

部分相干刃型位错光束的谱 Stokes 奇点

郑尚彬 唐碧华 姜云海 罗亚梅 高曾辉

Spectral Stokes singularities of partially coherent edge dislocation beams

Zheng Shang-Bin Tang Bi-Hua Jiang Yun-Hai Luo Ya-Mei Gao Zeng-Hui

引用信息 Citation: *Acta Physica Sinica*, 65, 014202 (2016) DOI: 10.7498/aps.65.014202

在线阅读 View online: <http://dx.doi.org/10.7498/aps.65.014202>

当期内容 View table of contents: <http://wulixb.iphy.ac.cn/CN/Y2016/V65/I1>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于双粒子耦合的单层介质柱阵列对电磁波的调控

Rectifying electromagnetic waves by a single-layer dielectric particle array based on dual-particle coupling

物理学报.2015, 64(22): 224201 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.224201>

一种双反射壁型二维光子晶体窄带滤波器

A narrow bandpass filter based on two-dimensional photonic crystals with two reflectors

物理学报.2015, 64(22): 224202 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.224202>

阿基米德螺旋微纳结构中的表面等离激元聚焦

Focusing surface plasmon polaritons in archimedes' spiral nanostructure

物理学报.2015, 64(19): 194201 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.194201>

电磁波在大面积等离子体片中传播特性的分析

Analysis of propagation properties of electromagnetic waves through large planar plasma sheets

物理学报.2015, 64(19): 194202 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.194202>

用四台阶相位板产生涡旋光束

Generation of vortex beams by the four-step phase plates

物理学报.2015, 64(18): 184202 <http://dx.doi.org/10.7498/aps.64.184202>

部分相干刃型位错光束的谱Stokes奇点*

郑尚彬¹⁾ 唐碧华¹⁾ 姜云海¹⁾ 罗亚梅^{1)2)†} 高曾辉²⁾

1)(四川医科大学生物医学工程系, 泸州 646000)

2)(宜宾学院计算物理重点实验室, 宜宾 644000)

(2015年6月23日收到; 2015年8月31日收到修改稿)

利用交叉谱密度函数的传输公式, 推导出部分相干刃型位错光束在自由空间中传输的解析表达式. 结合谱Stokes参数, 详细讨论了其Stokes场的奇点变化规律. 结果表明, 部分相干刃型位错光束在自由空间传输过程中存在谱 s_{12} , s_{23} 和 s_{31} 奇点. 改变刃型位错的离轴量、斜率、空间相关长度等光束参数以及随着传输距离的变化, 会有谱Stokes奇点的移动、产生和湮没, 也会有 V 点的产生和 C 点旋性的反转.

关键词: 部分相干光束, 刃型位错, 谱Stokes奇点

PACS: 42.25.Bs, 42.25.Ja, 42.25.Kb

DOI: 10.7498/aps.65.014202

1 引言

自从Nye和Hajnal^[1]发现矢量场具有偏振奇点后, 在理论和实验中已对偏振奇点做了广泛研究, 并基于此提出了奇异偏振术这一新方法^[1-21]. 对于偏振奇点, 可以使用电磁场理论或Stokes参数来分析^[3,14], 也可以通过复Stokes场进行描述^[6,8,12,15]. 近来, 对于偏振奇点的研究对象已从完全相干光扩展到部分相干光, Yan和Lü^[18]通过引入Wolf^[22]提出的谱Stokes参数, 把完全相干的偏振奇点扩展到部分相干光, 讨论了涡旋高斯光束在自由空间中的偏振奇点, 即谱Stokes奇点. 而位错通常分为光涡旋(也称为螺旋位错)和纯位错线两种^[2]. 在垂直于光束传输方向的横平面内, 若出现单个位相奇点, 即为光涡旋; 若出现的是线状的位相奇点, 一般为一直线或圆形切口, 越过该切口(或位错)会有 π 的位相突变, 称为纯位错线. 那么部分相干刃型位错光束在自由空间传输过程中的谱Stokes奇点具有什么样的规律呢? 本文从交叉谱密度函数的传输公式出发, 研究了部分相干刃型位错光束在自由空间中的谱Stokes奇点.

2 理论模型

部分相干光在源 $z=0$ 处的交叉谱密度矩阵为 2×2 矩阵, 包括四个分量 W_{xx} , W_{yy} , W_{xy} 和 W_{yx} (与 W_{xy} 共轭), 可表示为^[21,22]

$$\begin{aligned} & [W_{uv}(x_{01}, y_{01}, x_{02}, y_{02}, 0)] \\ &= [\langle E_u^*(x_{01}, y_{01}, x_{02}, y_{02}, 0) \\ & E_v(x_{01}, y_{01}, x_{02}, y_{02}, 0) \rangle] \\ & (u, v = x, y, \text{除非另做说明}), \end{aligned} \quad (1)$$

