

压力载荷和封装结构对压接型单芯片IGBT应力分布的影响

张西子¹, 唐新灵¹, 陈中圆¹, 杜玉杰¹, 刘颖含¹, 李金元¹

1. 全球能源互联网研究院有限公司, 北京

简介: 压接型IGBT芯片的电气特性和失效模式与机械压力密切相关。需要研究不同机械压力和封装结构对IGBT芯片的影响, 一方面, 研究芯片的应力集中问题, 为压接型IGBT芯片的优化设计提供建议; 同时, 找到合适的机械压力范围, 优化封装结构, 为提升器件整体性能奠定基础。COMSOL多物理场仿真在IGBT封装结构设计和压力分析方面具有很大的优势。单芯片压接型IGBT的基本封装结构可通过几何部分进行设计, 物理场部分主要以结构力学模块中的固体力学模块为主, 研究不同压力和不同结构形态对IGBT器件应力分布和变形方式的影响。

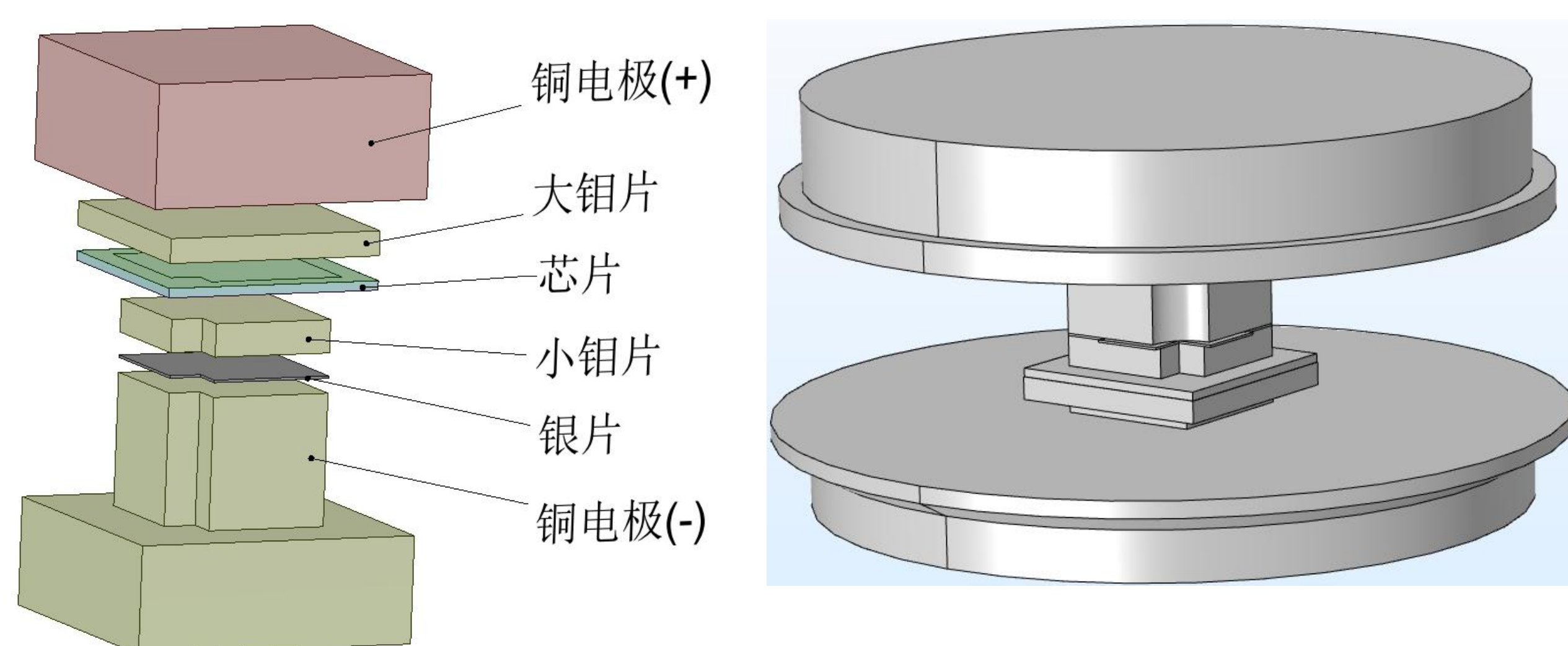


图 1. 3300V/50A单芯片IGBT压装结构和几何模型

计算方法: 固体材料在受力以后就要产生变形, 从变形开始到破坏一般可能要经历两个阶段, 即弹性变形阶段和塑性变形阶段。在允许的压力范围内, 单芯片IGBT模型发生的为可恢复的弹性形变, 本构关系满足胡克定律:

$$F = \sigma A = E \varepsilon A = E \Delta l \frac{A}{l}$$

其中, σ 为应力, ε 为应变, E 为弹性模量, A 为表面积, l 为长度。

仿真过程中, 设置如下边界条件:

- 1) 模型下表面设置固定约束, 上表面施加压力载荷 F ; 为了研究不同机械压力下芯片应力分布, 设置 F 分别为500N、1kN、1.5kN、2kN、3kN和4kN;
- 2) 芯片封装形式分为全压接、单面焊接和双面焊接三种方式。
- 3) 改变大铜片尺寸, 研究其对芯片应力分布的影响。

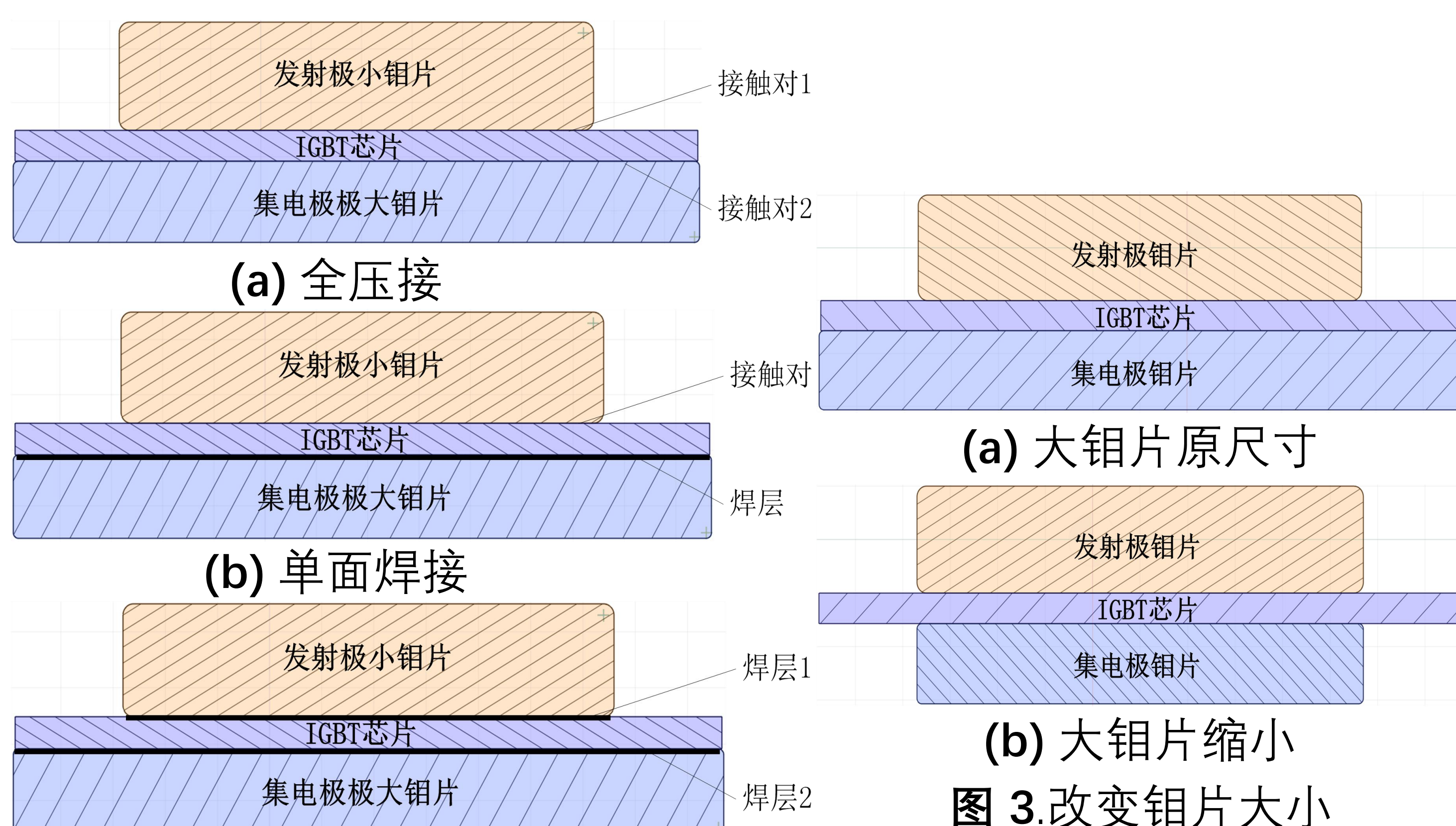


