

影响倒装焊 LED 芯片电流分布均匀性的因素分析*

钟广明 杜晓晴[†] 唐杰灵 董向坤 雷小华 陈伟民

(光电技术与系统教育部重点实验室, 重庆大学光电工程学院, 重庆 400044)

(2011 年 7 月 28 日收到; 2011 年 11 月 14 日收到修改稿)

为研究影响倒装 LED 芯片电流密度均匀分布的因素, 建立了芯片的三维有限元电学模型, 采用 COMSOL 有限元仿真方法, 分析了芯片尺寸、电极结构、电流注入点对倒装 LED 芯片电流分布均匀性的影响, 并对相关机理进行了探讨. 研究表明, 芯片尺寸的增加扩展了电流的横向传输路径与横向电阻, 使 LED 芯片电流分布的不均匀性呈指数型恶化; 叉指式电极结构可有效缩短电流传输途径, 增加叉指电极数目有利于电流均匀性的提高; 通过在块状电极上合理设计电流注入点可缩短电流传输路径, 显著提高电流的均匀性.

关键词: 倒装 LED, 有限元分析, 电流分布, 横向电阻

PACS: 78.55.Kz

1 引言

未来发光二极管 (LED) 有可能成为交通灯、移动照明、背光源以及通用照明等各种应用的主流光源^[1,2]. 和传统的光源相比, LED 具有功耗低、寿命较长、机械稳定性能好等许多的优点. 普通照明领域对超高亮度 LED 的应用面不断扩大, 对 LED 芯片输入功率提出了更高要求, 功率型 LED 成为了目前照明领域的发展热点^[3-6]. 倒装结构被认为是实现大功率高亮度 LED 器件的发展趋势之一^[6], 与正装结构相比, 倒装结构 LED 有较大的光出射面积, 允许较大注入电流的同时正向压降较小; 而且倒装 LED 结构的散热性能也优于传统的封装结构^[4,5]. 但是, 倒装 LED 的性能容易受到电流分布不均匀性的影响. 由于倒装 LED 芯片的 p, n 电极在同一侧, 电流注入点附近的 MQWs 的区域出现电流拥挤效应, 导致流过多量子阱 (MQWs) 区电流密度分布不均, 使局部区域出现过热现象, 影响芯片的寿命. 因此解决电流分布均匀是发展倒装 LED 所面临的重要问题之一.

Kim 等人通过理论推导发现在同侧电极的 LED 芯片存在的电流的横向扩展效应, 并用实验证明了横向的电流扩展会导致电流密度的分布不均^[7]; 接下来 Kim 等人又提出, 减小器件尺寸, 有利于减小电流的有小扩散长度, 可以提高电流分布的均匀性^[8], 但是, 芯片的尺寸是朝向大尺寸、高功率方向发展, 所以通过减小芯片尺寸这一方法不适应大功率 LED 的发展; Guo 报到了可以采用叉指电极的方法来解决电流拥挤现象^[9,10], 但是电极结构的参数改变具体如何影响, 要怎样利用以上影响设计出电流密度均匀的芯片却阐述得不是很清楚; Sheu 等人提出可以通过电极优化、提高叉指指数的方法来改善这一问题^[11,12], 但是对叉指的尺寸的设计方面也说得很不清楚; Huang 等人研究了电流注入点 bump 的合理设计可以提高芯片的散热效能^[13], 但没有偏重于从电流密度均匀性角度研究 bump 对电流密度的影响.

对此, 本文同时从优化电极参数和电流注入点角度讨论来改善电流拥挤现象. 建立了倒装焊 LED 芯片的三维有限元电学模型, 采用有限元仿真方法, 分析了芯片的尺寸、电极结构、电流注入

* 国家自然科学基金面上项目 (批准号: 61007030); 重庆市自然科学基金 (批准号: cstcjjA90012) 资助的课题.

[†] E-mail: duxq@cqu.edu.cn

点 (bump, 或称为焊点) 及位置对 LED 芯片电流均匀性的影响, 并对造成相关现象的原因进行了探讨. 旨在从电极结构和电流注入点的优化角度, 为设计电流密度分布均匀的倒装焊 LED 芯片提供理论指导.

2 倒装焊 LED 芯片的电学模型

2.1 LED 芯片三维有限元电学模型

Kim 等人根据前人的研究成果建立了常规 GaN 基 LED 电流扩展的理论推算模型 [8], 如图 1 所示.