其中, $\langle \cdot \rangle$ 表示系综平均, $*$ 表示复共轭. 假定源 $z=0$ 处的部分相干光为含有刃型位错的部分相干高斯-谢尔模型光束, 其交叉谱密度矩阵元在 $z=0$ 平面表示为^[2,22,23]

$$\begin{aligned} & W_{uv}(x_{01}, y_{01}, x_{02}, y_{02}, 0) \\ &= A_u A_v B_{uv} \left(\frac{a_u x_{01} - y_{01} + d_u}{w_0} \right) \\ & \times \exp \left(-\frac{x_{01}^2 + y_{01}^2}{w_0^2} \right) \left(\frac{a_v x_{02} - y_{02} + d_v}{w_0} \right) \\ & \times \exp \left(-\frac{x_{02}^2 + y_{02}^2}{w_0^2} \right) \end{aligned}$$

* 国家自然科学基金(批准号: 61275203)和四川省教育厅自然科学基金(批准号: 15CZ0017)资助的课题.

† 通信作者. E-mail: luoluoeryan@126.com

$$\times \exp \left[-\frac{(x_{01} - x_{02})^2 + (y_{01} - y_{02})^2}{2\delta_{uv}^2} \right], \quad (2)$$

其中, 系数 A_u , A_v , B_{uv} 和参数 w_0 , δ_{uv} 是与位置无关的量; w_0 表示束腰宽度; δ_{uv} 表示部分相关长度; $B_{uv} = B_{vu}^*$ 一般情况下当 $u \neq v$ 时是复数, 而当 $u = v$ 时, $B_{uv} = 1$; d_x 和 d_y , a_x 和 a_y 是分别寄居于 W_{xx} 和 W_{yy} 中的刃型位错在 x 和 y 方向的离轴距离及斜率.

在自由空间传输过程中, 利用交叉谱密度的传输公式, z 处的交叉谱密度矩阵元可用 $z = 0$ 处的矩阵元表示为

$$\begin{aligned} & W_{uv}(x_1, y_1, x_2, y_2, z) \\ &= \left(\frac{k}{2\pi z} \right)^2 \exp \left[-i \frac{k}{2z} (x_1^2 + y_1^2 - x_2^2 - y_2^2) \right] \\ & \times \iiint W_{uv}(x_{01}, y_{01}, x_{02}, y_{02}, 0) \\ & \times \exp \left[-i \frac{k}{2z} (x_{01}^2 + y_{01}^2 - x_{02}^2 - y_{02}^2) \right] \\ & \times \exp \left[i \frac{k}{z} (x_1 x_{01} + y_1 y_{01} - x_2 x_{02} - y_2 y_{02}) \right] \\ & \times dx_{01} dy_{01} dx_{02} dy_{02}, \end{aligned} \quad (3)$$

其中 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) 是 z 平面处两点的位置坐标, k 是与波长 λ 有关的波数且 $k = 2\pi/\lambda$.

把 (2) 式代入 (3) 式, 并令 $x_1 = x_2 = x$, $y_1 = y_2 = y$, 经过积分得到

$$\begin{aligned} & W_{uv}(x, y, z) \\ &= \frac{A_u A_v B_{uv}}{\alpha_{uv} p_{uv}} \left(\frac{k\pi}{2\pi w_0 z} \right)^2 \\ & \times \left(\frac{1 + \frac{2q_{uv}^2(y)}{p_{uv}}}{4\delta_{uv}^2 \alpha_{uv} p_{uv}} + \frac{h_{uv} q_{uv}(y)}{p_{uv}} + \beta_{uv} \right) \\ & \times \exp \left[\frac{q_{uv}^2(x) + q_{uv}^2(y)}{p_{uv}} - \frac{k^2(x^2 + y^2)}{4z^2 \alpha_{uv}} \right], \end{aligned} \quad (4)$$

其中

$$\begin{aligned} \alpha_{uv} &= \frac{1}{w_0^2} + \frac{ik}{2z} + \frac{1}{2\delta_{uv}^2}, \\ p_{uv} &= \frac{1}{w_0^2} + \frac{1}{2\delta_{uv}^2} - \frac{ik}{2z} - \frac{1}{4\delta_{uv}^2 \alpha_{uv}}, \\ q_{uv}(x) &= \frac{ikx}{2z} \left(\frac{1}{2\delta_{uv}^2 \alpha_{uv}} - 1 \right), \\ q_{uv}(y) &= \frac{iky}{2z} \left(\frac{1}{2\delta_{uv}^2 \alpha_{uv}} - 1 \right), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{uv} &= -\frac{(a_u + a_v) q_{uv}(x)}{2\delta_{uv}^2 \alpha_{uv} p_{uv}} - \frac{d_v}{2\alpha_{uv} \delta_{uv}^2} \\ &+ \frac{iky}{2z \alpha_{uv}} - \left(\frac{ikx a_u}{2z \alpha_{uv}} + d_u \right), \\ \beta_{uv} &= \frac{a_u a_v}{4\delta_{uv}^2 \alpha_{uv} p_{uv}} \left(1 + \frac{2q_{uv}^2(x)}{p_{uv}} \right) \\ &- \frac{iky d_v}{2z \alpha_{uv}} + d_v \left(\frac{ikx a_u}{2z \alpha_{uv}} + d_u \right) \\ &+ \frac{q_{uv}(x)}{p_{uv}} \left(-\frac{iky a_v}{2z \alpha_{uv}} + a_v d_u \right) \\ &+ \frac{ikx a_u a_v}{2z \alpha_{uv}} + \frac{a_u d_v}{2\delta_{uv}^2 \alpha_{uv}}. \end{aligned}$$

