec le même plan d'oscillation que la lumière incidente. L'analyseur se trouvant en montage croisé annule l'effet.

La composante déjà retardée dans la première lame est encore retardée d'un quart de longueur d'onde par la seconde lame. Par suite les deux composantes accusent une différence de phase de 180° et s'additionnent pour donner de la lumière polarisée dans un plan, qui oscille perpendiculairement à la lumière incidente. L'agencement montre une clarté maxima ne convenant pas la plupart du temps pour les expériences. On tourne alors une des lames de 90°, réalisant ainsi les conditions du cas précédent.

#### 4 Attention!

On ne doit pas laisser chauffer trop fortement les lames, ce qui pourrait les endommager. On ne doit par conséquent pas les monter trop près de la lampe, qui est toujours très chaude. La même recommandation vaut pour les filtres.

Les lames ne travaillent convenablement que si elles sont traversées perpendiculairement par des rayons le plus possible parallèles. Une faible convergence ou divergence cependant ne présente aucun inconvénient.

#### 5 Expériences

Outre les expériences sur les propriétés de la lumière polarisée circulairement ou elliptiquement, la lumière polarisée circulairement par les lames sert à montrer la biréfringence mécanique à l'aide du jeu de modèles pour l'étude optique des contraintes (471 95) en résine synthétique, ainsi que les tensions mécaniques internes dans le verre de sécurité (plaque de verre "Sékurit" 471 92) ou dans le verre trempé (471 61).