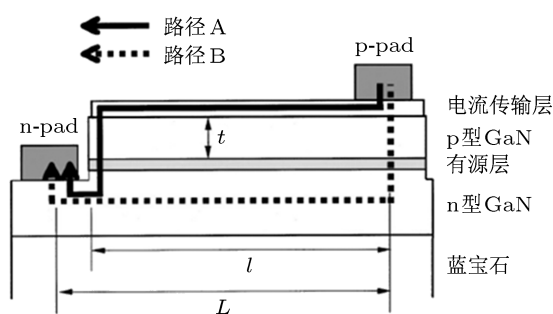


图 1 常规 GaN 基 LED 的电流扩展示意图

Kim 等人利用欧姆定律对临界电流传输通道 A, B 的研究推导出了 A, B 通道的压降 $(V_T)_A$ 和 $(V_T)_B$ 为

$$(V_T)_A = J\rho_t l + J\rho_p l_p + V_j + J\rho_n(L - l), \quad (1)$$

$$(V_T)_B = J\rho_p t_p + V_j + J\rho_n L. \quad (2)$$

将上面两式相减可得

$$\begin{aligned} (V_T)_A - (V_T)_B &= J\rho_t l + J\rho_p t_p + V_j \\ &\quad + J\rho_n(L - l) - J\rho_n L, \\ J(\rho_t - \rho_n)l &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

式中 J 为电流密度, ρ_t , ρ_p , ρ_n 分别为电流扩展层、p 型 GaN 层和 n 型 GaN 层的电阻率, L , l 如图 1 中所示, t_p 为 p 型 GaN 层的厚度, V_j 为 p-n 结的压降.

为了使流经 LED 器件有源区的电流分布最均匀, 要求 $(V_T)_A - (V_T)_B$ 的值接近零, 即 $J(\rho_t - \rho_n)l \approx 0$. 而 J , ρ_t , ρ_n 受芯片尺寸, 材料性质等限制,

那么采用减小 l 的方法来提高电流扩展效应是最有效的措施. 由上式可知, 随着芯片尺寸和注入电流的增大, 倒装功率型 LED 会导致电流密度的分布不均, 由此也带来了一系列诸如内量子效率降低、芯片的局部过热等问题 [5-8], 影响到了 LED 最终的发光效率、发光寿命与稳定性.

COMSOL Multiphysics 是以有限元法为基础, 通过求解偏微分方程 (单场) 或偏微分方程组 (多场) 来实现真实物理现象的仿真, 用数学方法求解真实世界的物理现象的数字仿真软件 [14]. 在 COMSOL 中建立 LED 芯片三维有限元电学模型, 将芯片结构使用等效的原理作以下的等效:

1) 有源层可等效为一个二极管, 其电学特性可以使用肖克利方程描述 [16]

$$J = J_s \exp\left(\frac{eV_i}{nkT} - 1\right), \quad (4)$$

并且其电流密度符合电流的连续方程

$$\nabla \cdot \mathbf{J}(r) + \frac{\partial n}{\partial t} = 0, \quad (5)$$

其中, J_s 是反向饱和电流密度, n 是理想因子, V_i 是 pn 结的压降, $\frac{\partial n}{\partial t}$ 是载流子的复合改变量, $\mathbf{J}(r)$ 是位置 r 的电流密度.

2) 对于其他的材料层 (n-GaN, p-GaN, TCL, Electrode, bump), 忽略其内部的载流子复合, 电学特性符合欧姆定律 [16]

$$\mathbf{J}(r) = -\sigma \cdot \nabla \phi, \quad (6)$$

其中, σ 是材料的电导率, $\nabla \phi$ 是电势的梯度.

当使用大的注入电流时, pn 结的 $I-V$ 特性呈线性, 其关系可以简化为 [13]

$$V_i = \rho_a d_a J(r) + V_0, \quad (7)$$

其中, ρ_a 是有源层的电阻率, d_a 有源层的厚度, V_0 是接触电阻造成的正向的匹配常数.

2.2 LED 芯片电流分布的 COMSOL 仿真

仿真采用大注入电流 100 mA, V_0 为 2.8 V [13], 在大注入条件下, LED 有源层的 $I-V$ 特性满足方程 (4). 仿真采用的芯片参数如表 1 所示 [14,15,18].

在芯片各层的电导率、厚度等参数确定的情况下, 芯片的尺寸、电极的结构成为影响电流密度的主要因素. 我们对以下几种情况进行了研究与建模分析:

1) 采用普通电极结构, 研究芯片尺寸对芯片电学特性的影响. 分别仿真了 $300\ \mu\text{m} \times 300\ \mu\text{m}$ (Trad-300), $575\ \mu\text{m} \times 575\ \mu\text{m}$ (Trad-575); 建模结构如图 2 所示.

