

## 利用弹性连接器进行集成电路晶片安装

Honeywell 微开关部已开发出一种独特的利用弹性连接体的固态电子晶片安装技术。微开关部在弹性部件（至少一个部件包含可选择的导电通路）之间装配压力传感器晶片。在过去 8 年时间里，该项技术已成功应用在适用与包括医疗仪器在内的多个行业领域的传感器中。该项技术可适用于多种类型的固态传感器。

弹性技术克服了许多常规晶片安装技术的固有缺点。它可在室温条件下，将晶片立即安装到各种元件封装上。（整个过程中）无需焊接、粘合或金属结合。由于省略了这些步骤，使得产品装配时间大为缩短，快速装配还使得“实时”质量反馈成为可能。采用该技术、可将晶片安装到 PCB 板、陶瓷基底、带有金属走线的塑料部件或任何其他由导体组成的衬底或绝缘表面上。

采用弹性晶片连接技术还有利于器件抵抗环境侵蚀而无需在晶体表面涂抹凝胶或其他电介质材料。测量介质只与晶片的压力敏感区域接触，而晶片上的其他环境敏感区域由弹性体覆盖保护。

弹性晶片连接器还可组合集成式散热部件、这些集成式散热部件可将薄膜组件（比如：放大器）上的热量传递到衬底的散热部件上。

弹性连接装置还可作为晶片工作面的衬底，缓解晶片所受的引力。

如果设计得当的话，弹性晶片安装结构能够集成多种封装功能，从而极大的简化了电子产品设计。更简单的产品设计意味着更低的成本、更高的可靠性、更短的生产周期、更易于实现的自动化工艺和更多的功能。

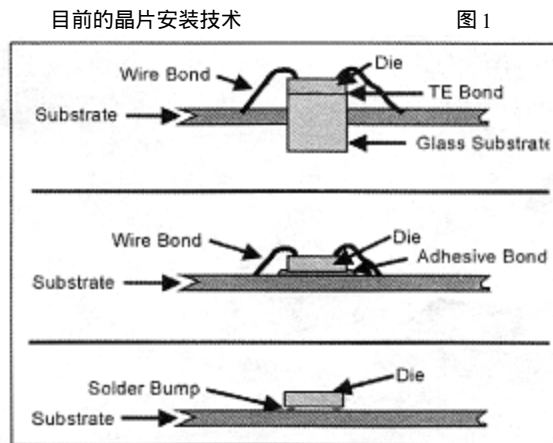
成功的集成电路晶片安装技术要求掌握弹性体设计原则和选用适当的弹性连接技术。

### 利用弹性连接体进行集成电路晶片连接

#### 技术比较

本文旨在介绍与集成电路晶片封装有关的一种新技术。具体来讲，将讨论利用弹性安装和连接技术将集成电路晶片封装在常规电子系统上（中）的途径。在本文中，“弹性体”意指模制或硫化热固橡胶混合物。典型的封装系统包括衬底（SUBSTRATES）、引线框（LEADFRAME）、端板（HEADER）、外壳（HOUSING）等。本文将重点介绍目前流行的固体电子制造系统，在其中我们需安装 IC 芯片并建立电气和环境密封的连接。

弹性连接体已在电子行业中应用许多年。充碳橡胶体已在袖珍计算器和低价位手表中得到广泛应用。银质或贵金属弹性连接器已在诸如移动电话等高端产品中得以应用。在这些以及其他应用中，弹性连接体被用于 PCB 板、柔性薄膜、衬底或分立元件之间。弹性连接结构不能用于直接 IC 晶片的安装。Honeywell 公司微开关部进一步改进了弹性连接技术，使其能够用于直接 IC 晶片连接，自 1990 年以来，该部门已将该技术应用在高性能传感器的生产中。在很多应用中，弹性技术均可取代常规晶片连接技术，常规工艺包括模片焊接（DIEBONDING）、线焊（WIRE BONDING）、接焊（TAB BONDING）、倒装连接（FLIP CHIP ATTACHMENT）、焊接表面安装（SOLDER SURFACE MOUNTING）和现场电焊（FIELD ELECTRIC BONDING）等（参见图 1）



