

材料、结构及工艺

大阵列 CCD 光刻图形拼接技术研究

李 佳, 高建威, 袁安波, 杨修伟, 杨 洪

(重庆光电技术研究所, 重庆 400060)

摘 要: 针对大阵列 CCD 工艺制作过程中光刻大面积图形曝光的需求, 提出了一种适用于光刻拼接的图形补偿方法。图形拼接处进行相反的补偿设计 $0.3 \mu\text{m}$ “凹陷”, 曝光时拼接交叠 $0.3 \mu\text{m}$ 。光刻后, 图形拼接处平滑、自然过渡, 图形整体上拼接自然, 较好地解决了光刻大面积图形曝光存在的固有图形缺陷问题, 改善了光刻曝光图形的质量。

关键词: 大阵列; CCD; 光刻; 拼接; 图形

中图分类号: TN386.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5868(2015)06-0936-03

Study on Lithography Pattern Stitching of Large Array CCD

LI Jia, GAO Jianwei, YUAN Anbo, YANG Xiuwei, YANG Hong

(Chongqing Optoelectronics Research Institute, Chongqing 400060, CHN)

Abstract: For the exposure requirements of large area lithography patterns, a graphical compensation method was proposed suitable for lithography stitching in CCD fabrication process. In the stitching points, opposite compensation design of “depression” of $0.3 \mu\text{m}$ and stitching overlap of $0.3 \mu\text{m}$ in the exposure was applied. After the lithography, the stitching pattern is smooth and transits naturally, and the problem of pattern defect can be solved in the large area lithography pattern, thus the quality of lithography patterns is effectively improved.

Key words: large array; CCD; lithography; stitching; pattern

0 引言

电荷耦合器件 (CCD; Charge Coupled Devices) 在军事、天文观测、空间探测、工业监控及安防监控等领域有着广泛的应用^[1-2]。随着对 CCD 图像传感器研究的不断深入和制造工艺水平的不断提高, CCD 朝着更大像元规模、更大阵列尺寸的方向发展 (线列 CCD 芯片长度大于 81 mm , 面阵 CCD 芯片尺寸大于 $95 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$), 以满足日益增长的应用需求。虽然制作大阵列 CCD 芯片所用的晶圆片能够满足其尺寸要求, 但是光刻机的最大曝光视场达不到制作大阵列 CCD 芯片的要求。由于光刻机最大曝光视场的限制, 光刻不能通过一次曝光将掩模版上一个完整的 CCD 图形转移到晶圆片上, 需要采用拼接曝光^[3-4]的方式进行光刻工艺制作。仅依靠光

刻机的精确定位对图形进行拼接, 图形拼接处可能产生变形、不连贯、线条变宽或变窄等图形缺陷问题^[5], 特别是需要刻蚀的大面积图形光刻层次, 刻蚀工艺后会进一步放大光刻拼接曝光产生的图形缺陷, 严重影响工艺制作图形质量, 影响大阵列 CCD 性能指标。

为解决大阵列 CCD 芯片光刻拼接曝光过程中, 图形拼接处产生的变形、不连贯、线条变宽或变窄等图形缺陷问题, 本文开展了光刻图形拼接技术研究, 提出了一种满足大阵列 CCD 工艺制作要求的光刻拼接图形补偿方法。

1 拼接原理

拼接曝光就是把两个或多个图形曝光拼接成一个完整的图形, 如图 1 所示。在光刻掩模版制作时, 将大阵列 CCD 芯片划分为若干个小于或等于光刻

收稿日期: 2014-12-30.

机最大曝光视场的拼接图形, 分别对各个拼接图形进行曝光, 即可完成一个大阵列 CCD 芯片的曝光。

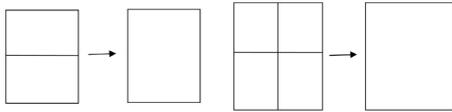


图 1 光刻拼接示意图

采用拼接曝光制作大阵列 CCD 芯片时, 对各个拼接图形制作相应的光刻掩模版, 在对不同的拼接图形曝光时采用相对应的光刻掩模版。通过多次的图形拼接曝光(即多块光刻掩模版图形的拼接), 得到大阵列 CCD 芯片。工艺制作中, 完整的 CCD 芯片制作需要进行十几次光刻工艺, 而在进行图形拼接曝光时, 虽然光刻机的定位技术可以保证掩模版上图形复制到晶圆上位置的定位精度, 但 CCD 拼接图形产生的固有图形缺陷经过多次光刻的叠加, 严重影响大阵列 CCD 芯片的性能和质量。CCD 完成制作后, 肉眼可观察到晶圆片上明显的拼接痕迹, 与制作光刻掩模版图形切割位置一致; 在 CCD 成像时, 相应拼接图形位置会产生固定图形噪声, 影响 CCD 成像质量。