材料	厚度 / μm	电阻率 / $\Omega \cdot \text{cm}$
n-GaN	3	5×10^{-3}
MQWs	0.4	5×10^{-2}
p-GaN	0.3	5
TCL	0.4	1×10^{-3}
Electrode	0.6	2×10^{-8}
bump	10	2×10^{-8}

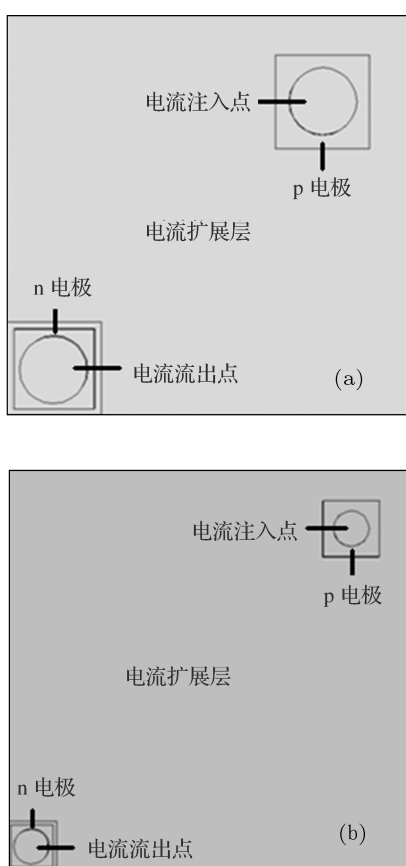


图 2 普通电极结构 (a) $300\ \mu\text{m} \times 300\ \mu\text{m}$; (b) $575\ \mu\text{m} \times 575\ \mu\text{m}$

2) 采用叉指电极结构, 研究叉指电极数目对芯片电学特性的影响. 分别仿真了异侧两叉指 $575\ \mu\text{m} \times 575\ \mu\text{m}$ (Interdi-2-575)、异侧三叉指 $575\ \mu\text{m} \times 575\ \mu\text{m}$ (Interdi-3-575); 建模结构如图 3 所示.

3) 采用大面积块状电极结构, 研究环状电极以及电流注入点 bump 对芯片电学特性的影响. 分别仿真了非环状 $575\ \mu\text{m} \times 575\ \mu\text{m}$ (Block-575) 和环状 $575\ \mu\text{m} \times 575\ \mu\text{m}$ (Block-cir-575) 电极结构的情况; 建模结构如图 4 所示.

以上三种情况再进行纵向比较, 分析电极结构的影响.

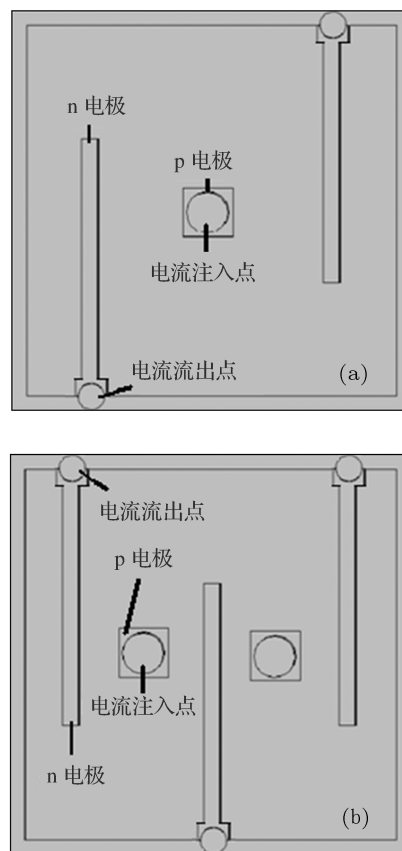


图 3 叉指电极结构 (a) 异侧两叉指; (b) 异侧三叉指

2.3 仿真结果的处理

将电流密度最小值到最大值之间的部分等分为 20 份, 每个等分依据电流密度的大小分别占据不同的区域. 在注入电流为 100 mA, 等电流密度线的分布如下图所示, 单位为 (A/m^2) .

改变芯片尺寸时, 电流密度的变化呈指数型变化, 所以为了量化表征电流密度的分布情况, 将电流密度 j 取对数函数进行归一化,

$$J = \log_N^j, \quad (8)$$

其中 J 为归一化后的电流密度, N 为注入电流为 100 mA 时的电流密度.

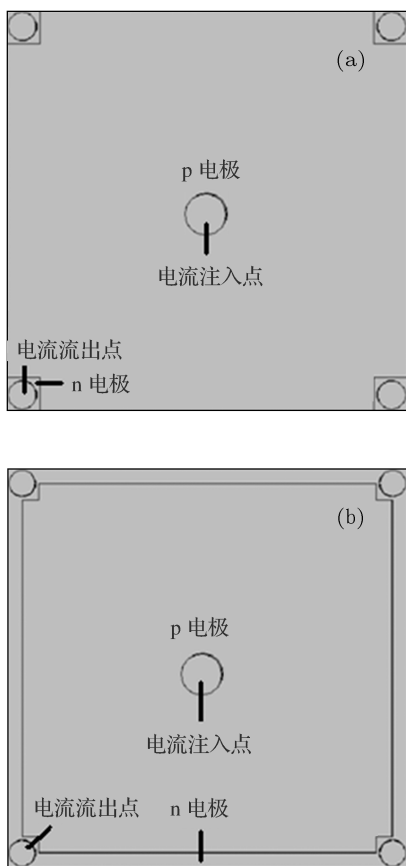


图4 块状电极结构 (a) 非环形; (b) 环形

为了衡量电流分布的均匀性, 采用标准差 $M^{[18]}$ 来进一步分析各种芯片的电流密度分布情况, 它反映芯片不同位置的电流密度相对于电流平均值的散布程度.