光谱 Stokes 参数定义为^[21]

$$S_0(x, y, z) = W_{xx}(x, y, z) + W_{yy}(x, y, z), \quad (5a)$$

$$S_1(x, y, z) = W_{xx}(x, y, z) - W_{yy}(x, y, z), \quad (5b)$$

$$S_2(x, y, z) = W_{xy}(x, y, z) + W_{yx}(x, y, z), \quad (5c)$$

$$S_3(x, y, z) = i(W_{yx}(x, y, z) - W_{xy}(x, y, z)). \quad (5d)$$

归一化的谱 Stokes 参数为 $s_1 = S_1/S_0$, $s_2 = S_2/S_0$ 和 $s_3 = S_3/S_0$.

复光谱 Stokes 场 s_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$, 除非特别说明) 为

$$s_{12} = s_1 + i s_2, \quad (6a)$$

$$s_{23} = s_2 + i s_3, \quad (6b)$$

$$s_{31} = s_3 + i s_1. \quad (6c)$$

将 (4) 式代入 (5) 和 (6) 式, 可得归一化光谱 Stokes 参数和复光谱 Stokes 场的解析结果. 谱 Stokes 奇点对应于复谱 Stokes 场 $s_{ij} = 0$, 即 (6a)—(6c) 式的零值点 (或位相奇点). s_{12} 奇点对应于部分相干光的 C 点, 退化为圆偏振, $s_3 > 0$ ($s_3 < 0$) 对应该点的右旋 (左旋) 性. 谱 s_{23} 和 s_{31} 奇点都处于 L 线上, 在该线上的所有点的旋向性不确定, 都为线偏振点. 由 (4), (5) 和 (6) 式可以看出, 部分相干刃型位错光束的谱 Stokes 奇点随光束的刃型位错斜率 a 、离轴量 d 、空间相关长度 δ 、束腰宽度 w_0 等控制参数以及传输距离 z 变化.

3 谱 Stokes 奇点

3.1 谱 Stokes 奇点随传输距离的变化规律

根据 (6a)—(6c) 式, 图 1 给出了不同 z 处 $s_1 = 0$ (实线), $s_2 = 0$ (划线) 和 $s_3 = 0$ (点线, 即 L 线) 的等值线分布图. 参数取值为 $B_{xx} = B_{yy} = 1$,

$B_{xy} = 0.3 \exp(i\pi/3)$, $A_x = 1$, $A_y = 1.5$, $w_0 = 1$ mm, $\lambda = 632.8$ nm, $\delta_{xx} = \delta_{yy} = 0.225$ mm, $\delta_{xy} = \delta_{yx} = 0.225$ mm, $a_x = 0.9$, $a_y = 0.1$, $d_x = 0.9$, $d_y = -0.5$. 图 1 中, 实线与划线的交点为谱 s_{12} 奇点, 即 C 点, “○”代表拓扑电荷 $m = +1$ 的 C 点, “●”代表拓扑电荷 $m = -1$ 的 C 点; 划线与点线的交点为谱 s_{23} 奇点, “△”代表拓扑电荷

$m = +1$ 的 s_{23} 奇点, “▲”代表拓扑电荷 $m = -1$ 的 s_{23} 奇点; 实线与点线的交点为谱 s_{31} 奇点, “□”代表拓扑电荷 $m = +1$ 的谱 s_{31} 奇点, “■”代表拓扑电荷 $m = -1$ 的谱 s_{31} 奇点 (拓扑电荷的值由符号法则决定 [24]). 图中 $s_3 = 0$ 等值线, 即 L 线是左旋和右旋区域的分界线 [14], “+”号表示的区域为右旋区域, “-”号表示的区域为左旋区域.