2 常规拼接对图形线宽的影响研究

为了保证图形的完整性, 光刻拼接时采用图形交叠的方式。这样, 光刻曝光时图形拼接交叠区域就会重复曝光, 因此需要评价图形拼接处重复曝光对图形线宽尺寸的影响。

选择线宽尺寸为 $3.0\ \mu\text{m}$ 的密集线条图形, 利用步进光刻机重复曝光, 模拟图形拼接过程。在曝光程序中, 设置晶圆片一部分图形正常曝光, 另一部分模拟图形拼接交叠区域重复曝光。光刻后, 采用高精度线宽测试仪对图形进行观测, 经对比分析, 正常曝光图形与模拟拼接交叠区域重复曝光图形的线条形貌、两侧光刻胶陡直度均满足工艺制作要求, 无明显差异, 线宽测试数据见表 1。

表 1 $3.0\ \mu\text{m}$ 图形的线宽测试数据

	1#	2#	3#	4#	5#	6#
未拼接处图形尺寸/ μm	2.97	2.96	2.98	2.99	2.97	2.99
拼接处图形尺寸/ μm	2.56	2.62	2.61	2.59	2.56	2.57

可见, 在相同的工艺制作条件下, 图形拼接交叠区域线宽相对于未拼接处图形线宽尺寸偏小, 即图形拼接交叠区域重复曝光会造成图形线宽尺寸的损失。

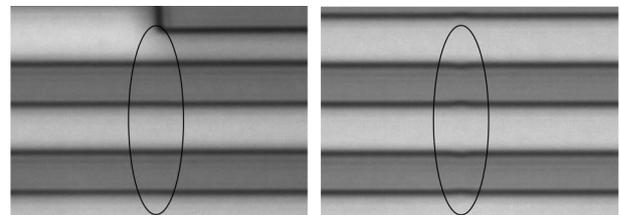
3 图形拼接交叠及补偿优化设计

为解决上述问题, 在进行光刻图形拼接交叠及图形补偿设计时, 线条两端拼接处进行“凹陷”的拼接补偿设计, 线条两端拼接处“凹陷”图形的横向尺寸和纵向尺寸相同, 线条两端形成“凸”型, 如图 2 所示。优化研究过程中, “凹陷”图形有三种设计方案, 分别是“凹陷” $0.3\ \mu\text{m}$ 、“凹陷” $0.4\ \mu\text{m}$ 和“凹陷” $0.5\ \mu\text{m}$, 对比评价不同设计方案的线条质量。

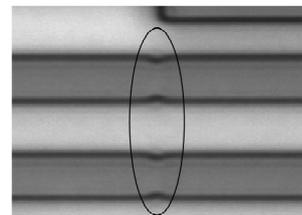


图 2 拼接补偿设计示意图

第一种设计方案, 线条两端拼接处“凹陷” $0.3\ \mu\text{m}$, 曝光时拼接处交叠 $0.3\ \mu\text{m}$; 第二种设计方案, 线条两端拼接处“凹陷” $0.4\ \mu\text{m}$, 曝光时拼接处交叠 $0.4\ \mu\text{m}$; 第三种设计方案, 线条两端拼接处“凹陷” $0.5\ \mu\text{m}$, 曝光时拼接处交叠 $0.5\ \mu\text{m}$ 。工艺制作后, 采用高精度线宽测试仪进行观测, 不同设计方案的图形拼接效果如图 3 所示, 图中圆圈内为图形拼接区域。



(a) 第一种设计方案 (b) 第二种设计方案



(c) 第三种设计方案

图 3 不同设计方案的拼接效果

可见, 对于第二种和第三种设计方案, 图形拼接处存在不同程度的变形、不连贯和线条不平滑的情况。而对于第一种实验方案, 图形拼接处平滑、无明显拼接痕迹, 拼接处与未拼接处线条形貌基本一致, 实现了大面积曝光图形拼接处的平滑、自然过渡。

采用优化后的图形拼接交叠及补偿设计方法进

行大阵列 CCD 工艺制作, 单次光刻工艺制作图形质量得到改善, 十几次光刻工艺制作完成后, 晶圆片上无拼接痕迹。经 CCD 成像测试验证, 该拼接方法消除了拼接引起的图形缺陷产生的固定图形噪声, 提高了大阵列 CCD 成像质量。