$$M = \sqrt{\frac{\Omega \int (J - \bar{J})^2 dS}{S}}, \quad (9)$$

$$\bar{J} = \frac{\Omega \int J dS}{S}, \quad (10)$$

其中 \bar{J} 为归一化后电流密度的平均值, S 为芯片上有效发光面的表面积.

3 仿真结果与分析

3.1 芯片尺寸对电流密度的影响

图5为整个LED芯片的总电流密度线(单位为 A/m^2) 的分布情况, 红色代表电流密度最大的区域, 它出现在 n 电极附近, 可见在 n 电极附近的

电流密度最大, p 电极包围的区域电流密度相对较小, 其他距电极较远区域的电流密度最小. 这是由于 $J = I/A$, 在电流注入、输出点 bump 附近 A 较小, 而距 bump 较远处 A 较大所致; TCL 的电阻率远远小于 n-GaN, 所以 p-bump 附近的电流密度小于 n-bump 附近的电流密度, 这与 Guo 的实验结果是相符的 [9], 如图6所示. 离台面的距离越远, 发光强度越弱, 这是由于整个器件各层的参与复合电流都向着 n 电极处集中, 光产生是由电流中的电子空穴复合, 所以光强较大的区域电流较大. 由

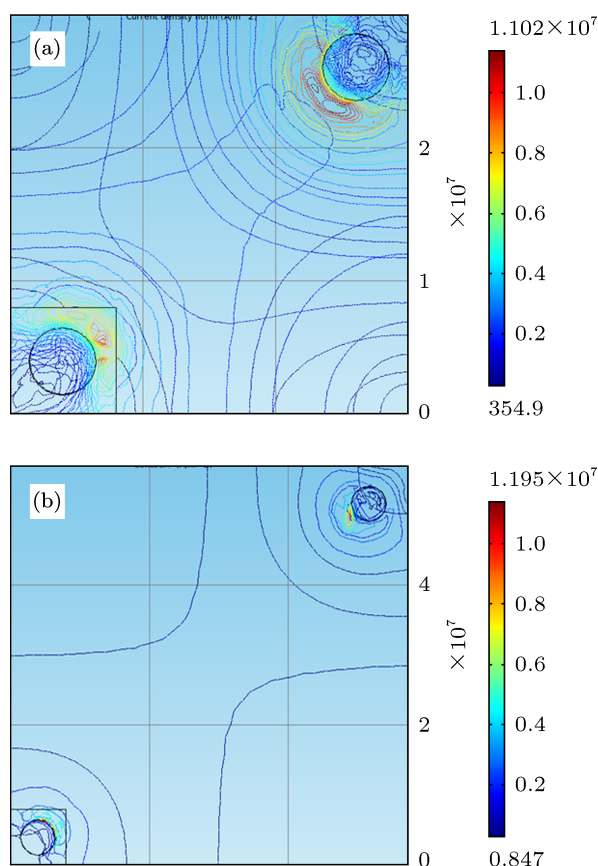


图5 不同芯片尺寸下的电流密度分布(采用普通电极结构) (a) $300 \mu m \times 300 \mu m$; (b) $575 \mu m \times 575 \mu m$

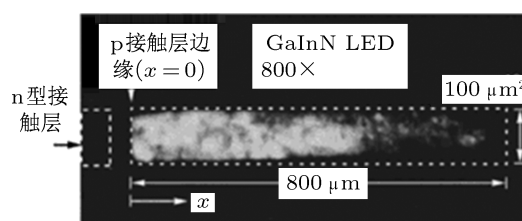


图6 显微镜下观察到的台面结构的光发射图

图 5 可知, 尺寸为 $575 \mu\text{m} \times 575 \mu\text{m}$ 芯片比尺寸为 $300 \mu\text{m} \times 300 \mu\text{m}$ 的最小电流密度小三个数量级. 伴随芯片尺寸的增大, 台面附近的电流密度的梯度也增加的较快, 导致很多等电流密度线重合了, 所以可以看到等电流密度线较少. 对芯片电流密度分布标准差和正向电压进行计算, 结果如表 2 所示. 可以看出, 随着芯片面积的增大, 电流密度分布标准差增大, 正向压降增大, 说明电流均匀性下降, 芯片功耗增加.