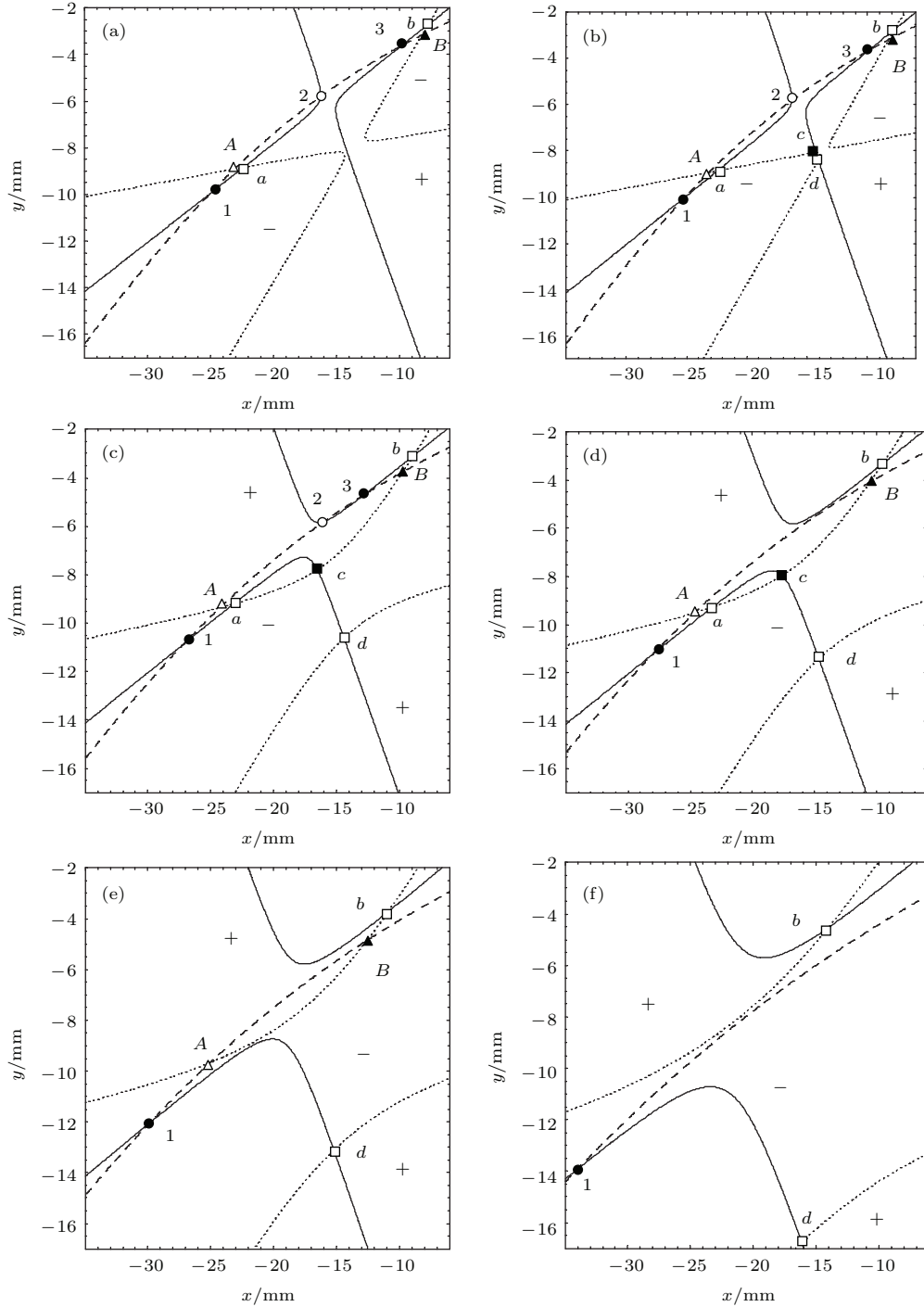


图 1 不同传输距离处 $s_1 = 0$, $s_2 = 0$ 和 $s_3 = 0$ 的等值线分布 ($z_R = \pi w_0^2 / \lambda$) (a) $z = 0.820z_R$; (b) $z = 0.822z_R$; (c) $z = 0.889z_R$; (d) $z = 0.920z_R$; (e) $z = 0.988z_R$; (f) $z = 1.140z_R$.
 Fig. 1. Contour lines of $s_1 = 0$, $s_2 = 0$ and $s_3 = 0$ with different propagation distances ($z_R = \pi w_0^2 / \lambda$): (a) $z = 0.820z_R$; (b) $z = 0.822z_R$; (c) $z = 0.889z_R$; (d) $z = 0.920z_R$; (e) $z = 0.988z_R$; (f) $z = 1.140z_R$.