4 结论

本文以线宽尺寸为 $3.0\ \mu\text{m}$ 的密集线条图形为对象, 研究了光刻拼接对图形质量的影响, 进一步对图形拼接进行了补偿及交叠优化设计。经工艺验证, 对拼接处图形进行相反的补偿设计, 线条两端“凹陷” $0.3\ \mu\text{m}$, 形成“凸”型, 曝光拼接交叠 $0.3\ \mu\text{m}$ 时, 拼接处线条边缘无变形, 过渡平滑, 图形整体上拼接自然。与常规拼接方法相比, 这种拼接补偿方法具有更好的拼接效果, 可以解决大面积图形拼接曝光存在的固有图形缺陷问题, 提高了光刻曝光图形的质量。

参考文献:

- [1] 韩卫华, 钱光第. CCD 图像传感器新技术与发展方向[J]. 网络传播与技术, 2007(2):70-71.
Han Weihua, Qian Guangdi. The new technology and the development direction of CCD image sensor[J]. J.

(上接第 924 页)

参考文献:

- [1] Klein B, Montoya J, Gautam N, et al. Selective InAs/GaSb strained layer superlattice etch stop layers for GaSb substrate removal[J]. Appl. Phys. A, 2013, 111(2): 671-674.
[2] Wen Lei, Gu R J, Antoszewski J, et al. GaSb: a new alternative substrate for epitaxial growth of HgCdTe[J]. J. Electron. Mater., 2014, 43(8): 2788-2794.
[3] Nishi K, Yokoyama M, Yokoyama H, et al. Operation of the GaSb p-channel metal-oxide-semiconductor field-effect transistors fabricated on (111)A surfaces[J]. Appl. Phys. Lett., 2014, 105(23):233503-233503-4.
[4] Ehsani H, Lewis N, Nichols G J, et al. Effect of substrate surface defects and Te dopant concentration on crystalline quality and electrical characteristics of AlGaAsSb epitaxial layers[J]. J. Crystal Growth, 2006, 291(1):77-81.
[5] Liu Z Y, Hawkins B, Kuecha T F. Chemical and structural characterization of GaSb100 surfaces treated

- [2] 米本和也. CCD/CMOS 图像传感器基础与应用[M]. 陈榕庭, 彭美桂, 译. 北京: 科学出版社, 2006.
米本和也. The Basis and Application of CCD/CMOS Image Sensor [M]. Chen Rongting, Peng Meigui, Translation. Beijing: Science Press, 2006.
[3] Chu J K, Meng F T, Han Z T, et al. Large area mold fabrication for the nanoimprint lithography using electron beam lithography[J]. Science in China, 2010, 53(1):248-252.
[4] Yu Bin, Jia Wei, Zhou Changhe, et al. Grating imaging scanning lithography[J]. Chinese Opt. Lett., 2013 (08):11-13.
[5] 朱江平, 胡松, 于军胜, 等. 一种适用于数字微镜无掩模光刻的图形拼接方法[J]. 中国激光, 2012, 39(6):229-233.
Zhu Jiangping, Hu Song, Yu Junsheng, et al. A graphic matching method for digital micromirror device maskless photolithography[J]. Laser in China, 2012, 39(6):229-233.

作者简介:

李佳(1984—), 女, 陕西西安人, 毕业于西安电子科技大学微电子学院, 硕士, 工程师, 主要从事 CCD 工艺研究。

E-mail: lijia.1010@163.com

by HCl-based solutions and annealed in vacuum[J]. Am. Vac. Soc., 2003, B21(1):71-77.

- [6] Bermudez V M. The effects of the initial stages of native-oxide formation on the surface properties of GaSb (001) [J]. J. Appl. Phys., 2013, 114(2): 024903.
[7] Lee K K, Doyle K, Chai J, et al. X-ray photoelectron spectroscopy study of oxide removal using atomic hydrogen for large-area [II-V] material growth[J]. J. Electron. Mater., 2012, 41(10):2799-2809.
[8] Osman E A, Allain J P, Suslova A. The effect of native oxide on ion-sputtering-induced nanostructure formation on GaSb surfaces[J]. Appl. Phys. Lett., 2012, 101(25):1606-1610.

作者简介:

程雨(1989—), 女, 黑龙江大庆市人, 硕士生, 主要从事 GaSb 单晶衬底表面化学组成及缺陷的研究。

E-mail: zhaoyw@semi.ac.cn