表 2 具有不同尺寸的 LED 芯片电学计算结果 (采用普通电极结构)

LED 结构	标准差 M	最大正向电压 /V
Tradt-300	0.44	3.158
Tradt-575	1.37	3.182

为使 LED 器件有源区的电流扩展最均匀, 要求不同电流传输通道的电压 $(V_T)_A - (V_T)_B$ 的值接近零 [8], 即 $J(\rho_t - \rho_n)l = 0$, J, l 应尽量小, 并且 ρ_t, ρ_n 应尽量接近. 功率型 LED 的芯片的注入电流较大, 所以 J 也较大, 通过减少电流密度的方法对于功率型 LED 是不可行的; 从理论上讲, 还可以通过增大 n 型 GaN 层的电导率, 从而减小电流横向流动的电阻, 使 ρ_t, ρ_n 的值尽量接近来增加电流均匀性. 但是随着 n 型层掺杂浓度的提高, 外延层质量会下降, 载流子散射严重, 电导率下降, 所以也不能通过提高 n 型 GaN 掺杂浓度的办法完全解决电流拥挤问题 [9]. 另外一个解决方法就是优化电极几何形状 [10], 通过改变电流通道路径, 减小电流在 n-GaN 层中传播的距离 l 与横向电阻, 提高电流均匀性. 在多种优化电极结构中, 叉指电极得到了最为广泛的应用.

3.2 叉指电极结构对电流密度的影响

分别采用异侧两叉指和异侧三叉指电极结构, 对电流密度进行了模拟, 如图 7 所示; 并对其电流分布标准差和正向电压进行计算后的结果如表 3 所示. 可以看到, 在同样的芯片尺寸下, 相对于传统的电极结构, 叉指结构会对电流扩展有明显的改善, 反映电流密度分布均匀性的标准差也明显小于 Tradt-500.

根据电流密度随距离的变化 [11]

$$J(x) = J(0) \exp(-x/L_s), \quad (11)$$

式中 $J(0)$ 是台面处的电流密度, L_s 是电流横向扩展长度, 即当电流密度将为原来的 $1/e$ 时距台面的长度. 存在 $J(L_s) = J(0)/e$, 当电流扩展的长度 $x < L_s$ 时可认为电流是均匀扩展. 设图 7(a) 中的电流从 p 电极扩展到到 n 电极的平均距离为 l_2 , 图 6(b) 中电流从 p 电极扩展到到 n 电极的平均距离 l_3 , 由图明显可知 $l_2 > l_3$, 三叉指电极结构的芯片有更多的可选择的低电阻电流传输通道, 因此, 对于叉指结构电极 [8-14], 叉指的数目越多对电流的扩展就会越好.

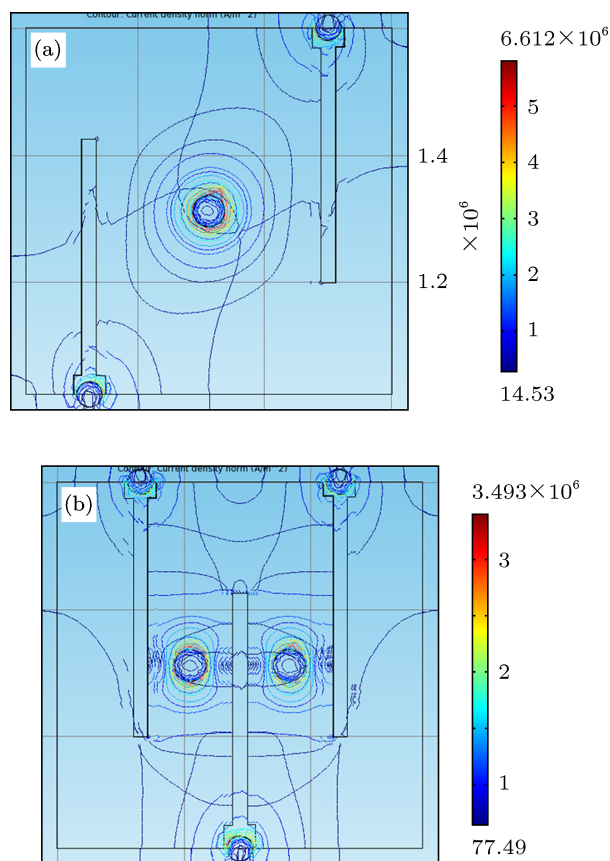


图 7 叉指电极结构的电流密度分布 (a) 两叉指; (b) 三叉指

表 3 具有叉指电极结构的 LED 芯片电学计算结果 (采用普通电极结构)

LED 结构	标准差 M	最大正向电压 /V
Interdi-2-575	0.53	3.007
Interdi-3-575	0.47	2.932

Wataru Ochiai 等人的实验结果显示,如图 8 所示,同侧叉指结构在 p 电极区域的宽度为 50 μm 时,可以得到较均匀的电流密度分布 [20],我们采用的异侧叉指结构在 p 电极宽度为 70 μm 时已达电流密度分布均匀. 这是因为同样芯片面积条件下, $l_{\text{Df}} < l_{\text{Sm}}, l_{\text{Df}}, l_{\text{Sm}}$ 分别为异侧、同侧叉指电极结构下电流从 p 电极扩展到 n 电极的长度.