由图 1 可见, 当传输距离 $z = 0.820z_R$ 时, 在 $\{-35 \text{ mm} \leq x \leq -6 \text{ mm}, -17 \text{ mm} \leq y \leq -2 \text{ mm}\}$ 范围内有一个左旋 C 点 1 和两个右旋 C 点 2, 3 (见图 1(a)), 位置 $(x/\text{mm}, y/\text{mm})$ 分别为 1 $(-25.058, -9.969)$, 2 $(-16.243, -5.801)$ 和 3 $(-9.831, -3.263)$. 各 C 点的拓扑电荷为 $m_1 = m_3 = -1, m_2 = +1$. 随着传输距离的变化, 各 C 点有所移动并有湮没现象出现. 例如传输到 $z = 0.822z_R$ 时 (见图 1(b)), 各 C 点移至 1 $(-25.120, -9.995)$, 2 $(-16.279, -5.809)$, 3 $(-9.896, -3.647)$. 若进一步增大至 $z = 0.889z_R$ (见图 1(c)), 各 C 点移至 1 $(-27.143, -10.855)$, 2 $(-16.003, -5.808)$, 3 $(-12.779, -4.963)$. 当 $z = 0.920z_R$ (见图 1(d)) 时, 一对旋性相同拓扑电荷相反的 C 点 2 和 3 已经湮没, 只剩下 C 点 1 $(-28.049, -11.246)$.

当传输距离 $z = 0.820z_R$ 时, 在 $\{-35 \text{ mm} \leq x \leq -6 \text{ mm}, -17 \text{ mm} \leq y \leq -2 \text{ mm}\}$ 范围内有两个谱 s_{23} 奇点 A 和 B (见图 1(a)), 位置 $(x/\text{mm}, y/\text{mm})$ 分别为 $A(-23.105, -8.912)$ 和 $B(-8.192, -3.160)$, 且拓扑电荷为 $m_A = +1, m_B = -1$. 随着传输距离的变化, 谱 s_{23} 奇点 A 和 B 有所移动而靠拢, 最终湮没. 例如增大至 $z = 0.988z_R$ (见图 1(e)), 谱 s_{23} 奇点 A 和 B 已移至 $A(-25.048, -9.661)$, $B(-12.602, -4.860)$. 当 $z = 1.140z_R$ (见图 1(f)) 时, 这对拓扑电荷相反的谱 s_{23} 奇点 A 和 B 已湮没.

当传输距离 $z = 0.820z_R$ 时, 在 $\{-35 \text{ mm} \leq x \leq -6 \text{ mm}, -17 \text{ mm} \leq y \leq -2 \text{ mm}\}$ 范围内有两个谱 s_{31} 奇点 (见图 1(a)), 位置 $(x/\text{mm}, y/\text{mm})$ 分别为 $a(-22.392, -8.842)$, $b(-7.710, -2.724)$, 且其拓扑电荷为 $m_a = m_b = +1$. 随着传输距离的变化, 谱 s_{31} 奇点也会有所移动并有产生或湮没现象出现. 例如增大到 $z = 0.822z_R$ 时 (见图 1(b)), s_{31} 涡旋移至 $a(-22.423, -8.855)$, $b(-7.744, -2.735)$, 并产生了一对拓扑电荷相反的谱 s_{31} 奇点 $c(-14.257, -8.079)$ 和 $d(-14.076, -8.365)$, 拓扑电荷为 $m_c = -1, m_d = +1$. 随着传输距离的进一步增大, 拓扑电荷相反的谱 s_{31} 奇点 a 和 c 会相互靠拢直至湮没. 例如 $z = 0.920z_R$ 时 (见图 1(d)), 各谱 s_{31} 奇点移至 $a(-23.193, -9.266)$, $b(-9.557, -3.321)$, $c(-17.626, -7.952)$, $d(-14.668, -11.416)$. 当增大到 $z = 0.988z_R$ (见图 1(e)), 谱 s_{31} 奇点 a 和 c 已湮没, 只剩下 $b(-10.930, -3.738)$ 和 $d(-15.213, -13.112)$.

由图 1 和以上分析可知, 随着传输距离的变化,

C 点对 2 和 3、谱 s_{23} 奇点 A 和 B 以及 s_{31} 奇点对 a 和 c 都会有所移动并靠拢, 奇点对间的距离 D 会产生变化并伴随有湮没现象的产生. 图 2 给出了两个拓扑电荷相反的奇点对间距离随传输距离 z/z_R 的变化, 其中, \star 代表 C 点对 2 和 3, \oplus 代表谱 s_{23} 奇点对 A 和 B , 代表谱 s_{31} 奇点对 a 和 c . 由图 1 和图 2 可见, 随着传输距离的增加, 拓扑电荷相反的奇点对间的距离变小. 当 z 增大到一定值时会有湮没现象产生, 但不同奇点对湮没对应的临界值并不相同. C 点对 2 和 3 湮没的临界值为 $z_c = 0.908z_R$, 谱 s_{23} 奇点对 A 和 B 湮没的临界值为 $z_c = 1.122z_R$, s_{31} 涡旋对 a 和 c 湮没的临界值为 $z_c = 0.978z_R$.

