**1.2 研究现状及发展趋势**

**1.2.1 芯片标识识别**

集成电路（Integrated Circuits，IC）又称为芯片，是电子设备中的重要组件。芯片表面上印刷着数字、字母等符号组成的标识，代表着生产厂商、版本、识别代码等内容。芯片标识识别指准确识别芯片表面印刷的标识符号，用于追踪芯片的生产参数等信息，对后续的芯片封装以及芯片整体的质量保证至关重要。本项目组对国内外相关研究文献进行梳理，将芯片标识识别划分为图像预处理、字符定位、字符分割与字符识别四个步骤。图像预处理阶段通过各种方法减弱光照、对比度等因素对图像中标识的影响。字符定位阶段检测出图像中的字符并对其进行定位。字符分割阶段对检测出的字符进行分割，得到一个个的单个字符。字符识别阶段对分割后的单个字符进行识别。

早期的芯片标识识别方法主要是模板匹配。模板匹配为每个字符设置一个标准模板图像，将需识别的字符与模板进行匹配，相似度最高的模板即为最终的匹配结果。模板匹配方法需要人工设计模板，且不适用于背景复杂的图像。为了提高识别效果，文献[2,5]在其识别速度方面做出了改进，文献[3,4,20]对匹配前的预处理及定位步骤进行研究并改进，文献[6,19]针对字符分割和模板匹配方法进行优化。随着对机器学习研究的不断深入，研究人员开始使用支持向量机（Support Vector Machine, SVM）、随机森林（Random Forest，RF）、人工神经网络（Artificial Neural Network，ANN）等机器学习方法对字符进行分类识别，取得了比模板匹配更好的效果，但只适用于单字符识别。文献[7]把字符识别看作分类问题并使用CNN对其进行分类。文献[8,9]使用SVM对IC字符进行识别。文献[10]使用随机森林进行标识检测。随着硬件设备的迅速发展，深度学习方法逐渐受到人们关注并成为字符识别的主流方法。深度学习方法能够学习到图像中的高维特征[1]，能以词汇或者行为单位进行识别，大大提高了识别效率和鲁棒性。在将深度学习应用到芯片标识识别的过程中，文献[17]在经过预处理、定位、分割并校正方向后使用BP神经网络进行芯片标识识别。文献[18]针对小样本场景下的识别做出了改进。文献[21,22,23,24,25]关注于分割和识别方法并对其做出改进。文献[24]从定位、分割方法进行优化。文献[26]结合2D与3D图像对PCB元器件字符进行识别。为满足工业生产环境下的需求，文献[27,28]针对标识倾斜、识别速度较慢、工业环境下图片质量低、数量少的问题进行优化。

严格意义上来说，芯片标识识别隶属于光学字符识别（Optical Character Recognition，OCR）的范畴，研究人员在光学字符识别领域所做出的一些研究也可以用于芯片标识识别。在对文本进行识别时，研究人员对识别所用的网络不断进行改进，这些改进后的网络结构可以作为芯片标识识别任务的识别网络。文献[11]使用卷积循环神经网络和CTC损失函数[12]进行文本识别。文献[13]使用空间变换网络（Spatial Transformer Networks，STN）对不规则文本区域进行校正并识别，ASTER算法[14]将STN校正和序列识别网络相结合，进一步提高了识别准确率。文献[15]对STN使用额外的监督并在数据集中标记一部分转换参数。文献[16]提出的ScRN通过文本的几何属性约束来校正文本。

综合国内外研究人员对芯片字符识别做出的研究，集中在对字符分割、方向校正、网络结构等部分进行优化，但实际生产环境中往往面临着可使用数据较少、数据分布不统一、待识别芯片较多等问题，同时对识别速度也有着较高的要求。随着研究的不断深入，融合多域数据、在线高速识别将成为今后的研究和实践中需要进一步解决的问题。