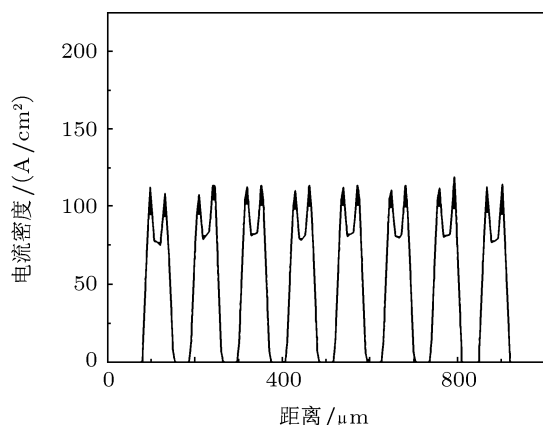


图 8 宽度为 50 μm 的 p 电极有源层中电流密度分布

对于传统的电极结构,其等效电阻为各个导电层的串联电阻,可表示为

$$R = R_c + R_p + R_M + R_n, \quad (12)$$

其中 R 为块状电极的等效电阻, R_c, R_p, R_M, R_n 分别为 TCL 层, p-GaN, MQWs, n-GaN 层的等效电阻. 而对于叉指电极结构,其等效电阻为 N 个叉指电极结构的并联电阻 [21],可表示为

$$\begin{aligned} R' &= \frac{1}{N} \left(\frac{\rho_c \cdot t_c}{W \times L/N} + \frac{\rho_p \cdot t_p}{W \times L/N} \right. \\ &\quad \left. + \frac{\rho_M \cdot t_M}{W \times L/N} + \frac{\rho_n \cdot L/N}{W \times t_n} \right) \\ &= R_c + R_p + R_M + \frac{1}{N^2} R_n, \end{aligned} \quad (13)$$

其中 $\rho_c, \rho_p, \rho_M, \rho_n$ 分别为 TCL 层, p-GaN, MQWs, n-GaN 层的电阻率, t_c, t_p, t_M, t_n 分别为 TCL 层, p-GaN, MQWs, n-GaN 层的厚度, L 为 p-bump 到 n-bump 的平均横向距离. 相对于传统非叉指电极结构的芯片,叉指电极结构芯片的压降较小;并且随叉指数目增加,芯片的压降减小.

叉指结构电极能够改善芯片的电流拥挤,且异侧叉指电极结构要好于同侧叉指电极结构,叉指数目的增加虽能改善电流拥挤,但是需要注意的是,

同时也伴随有源区面积的减小,发光面积减少,总的发光强度下降;过多的叉指结构也会造成制作掩模板、光刻工艺过程的复杂化,增加商业成本. 所以在保证一定电流均匀性的基础上,适当设计叉指电极数目尤为重要,需要在电流分布与有源区发光面积之间进行平衡选取.

3.3 电流注入点 bump 对电流密度的影响

在倒装结构中,电流注入点 bump 除起到电流注入与输出的作用外,还是芯片的主要散热通道,所以 bump 数目的选择和位置规配非常重要. 较之于 Tradit-575,块状电极结构有较大的电极面积(与 TCL 窗口层的面积相同)和较多的 bump(四个电流输出点),分别对块状非环形与环形电极结构的芯片进行模拟,如图 9 所示;对应的电流分布标准差和正向电压如表 4 所示. 由图 9 和表 4 可知,即使不使用叉指结构的电极,在大面积块状电极上合理配置 bump 同样能够得到电流分布均匀的芯片.