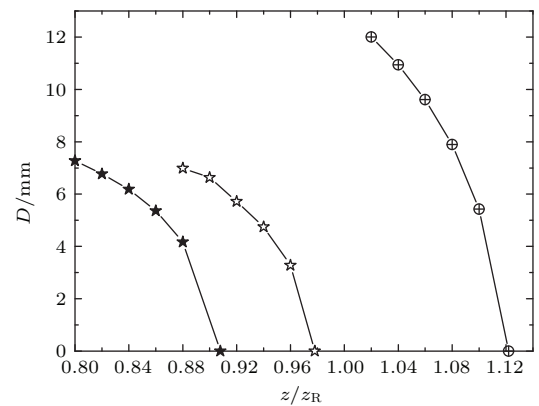


图 2 奇点对间距离随传输距离的变化

Fig. 2. Distance between singularities versus propagation distance.

3.2 谱 Stokes 奇点随部分相关长度的变化规律

图 3 给出了位于 $z = 0.50z_R$ 处不同部分相关长度 δ_{xy} 时的 $s_1 = 0$ (实线), $s_2 = 0$ (划线) 和 $s_3 = 0$ (点线, 即 L 线) 的等值线分布, 参数取值同图 1(a). 当部分相关长度 $\delta_{xy} = 0.225 \text{ mm}$ 时 (见图 3(a)), 在 $\{-16 \text{ mm} \leq x \leq -7 \text{ mm}, -6.5 \text{ mm} \leq y \leq -2 \text{ mm}\}$ 范围内有左旋 C 点 1 $(-14.080, -5.515)$ 和右旋 C 点 2 $(-9.769, -3.024)$ 以及谱 s_{23} 奇点 $A(-13.817, -5.330)$ 和 s_{31} 奇点 $a(-13.690, -5.343)$. 随着 δ_{xy} 的增大, 当 $\delta_{xy} = 0.236 \text{ mm}$ 时 (见图 3(b)), C 点 1 与 L 线碰撞在一起, 或者说 C 点 1、谱 s_{23} 奇点 A 、 s_{31} 奇点 a 三类奇点重合于 $(-12.733, -4.911)$ 处, 出现一个 V 点 (即矢量奇点), 该点的偏振度为 0, 偏振态不确定^[14]. 而当 δ_{xy} 继续增大, 有一微小扰动, 例如 $\delta_{xy} = 0.245 \text{ mm}$ 时 (见图 3(c)), C 点 1 $(-12.056, -4.602)$ 已处于 L 线的另一侧, 即其旋向发生反转, 变为右旋 C 点.

随着 δ_{xy} 增大至 $\delta_{xy} = 0.253$ mm 时 (见图 3(d)), 两个同为右旋但拓扑电荷相反的 C 点已经湮没, 只剩下谱 s_{23} 奇点 A ($-11.323, -4.367$) 和 s_{31} 奇点 a ($-11.541, -4.353$).

谱 Stokes 奇点对湮没所对应的部分相关长度

的临界值 δ_{xyc} 要受到其他参数的影响. 图 4 给出了 C 点对 1 和 2 湮没所对应的部分相关长度的临界值 δ_{xyc} 随斜率 a_x 的变化, 其余参数同图 3(a). 由图 4 可见, 在其余各参数一定的情况下, 随着斜率 a_x 的增大, C 点对 1 和 2 湮没所对应的 δ_{xyc} 在增大.