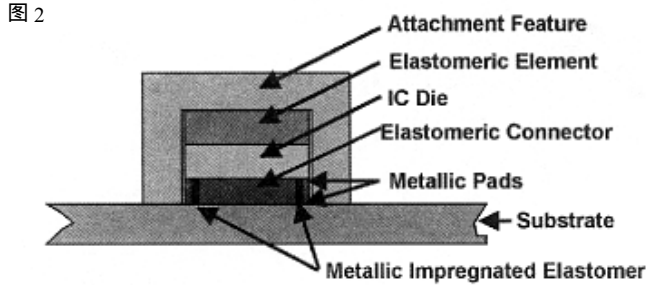
利用弹性连接技术能够克服常规连接技术固有的缺点和不足。采用橡胶体，可在室温条件下立即将晶片连接到各种恰当的元件上封装。（整个过程）无需焊接、粘合或金属接合。由于省略了这些步骤，使得产品装配时间大为缩短。快速装配还使得“实时”质量反馈成为可能。由于单个弹性元件能够实现多种封装结构，因此可减少产品部件数量和生产步骤。在生产过程中，还可显著减少生产废料和降低 PPM 值（每百万部件的废品率）。由于避免了线焊所要求的间隙，该技术可使封装更为紧凑。采用该技术，可将集成电路晶片安装到 PCB 板、陶瓷衬底、带有金属走线的塑料部件或任何其他由导体组成的衬底或绝缘面上。

#### 弹性连接技术详细介绍

本文所讨论的弹性晶片连接技术只限于包含少数基本元件的系统。这些元件由一个或两个橡胶体部件（其中至少一个部件为可选择的导电材料）、IC 芯片、衬底或其他安装工作面和一个附加件组成（参见图 2）。在大多数设计中，衬底和附加件被集成在封装中。IC 被夹在两个弹性部件之间，或夹在一个可选择材料的导电弹性部件与附加件之间，随后，这个“三明治”将被安放在衬底上，并由附加件压入预定位置。附加件、衬底或二者的结合体必需向该弹性“三明治”提供机械定位和压紧力止动部件。衬底定位部位上的触点或导线应与 IC 表面相应的导电触点对准。在压入“三明治”时，应通过选择性弹性体在这

# 利用弹性连接器进行集成电路晶片安装

些触点之间形成电气连接。附加件通常利用抓钩或热柱锁来缩短装配时间。附加件被锁入预定位置后，IC 由弹性元件支撑，这样就形成了电气连接，起到了保护晶片作用。附加件还可包含导电部件，以便在 IC 的两面形成电气连接(如果需要的话)。利用弹性晶片“三明治”结构还可在 IC 与封装之间形成一个机械压力绝缘带。弹性连接结构使那些需要暴露于恶劣环境的器件有广泛的介质兼容性。弹性胶料还可与不同的介质相配合。在通常需要在晶体表面和内连上施加凝胶或保护涂层的运用场合，弹性连接结构不仅可以提供电气连接，而且能够提供完整的保护密封，其中弹性连接体变成了一种导电密封圈，免除了昂贵的二次处理。利用弹性技术，晶片可在装配之前覆盖保护层，保护硅材料免受恶劣环境和周围电流的侵害。还可采用可导热但不导电的橡胶体来制造弹性连接体，作为 IC 一个散热器或导热体。



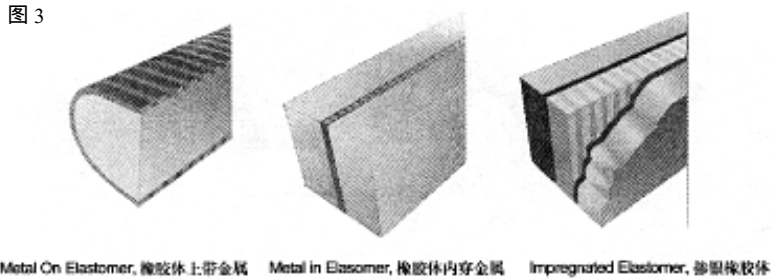
## 弹性连接器的种类

尽管市场上已有几种弹性连接器，但我们发现只有三种基本型号适用于晶片连接。

1. 橡胶体上带金属(MOE — METAL ON ELASTOMER)一种在橡胶体周围缠绕金属带的弹性体。金属带材料可以是金或其他贵金属。这种连接器可在 Z 和 Y 轴或 Z 和 X 轴方向导电。这种连接器的优点是电阻极低并可兼容不同的金属垫材料。当然这种连接器也有其不足之处。这种连接器的成本较高、密封性较差，此外，受机械性能的限制，它能适应的温度范围相对较窄(参见图 3)。