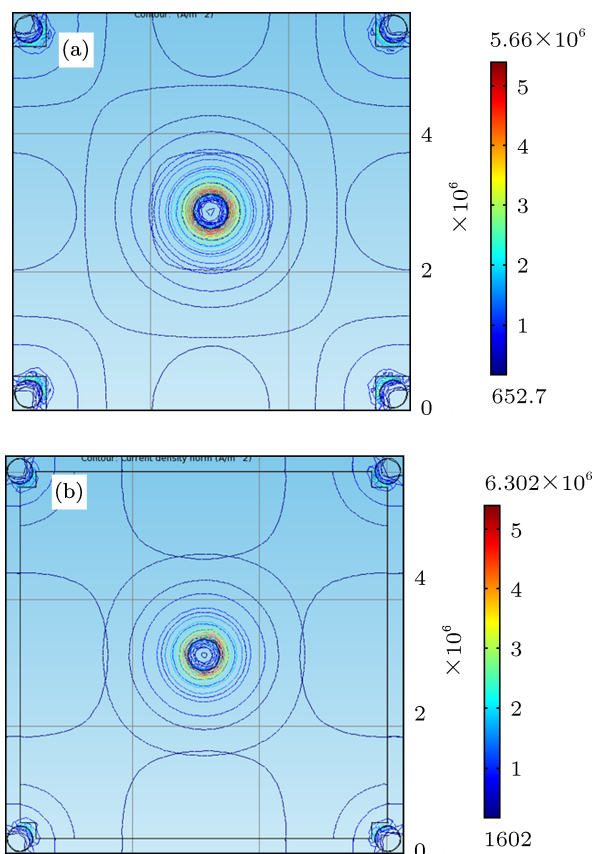


图 9 块状电极结构的电流密度分布 (a) 非环状块状电极结构; (b) 环状块状电极结构

表 4 具有块状电极结构的 LED 芯片电学计算结果

LED 结构	标准差 M	最大正向电压 /V
Block-575	0.34	2.982
Block-cir-575	0.31	2.985

由焦耳定律可知^[19]

$$Q = I^2 \cdot R \cdot T, \quad (14)$$

Q, I, R, T 分别是所产生的热量、流过的电流、等效阻值、时间段. 有电流流过的区域就会有热产生, 所以可以用电流的大小来反映产生热的多少, 反过来, 也可以用产热的均匀性来反映电流密度的均匀性. 图 10 为倒装芯片的热学仿真效果图, 图 10(a) 为传统的 bump 结构, 图 10(b) 为保持电极

结构和 9 个 p-bump 的位置不变, 将处在边上的 4 个 n-bump 移置 n 电极枝条的末端的结构图^[13]. 由图可知, 图 10(b) 的热学分布均匀性要好于图 10(a), 也可以得出图 10(b) 的电流均匀性要好于图 10(a) 的结构.

由于多 bump 结构, 缩短了电流注入点与电流输出点之间的距离, 进而也缩短电流在 n-GaN 层中的平均传输距离 L , 其等效的电阻 R' 也可等效为 (13) 式, 其中 N 为 n-bump 的数目, 进而降低正向的压降. 而且, 环形电极结构芯片的电流密度的均匀性要好于非环形电极结构, 更优于传统的电极结构, 且正向的电压也较低, 这可解释为电极结构呈环形, 具有更多阻值较低的电流传输通道, 电流横向扩展长度 l 较小.

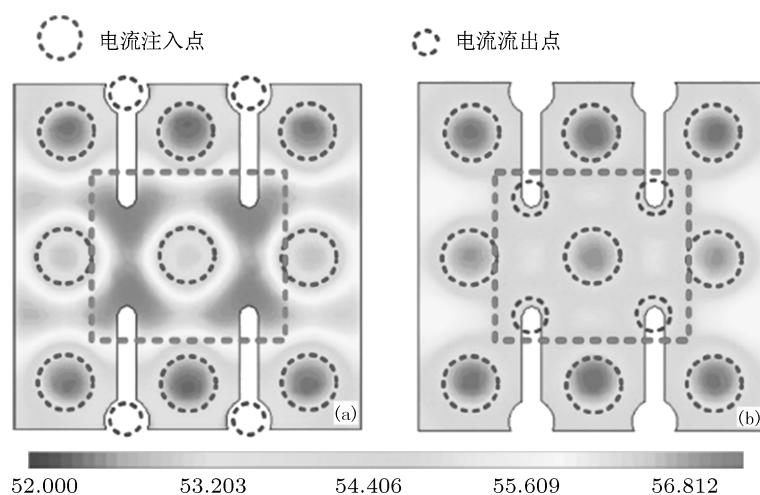


图 10 有源层中温度的仿真结果分布

4 结论

随着功率型 LED 芯片面积的增大, 芯片总体的等效电阻增大, 电流横向扩展长度和平均传输长度都增加, 这分别导致芯片的电流分布的非均匀性和正向电压随之增加, 进而导致芯片的功耗与不稳定性增加. 通过研究不同电极结构的倒装焊芯片电流分布特性及其内在影响因素, 发现叉指和块状电极多 bump 结构由于具有相对较短的电流传输路径, 因此能获得更好的电流分布均匀性;

并且由于芯片的等效电阻相应较低, 因此具有较小的正向压降与功耗; 叉指数目、bump 数目的增加, 以及环形电极的使用都有利于电流密度均匀性的提高.