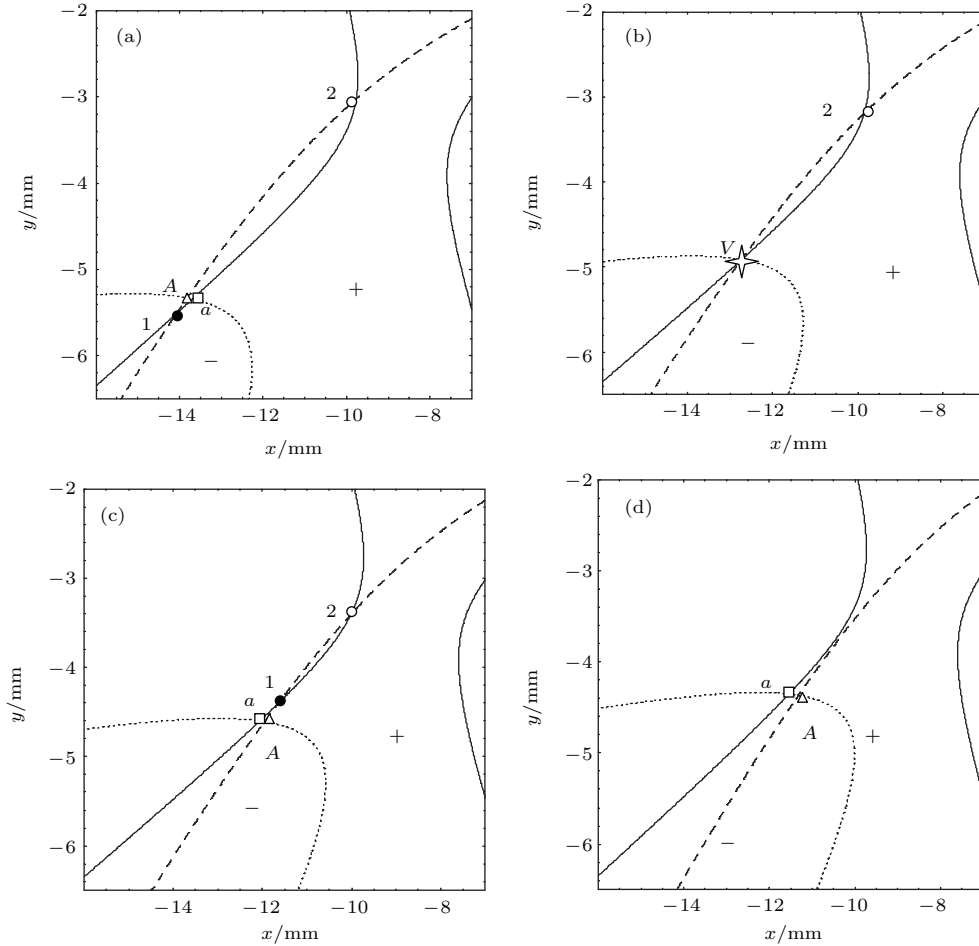


图 3 不同 δ_{xy} 时的 $s_1 = 0$, $s_2 = 0$ 和 $s_3 = 0$ 等值线分布 (a) $\delta_{xy} = 0.225$ mm; (b) $\delta_{xy} = 0.236$ mm; (c) $\delta_{xy} = 0.245$ mm; (d) $\delta_{xy} = 0.253$ mm

Fig. 3. Contour lines of $s_1 = 0$, $s_2 = 0$ and $s_3 = 0$ with spatial correlation length: (a) $\delta_{xy} = 0.225$ mm; (b) $\delta_{xy} = 0.236$ mm; (c) $\delta_{xy} = 0.245$ mm; (d) $\delta_{xy} = 0.253$ mm.

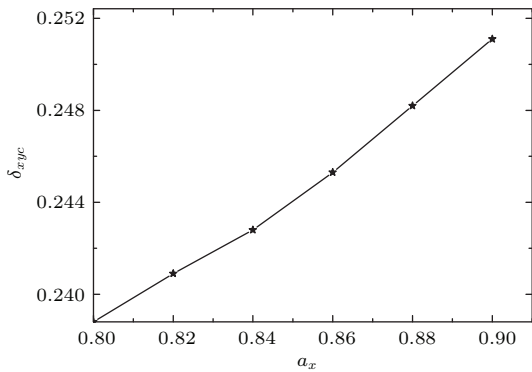


图 4 C 点对湮没所对应的部分相关长度的临界值 δ_{xyc} 随斜率 a_x 的变化

Fig. 4. Critical values δ_{xyc} of annihilation between C points versus spatial correlation length.

同样地, 若变化其余参数, 各谱 Stokes 奇点也有类似的变化规律, 故略去.

4 结 论

本文从交叉谱密度函数的传输公式出发, 推导出部分相干刃型位错光束在自由空间中传输的解析表达式. 利用谱 Stokes 参数的表达式, 研究了其谱 Stokes 奇点随部分相干刃型位错光束的相关长度、斜率、离轴量等光束控制参数以及传输距离的变化规律. 部分相干刃型位错光束在自由空间传输过程中, 存在着矢量 V 点, 谱 s_{12} 奇点 (C 点), s_{23} 奇

点和 s_{31} 奇点. 随着光束控制参数和传输距离的变化, 各谱 Stokes 奇点均会有移动、产生和湮没, 且有 C 点旋向性的反转情况发生. 对于 C 点的湮没(或产生), 总是发生在拓扑电荷相反且旋性相同的 C 点之间, 谱 s_{23} 奇点以及 s_{31} 奇点的湮没(或产生)也是发生在拓扑电荷相反的奇点之间. 不同谱 Stokes 奇点湮没所对应的参数临界值并不相同. 当各参数合适时, C 点与 L 线可能碰撞在一起, 产生 V 点, 在该点的偏振态并不确定. 本文讨论了部分相干刃型位错光束在自由空间传输时谱 Stokes 奇点的演化特性, 深化了对电磁束的偏振奇点变化规律的认识.