图 2. 改变封装形式

结果: 芯片翘曲最严重的部位为栅极缺角处。双面压接时芯片翘曲量最大, 单面焊接和双面焊接时较小, 双面焊接时翘曲量略小于单面焊。

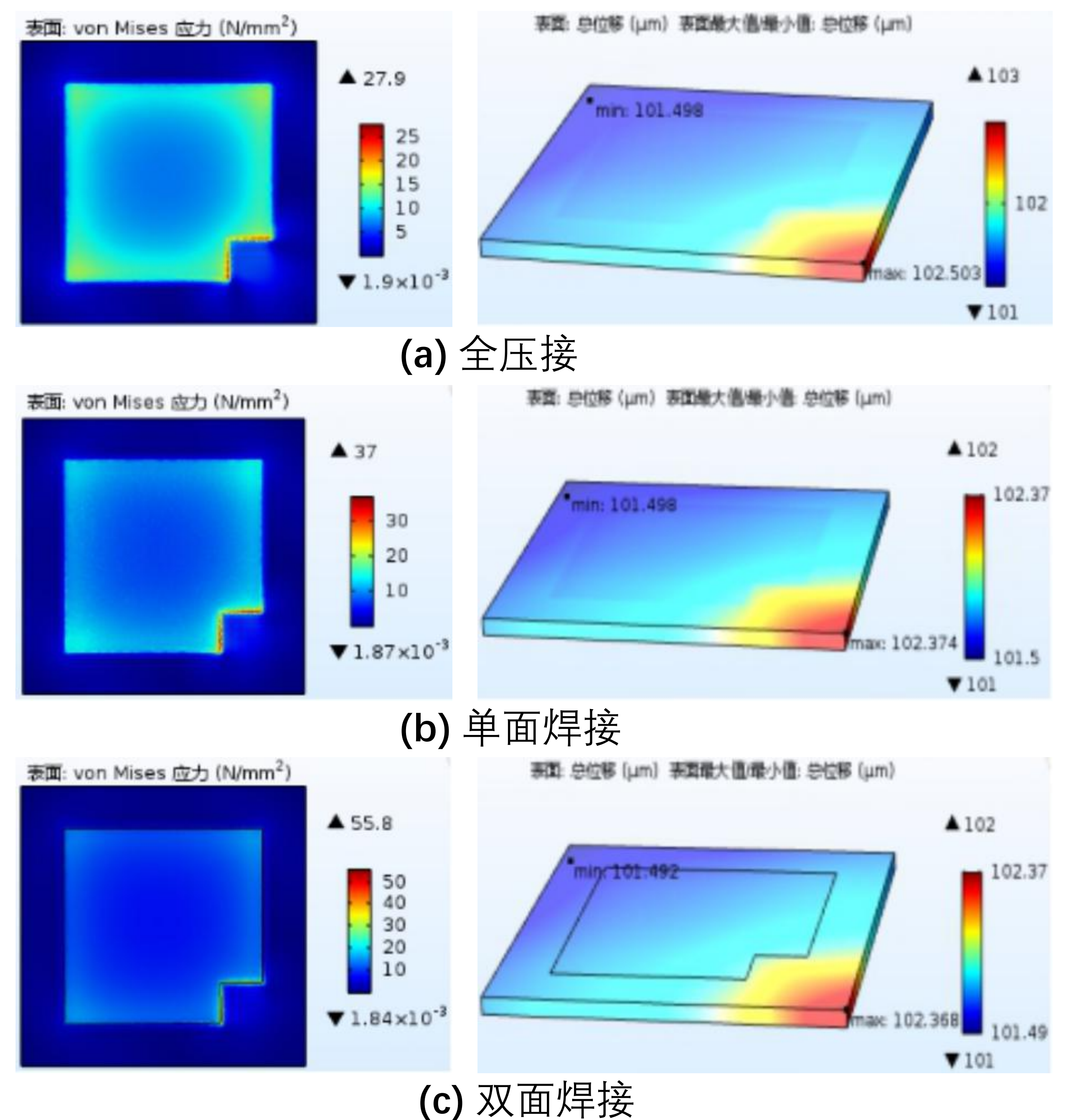


图 4. 不同封装方式下芯片上应力和形变量

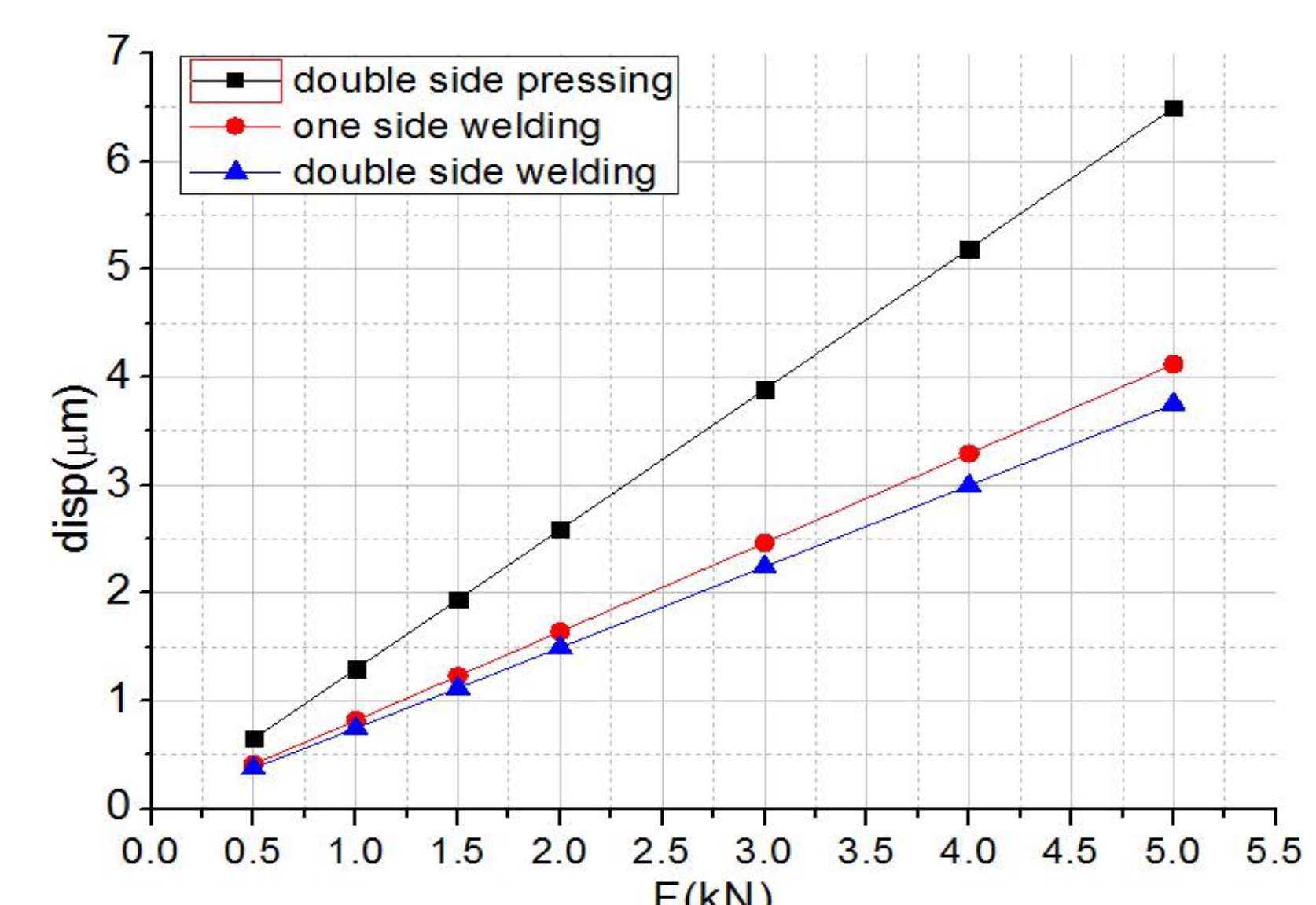