当设计尺寸较大的芯片时, 应使异侧叉指结构 p 电极的宽度小于 $70 \mu\text{m}$, 同侧叉指结构 p 电极的宽度小于 $50 \mu\text{m}$, 在封装工艺允许的情况下, 适当的布置注入点 bump 位置与合适的 bump 数目, 有利于均匀电流, 也有利于加快散热.

- [1] Schubert E F, Kim J K 2005 *Science* **308** 1274
- [2] Xing Y H, Han J, Deng J, Li J J, Shen G D 2010 *Acta Phys. Sin.* **59** 1233 (in Chinese) [邢艳辉, 韩军, 邓军, 李建军, 徐晨, 沈光地 2010 物理学报 **59** 1233]
- [3] Horng R H, Chiang C C, Wu D S 2009 *Electrochem Solid-State Lett.* **12** H222
- [4] Malyutenko V K, Bolgov S S, Podoltsev 2010 *A. D. Applied Physics Letters* 97
- [5] Zhao D G, Zhou S H 2007 *Acta Phys. Sin.* **56** 5513 (in Chinese) [赵德刚, 周梅, 左淑华 2007 物理学报 **56** 5513]
- [6] Lee J R, Na S I, Jeong J H 2005 *Electrochem. Soc.* **152** G92
- [7] Hyunsoo Kim, Park Seong Ju 2000 *Applied Physics Letters* **81** 1326
- [8] Hyunsoo Kim, Seong Ju Park 2001 *IEEE Transactions on Electron Devices* **48** 1065
- [9] Guo X, Schubert E F 2001 *Applied Physics Letters* **78** 3337
- [10] Lee Song Jae 2004 *Proc of SPIE* **5530** 345
- [11] Sheu G J, Hwu F S 2008 *The Electrochemical Society* **155** H836
- [12] Kim M H, Schubert M F, Dai D, Kim J K 2007 *Appl. Phys. Lett.* **91** 183507
- [13] Huang S J, Wu H, Fan B F, Zhang B J 2010 *Journal of Applied Physics* **107** 1
- [14] Wikipedia, 2011 http://en.wikipedia.org/wiki/COMSOL_Multiphysics
- [15] Ebong A, Arthur S, Downey E 2003 *Solid-State Electronics* **47** 1817
- [16] Neamen D A 2010 *Semiconductor Physics and Devices* (Beijing: Publishing House of Electronics Industry) p20—p70
- [17] Sheng J, Xie S Q 2005 *Probability and Mathematical Statistics* (Beijing: Higher Education Press) p50—p70 (in Chinese) [盛骤, 谢式千 2005 概率论与数理统计 (北京: 高等教育出版社 50—70 页)]
- [18] Yi X Y, Guo J X 2006 *Journal of Optoelectronics-Laser* **16** 693
- [19] Wikipedia, 2011 http://en.wikipedia.org/wiki/Joule's_laws
- [20] Wataru Ochiai, Ryosuke Kawai, Atsushi Suzuki 2009 *Phys. Status Solidi C* **6** 1417
- [21] Zhang J M, Zou D S, Xu C, Gu X L, Shen G D 2007 *Acta Phys. Sin.* **56** 6004 (in Chinese) [张剑铭, 邹德恕, 徐晨, 顾晓玲, 沈光地 2007 物理学报 **56** 6004]
- [22] Xu B, Yu Q X, Wu Q H, Liao Y, Wang G Z, Fang R C 2010 *Acta Phys. Sin.* **59** 1233 (in Chinese) [徐波, 余庆选, 吴气虹, 廖源, 王冠中, 方容川 2010 物理学报 **59** 1233]

Analysis of influencing factors on current spreading of flip-chip light-emitting diodes (LEDs)*

Zhong Guang-Ming Du Xiao-Qing[†] Tang Jie-Ling Dong Xiang-Kun
Lei Xiao-Hua Chen Wei-Min

(Key Laboratory of Optoelectronic Technology and Systems of the Education Ministry of China, College of Optoelectronic Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

(Received 28 July 2011; revised manuscript received 14 November 2011)

Abstract

In order to research the factors that affect the current uniformity of flip-chip LEDs, the three-dimensional model of LED chip is established by the finite-element analysis software COMSOL4.0. The influences of chip size, electrode structure and current injection bump on the electrical property of the LED are investigated. The simulation results show that the non-uniform current distribution of LED chip changes exponentially with the increase of the chip size. Interdigitated electrode structure can reduce the lateral resistance effectively by shorting the channel that current flows through. The reasonable design of the bump on the block electrode can also make current even by reducing the lateral resistance.

Keywords: flip-chip light-emitting diodes(FC-LEDs), finite element analysis (FEA), current spreading, lateral resistance

PACS: 78.55.Kz

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 61007030), and the Natural Science Foundation of Chongqing (Grant No. cstcjjA90012).

[†] E-mail: duxq@cqu.edu.cn