2. 橡胶体内穿金属(METAL IN ELASTOMER)一种在橡胶体内垂直穿插彼此不相连的金属带或金属线的弹性体。这种连接器只能在 Z 轴方向导电。大多数情况下，这种连接器采用有(或没有)镀层的金线、镍线、钨铜线或其他金属线。这种连接器的优点包括：很低的电阻、小间距电气连通、较低的成本、可兼容多种金属垫材料、更高的绝缘导电比。这种连接器主要缺点表现在密封和温度适应性方面，但有关技术正在不断改进之中，在将来，它有望成为一种优选的弹性连接器(参见图 3)。

3. 掺银橡胶体(SILVER IMPREGNATED ELASTOMER)(斑马纹或 Stax 纹)由绝缘橡胶体和掺银橡胶体带状交替组合而成的薄片装置。该种连接器通常只能在 Z 轴方向导电。其优点包括：良好的密封性、较低的介质电阻(每个触点低于 0.5 欧姆)、出色的温度性能和适中的成本。当与金制触点或其他贵金属触点一并使用时，该连接器的性能最佳。由于机械连接特性，金触点可以做到非常薄。我们已在现有的弹性连接产品中广泛采用这种连接材料，此外，我们还将这种连接材料应用在不久将推出的某些新产品中(参见图 3)。



## 有关集成电路晶片的考虑因素

必须对集成电路晶片进行专门设计以接纳弹性技术。例如，对于线焊的集成电路晶片进行改进设计可能不会获得最佳的效果。集成电路晶片连接触点的尺寸和布局符合具体的弹性连接设计规则非常重要。当使用弹性体时，选择连接金属触点材料非常重要。金材料与前文所述的三种连接体协同应用可取得最好的效果。在一些应用中，弹性体连接体里的连线可与铝和其他氧化晶片连接触点金属协同应用，因为这种连线头能穿破氧化层。利用金质连接体的 MOE 型连接器可与大多数金属触点兼容。在任何情况下，都应注意连接器和触点的金属兼容性。

集成电路晶片在进行设计时，应考虑到充分利用弹性技术的机械特性。弹性体可被用来保护晶片，选择晶片外露区域、冷却晶片、加热晶片和减轻模片压力。在许多情况下，晶片温度的性能可通过将其与热膨胀系数失配的硬封装材料进行隔离来改进。

晶片的尺寸受到所需的连接触点数量和这些触点的位置影响。在有些情况下，晶片可被弹性体完全覆盖，而在另外一些应用中，带有开口区域的弹性体需更大的晶片表面进行连接。Stax 型连接器在一般情况下要求的最大触点尺寸为 0.005" x 0.10"。触点尺寸是通过可用晶片、传输电流量、连接触点准确度 / 衬底触点调整和使用的连接器类型来确定的。

## 利用弹性连接器进行集成电路晶片安装

### 有关弹性技术封装的考虑因素

弹性晶片连接技术的精髓是设计工程师可自由进行封装设计。晶片/密封“三明治”可被视为基本构件，因此进行封装时固定外盖，端口、外壳、端板、引线框、加热器、冷却器、衬底、印刷电路板等可被集成到实际晶片安装系统里。很明显，弹性技术不仅可安装晶片，还可在安装晶片的同时安装其他分立电子组件和机械构件。

### 有关弹性设计的考虑因素

成功的弹性晶片安装设计要求制定并遵守一定的设计原则。制定这些原则时的需考虑因素如下：

1. 待安装的晶片类型是最初设计时应考虑的问题。晶片对压力的敏感程度如何？介质数量或是要求温度暴露或保护等。
2. 设计信息输入所要求的晶片触点尺寸、位置和金属类型。
3. 必须考虑连接体类型、间距、厚度、压缩百分比、配置和电气条件是否符合要求。
4. 有关温度、介质和周围环境的总体要求是什么？
5. 连接器怎样与晶片对齐，连接器包含在晶片内非常重要。
6. 衬底材料类型、接触点尺寸和位置对实现低值电气连接的至关重要。
7. 附加件类型是封装设计的重要考虑因素。
8. 整个封装设计考虑是关键因素。设计是否最大限度地对功能和组件进行了结合？

### 有关弹性处理的考虑因素

弹性连接体需要一些基本操作和贮存技术。由于弹性连接是一种机械接触，因此晶片、弹性连接体和垫片表面都应在安装前保持清洁。如果是掺银弹性连接器，最好在氮气环境下贮存连接体，以便防止银被氧化。连接体不应接触人手或其他油脂或污染物。工作区域应保持干净。问时应注意防止肥皂残留物污染工作区。有些 IC 晶片制造技术会将腐蚀性残留物留在触点上。如保对垫片清洁情况有疑问，建议在装配之前先用氧气等离子体进行触点表面清洁。建议在清洁的室内环境下进行组件处理和产品装配。