图 5. 最大形变量偏差随不同机械应力变化曲线

铜片尺寸减小后, 芯片变形主要集中在栅极缺角处; 而铜片原尺寸时, 芯片四个边均有翘曲。

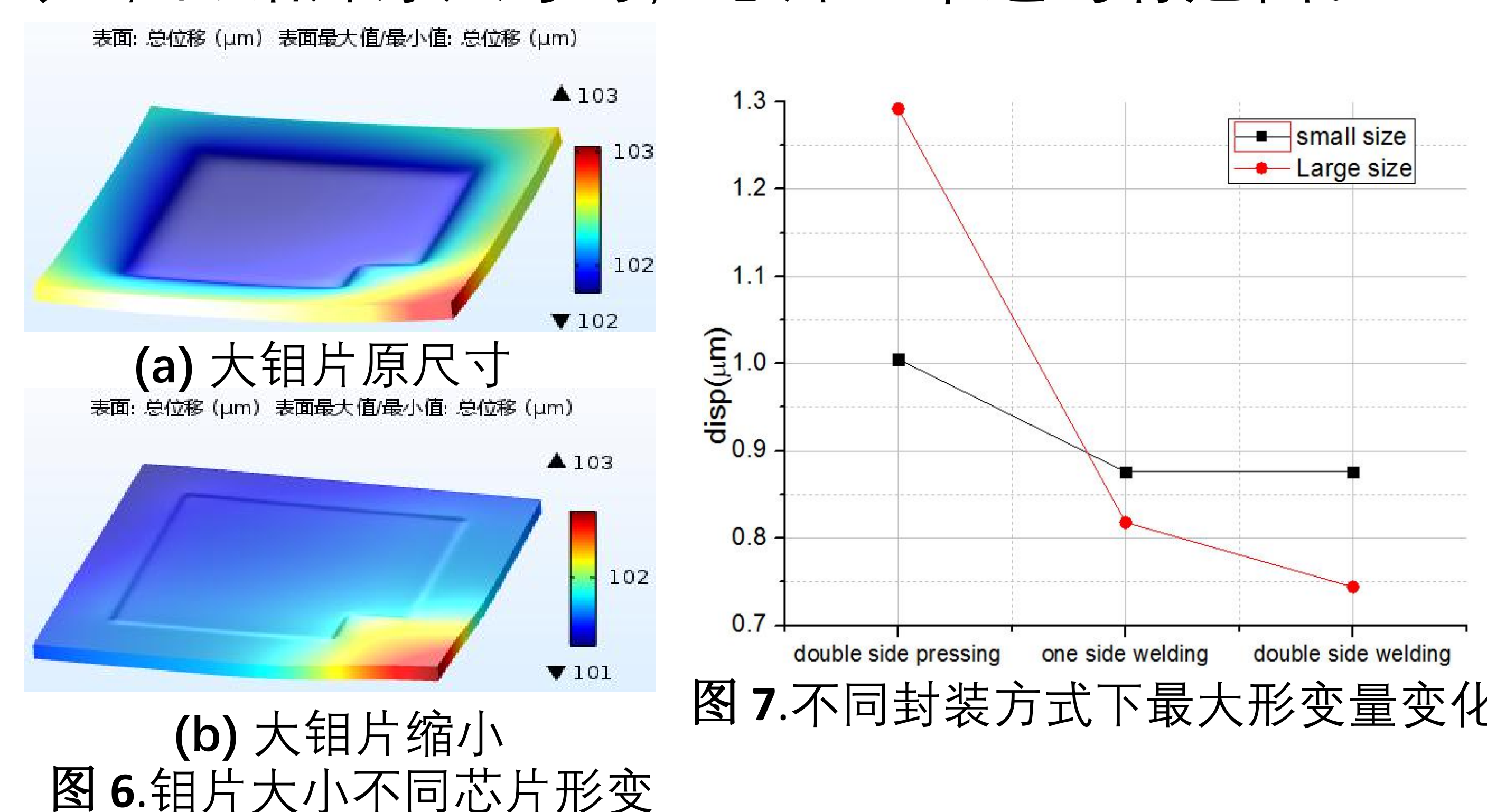


图 6. 铜片大小不同芯片形变

结论: 通过COMSOL仿真, 获取到了全压接、单面焊接和双面焊接三种芯片接触方式的封装结构在不同机械压力下的芯片应力分布和翘曲状况; 同时研究了铜片尺寸变化对芯片应力分布的影响。研究结果对压接型IGBT结构优化设计具有一定的借鉴意义。

参考文献:

1. 杨桂通编著. 弹塑性力学引论. 北京: 清华大学出版社, 2004.2
2. 邓二平, 赵志斌, 张朋, 等. 压接型IGBT器件内部压力分布[J]. 电工技术学报, 2017, 32(6): 201-208.