参考文献

- [1] Nye J F, Hajnal J V 1987 *Proc. R. Soc. Lond. A* **409** 21
- [2] Soskin M S, Vasnetsov M V 2001 *Prog. Opt.* **42** 219
- [3] Nye J F 1999 *Natural Focusing and the Fine Structure of Light* (Bristol: IOP Publishing)
- [4] Luo Y M, Gao Z H, Tang B H, Lü B D 2014 *Acta Phys. Sin.* **63** 154201 (in Chinese) [罗亚梅, 高曾辉, 唐碧华, 吕百达 2014 物理学报 **63** 154201]
- [5] Konukhov A I, Melnikov L A 2001 *J. Opt. B* **3** S139
- [6] Freund I 2001 *Opt. Lett.* **26** 1996
- [7] Freund I 2002 *Opt. Commun.* **201** 251
- [8] Mokhun A I, Soskin M S, Freund I 2002 *Opt. Lett.* **27** 995
- [9] Freund I, Mokhun A I, Soskin M S 2002 *Opt. Lett.* **27** 545
- [10] Angelsky O, Mokhun A, Mokhun I 2002 *Opt. Commun.* **207** 57
- [11] Angelsky O V, Mokhum I I, Mokhum A I 2002 *Phys. Rev. E* **65** 036602
- [12] Soskin M S, Denisenko V, Freund I 2003 *Opt. Lett.* **28** 1475
- [13] Flossmann F, Schwarz U T, Maier M 2005 *Phys. Rev. Lett.* **95** 253901
- [14] Schoonover R W, Visser T D 2006 *Opt. Express* **14** 5733
- [15] Dennis M R 2008 *Opt. Lett.* **33** 2572
- [16] Felde C V, Chernyshov A A, Bogatyryova G V 2008 *JETP Lett.* **88** 418
- [17] Chernyshov A A, Felde Ch V, Bogatyryova H V 2009 *J. Opt. A: Pure Appl. Opt.* **11** 094010
- [18] Yan H W, Lü B D 2009 *Opt. Lett.* **34** 1933
- [19] Soskin M S, Denisenko V G, Egorov R I 2004 *Proc. SPIE* **5458** 79
- [20] Bliokh K Y, Niv A, Kleiner V 2008 *Opt. Express* **16** 695
- [21] Korotkova O, Wolf E 2005 *Opt. Lett.* **30** 198
- [22] Wolf E 2007 *Introduction to the Theory of Coherence and Polarization of Light* (Cambridge: Cambridge University Press)
- [23] He D, Yan H, Lü B D 2011 *Chin. Phys. B* **20** 014201
- [24] Freund I, Shvartsman N 1994 *Phys. Rev. A* **50** 5164

Spectral Stokes singularities of partially coherent edge dislocation beams*

Zheng Shang-Bin¹⁾ Tang Bi-Hua¹⁾ Jiang Yun-Hai¹⁾ Luo Ya-Mei^{1)2)†} Gao Zeng-Hui²⁾

1) (Department of Biomedical Engineering, Sichuan Medical University, Luzhou 646000, China)

2) (Key Laboratory of Computational Physics, Yibin University, Yibin 644000, China)

(Received 23 June 2015; revised manuscript received 31 August 2015)

Abstract

The polarization singularities in vector wavefields have been extensively studied analytically and experimentally. The polarization singularities can be analyzed by using electromagnetic theory or Stokes parameters, or be described in terms of complex Stokes scalar fields. In some practical applications, partially coherent beams have more advantages than fully coherent beams. Recently, the concept of the polarization singularities has been extended from fully coherent beams to partially coherent beams. In this paper, using the representation of cross-spectral density matrix propagation, the explicit propagation expressions for the partially coherent edge dislocation beams are derived in free space, and based on the spectral Stokes parameters the spectral singularities are studied in detail. It is shown that there exist spectral s_{12} , s_{23} and s_{31} singularities of partially coherent edge dislocation beams in free-space propagation. s_{12} singularities correspond to circular polarization (C -points) of the partially coherent edge dislocation beams, and $s_3 > 0$ ($s_3 < 0$) means right- (left-) handedness, where the orientations of the major and minor axes of the polarization ellipse become undefined. s_{23} and s_{31} singularities must be located on L -lines, where the handedness of the polarization ellipse is undetermined (linear polarization). The motion, creation and annihilation of spectral Stokes singularities may appear in the variation of a controlling parameter, such as off-axis distance, slope of edge dislocation, spatial correlation length, or in the variation of the propagation distance. By suitably varying the spatial correlation length or propagation distance the V -point, the handedness reversal of C -point, creation and annihilation for a pair of oppositely charged spectral singularities take place. The creation and annihilation occur for a pair of s_{12} singularities with opposite topological charge but same handedness. The critical points of the controlling parameters and propagation distance, at which pairs of different spectral singularities annihilate, are not the same. The collision of the C -point and L -line results in a V -point (vector singularity), which is unstable. A small perturbation leads to the handedness reversal. At such a point the state of polarization is undetermined and the degree of polarization $P = 0$. The results obtained in this paper would be useful for a deep understanding of polarization singularities of stochastic electromagnetic beams.

Keywords: partially coherent beam, edge dislocation, spectral Stokes singularity

PACS: 42.25.Bs, 42.25.Ja, 42.25.Kb

DOI: 10.7498/aps.65.014202

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 61275203) and the Natural Science Foundation of the Education Department of Sichuan Province, China (Grant No. 15CZ0017).

† Corresponding author. E-mail: luoluoeryan@126.com