在弹性体装配完毕之后，它们可在封装设计允许的范围密封保护。

### 应用

微开部已经成功地将弹性晶片连接技术应用到传感器领域。微开部目前正在生产采用了弹性连接技术的压力传感器和力传感器。最近它们正在协助 Honeywell 的 IAC 部门。通过利用弹性晶片安装和封装技术，大幅度降低 pH 传感器的设计成本。

### 利用弹性连接技术改进现有压力传感器的范例

1990 年，微开部推出了 20PC 压力传感器。这种传感器使用了一种获得专利的弹性体技术设计，以取代以前传统晶片安装技术的压力传感器。弹性体技术不仅可降低成本、大幅度可制造和减少生产废料，还可增加旧的传感器所没有的功能。

旧的传感器利用现场电气(热电)连接将传感器膜片安装到玻璃管上(在所有为开部生产的压力传感器中，传感器晶片采用的是硅材料并且有一个各向异性刻蚀的膜片位于中心。压敏电阻器位于该膜片的边缘，并可当膜片处于弯曲状态时改变阻值)。随后对玻璃管进行漏气检查并粘接到塑料壳里。然后，将一种带有焊接导线的陶瓷厚膜件(TFA)粘接到塑料壳里。下一步是将晶片与厚膜装置粘在一起。在更高性能的设备里，TFA 通过激光方式进行修整，以便改进参数电气性能。随后可将一个上盖粘到壳体上，并进行最后的漏气/电气测试。这种产品在现场电气连接操作情况下会有较高的废料，在粘接操作情况下废料也不少。较多部件和工序导致了器件的成本相对较高，工艺难以进行自动化处理，并要求较长的工厂流程时间。

由于线绕是外露在晶片顶部，压力传感器就只能感知晶片玻璃管侧的液体压力。利用这种技术使用保护性绝缘胶只可提供非常有限的保护，而且大大降低了产品的性能。我们不认为绝缘胶应用系统是高可制造性工艺。这种基本构造将玻璃管粘接头暴露给了任何压力端口介质。这种介质必须与环氧树脂和现场电气连接进行兼容。这种传感器可作为一种干/湿传感器(只有在封装压力端口侧才有介质压力)湿端的介质兼容性非常有限。由于构造非常复杂，因此完整的封装只有非常有限的应用灵活性，只能进行一些小的客户的变型(参见图 4)。

图 4

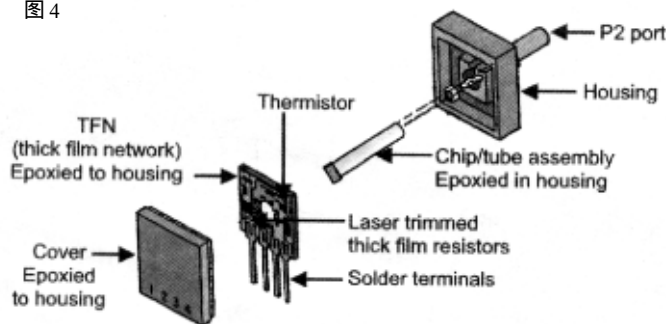
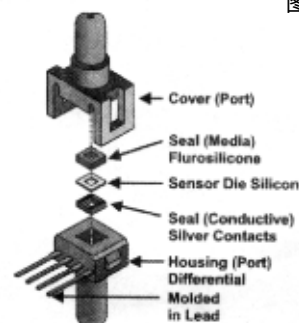