**参考文献**（包括正文文献）

1. 王建新,王子亚,田萱.基于深度学习的自然场景文本检测与识别综述[J].软件学报,2020,31(05):1465-1496.DOI:10.13328/j.cnki.jos.005988.
2. Maclean J , Tsotsos J . Fast pattern recognition using gradient-descent search in an image pyramid[C]// International Conference on Pattern Recognition. IEEE, 2000.
3. Ganapathy K , Fernando C G , Davari A . Fast character recognition system using expert systems[C]// Symposium on System Theory. IEEE Xplore, 2005.
4. Jiang B C , Tasi S L , Wang C C . Machine vision-based gray relational theory applied to IC marking inspection[J]. Semiconductor Manufacturing IEEE Transactions on, 2002, 15(4):531-539.
5. Chen S H, Liao T T. An automated IC chip marking inspection system for surface mounted devices on taping machines[J]. 2009.
6. 邵俊豪. 复杂背景下晶圆标识符识别系统研究[D].哈尔滨工业大学,2021.
7. Jaderberg M , Simonyan K , Vedaldi A , et al. Reading Text in the Wild with Convolutional Neural Networks[J]. International Journal of Computer Vision, 2016, 116(1):1-20.
8. Fan J, Haotian L, Bing B, et al. Automatic IC character recognition system for IC test handler based on SVM[C]//2016 8th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC). IEEE, 2016, 2: 239-242.
9. 王文平. 基于Halcon的芯片字符识别[D].大连交通大学,2018.
10. Jian C W, Ibrahim M Z, Seong T W, et al. Embedded character recognition system using random forest algorithm for IC inspection system[J]. Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC), 2018, 10(1-3): 121-125.
11. Zihlmann M, Perekrestenko D, Tschannen M. Convolutional recurrent neural networks for electrocardiogram classification[C]//2017 Computing in Cardiology (CinC). IEEE, 2017: 1-4.
12. Graves A, Fernández S, Gomez F, et al. Connectionist temporal classification: labelling unsegmented sequence data with recurrent neural networks[C]//Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning. 2006: 369-376.
13. Shi B, Wang X, Lyu P, et al. Robust scene text recognition with automatic rectification[C]//Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016: 4168-4176.
14. Shi B, Yang M, Wang X, et al. Aster: An attentional scene text recognizer with flexible rectification[J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2018, 41(9): 2035-2048.
15. Li G, Xu S, Liu X, et al. Jersey number recognition with semi-supervised spatial transformer network[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. 2018: 1783-1790.
16. Yang M, Guan Y, Liao M, et al. Symmetry-constrained rectification network for scene text recognition[C]//Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. 2019: 9147-9156.
17. 胡洋. IC芯片印刷字符识别算法研究与应用[D].华中科技大学,2015.
18. 林惠. 基于深度学习的芯片字符实时识别方法研究[D].华中科技大学,2019.
19. 郭晓峰,王耀南,毛建旭.基于几何特征的IC芯片字符分割与识别方法[J].智能系统学报,2020,15(01):144-151.
20. 柯一剑. PCB元器件定位与识别技术研究[D].南京理工大学,2016.
21. 肖剑. 基于机器视觉的半导体表面字符质量检测系统研究[D].西安科技大学,2020.DOI:10.27397/d.cnki.gxaku.2020.000863.
22. Hu Y, Wang P, Wu J, et al. Design of chip character recognition system based on neural network[C]//2019 International Conference on Optical Instruments and Technology: Optoelectronic Measurement Technology and Systems. International Society for Optics and Photonics, 2020, 11439: 1143908.
23. Zhu Y, Zhang H, Zhang L, et al. Chip Surface Character Recognition Based on Improved LeNet-5 Convolutional Neural Network[C]//2020 39th Chinese Control Conference (CCC). IEEE, 2020: 7142-7147.
24. Khannakum W, Sirisantisamrid K. IC chip marking inspection using FIR system[C]//Twelfth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2020). International Society for Optics and Photonics, 2020, 11519: 115191R.
25. Gao S, Qiu T, Wang G, et al. Printing Characters Recognition of Chip Resistors Based on the Combination of Image Segmentation and Artificial Neural Network[C]//2021 16th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE). IEEE, 2021: 643-647.
26. 法弘理. 基于3D视觉的PCB元器件字符识别方法研究[D].江南大学,2021.DOI:10.27169/d.cnki.gwqgu.2021.000462.
27. 陈中舒. 基于改进深度卷积网络的焊后芯片标识高速识别方法研究[D].电子科技大学,2021.DOI:10.27005/d.cnki.gdzku.2021.000836.
28. 万乃嘉. 基于领域自适应的芯片字符检测技术研究[D].电子科技大学,2021.DOI:10.27005/d.cnki.gdzku.2021.003484.