图 5



## 利用弹性连接器进行集成电路晶片安装

### 弹性压力传感器技术

压力传感器利用弹性晶片安装技术进行了重新设计。传感器晶片也进行了重新设计，以便适应弹性连接。同样，还创建了一个新晶片以便无须象旧压力传感器那样在“封装内”进行激光修正。这种晶片是在圆晶内进行激光修正，这样就无须在装配过程后进行激光修正，从而降低了成本。旧的传感器是由于高温现场电气连接(FIELD ELECTRIC BONDING)的影响，不能使用晶片级修正。传感器晶片象三明治那样被夹在介质密封体和弹性密封体之间。这些密封体中心有一个小孔，可使压力介质与隔膜接触。这种“三明治”是封装在塑料外壳“井”里。外壳底部有整体注塑引脚。在这种情况下，外壳成为晶片安装所需的衬底。外壳“井”与密封体/膜片“三明治”对齐。带有整体端口的上盖可与外壳通过钩扣进行咬合。这种上盖有一个方形凸起部伸进外壳“井”里。凸起部可将上盖与外壳对齐，并能准确地对密封圈“三明治”进行预加载。上盖在利用钩扣将部件压紧在一起总位于外壳的上面。当安装上盖的时候，密封圈“三明治”将受到挤压。这种压力可完成电气连接并为晶片提供环境保护，同时避免介质与晶片其他部位接触。因此，装配完整的压力传感器只需简单组装5个组件，可在几秒钟之内完成（参见图5）

### 优点：

新型传感器的优点如下：

- 1、湿/湿介质功能，可对晶片进行较好的保护。
- 2、密封圈可由不同的材料制成，以便满足不同测量介质要求。
- 3、冰冻介质不会损坏传感器。
- 4、传感器高压功能
- 5、硅材料晶片在进行装配之前可上涂层，以便抵抗抗粗糙介质并进行绝缘保护。
- 6、改进的生产效率。
- 7、易于进行自动化生产
- 8、工厂生产时间短，能更快地响应用户需求。
- 9、更低的成本
- 10、实时的质量反馈
- 11、多种封装选项（参见图6）

### 弹性包装多功能性

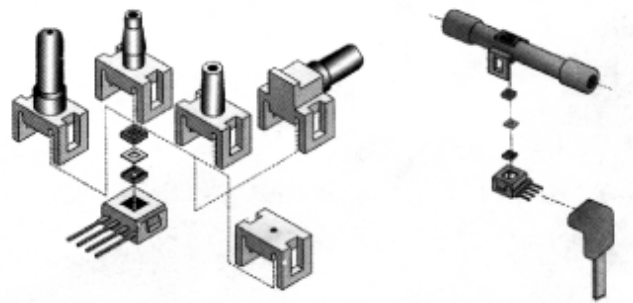


图6

### 性能

新型压力传感器的参数性能在某些领域与以前的传感器相同，但许多其他领域优于旧的传感器。这种新型传感器具有非常低的废料率和现场 PPM 故障率。它可通过下列测试（按照微开部压力传感器相关规定）：

- 1、3,000 热震测试——55 - 150
- 2、1000 小时 HTHB 测试——85 / 80（高温、湿度、电偏置）
- 3、250 万次湿/湿普通模式压力循环测试（利用不同的介质）
- 4、冰冻测试——在传感器里进行水结冰试验
- 5、高温贮存测试——125
- 6、低温贮存测试——55
- 7、引脚寿命测试
- 8、长时间通径测试
- 9、推出一种新产品所要求进行的其他测试（按照设计说明和产品说明的规定）

### 弹性晶片结构改进 pH 传感器的实例

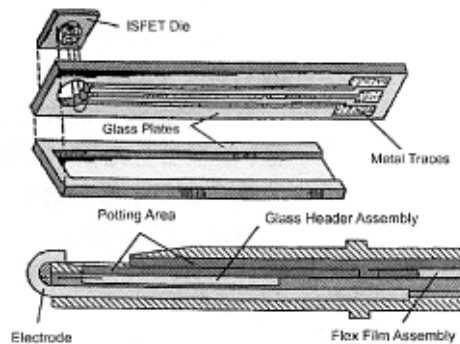
Honeywell 的微开部与工业自动化和控制部携手合作、共同致力于大幅度降低 PH 传感器的成本。pH 传感器必须能在不同的温度条件下，测量 PH 范围为 0-14 之间的液体。

旧式传感器使用了一个 ISFET（离子敏感型场效应晶体管）晶片与在玻璃表面含有金属走线的玻璃板进行连接（DIE FIELD ELECTRIC BOND）。晶片下面的玻璃板上有一个孔。晶片通过此触点与玻璃板上的金属走线连线（WIRE BOND）。该玻璃板又与其他的玻璃板连接，板间有间隙，用于布置玻璃板上的导线。该组件然后焊接到柔性薄膜上，随后一起插入到一个塑料探头体内用环氧密封。晶片的边缘形成一个有角度的平面，以便使环氧树脂对晶片各边回填密封。尽管我们将不详细讨论相应的程序，但很明显这种探测器非常昂贵。探头还存在环氧树脂介质兼容性的问题，而且易于在塑料探头注塑电极周围发生泄露。由于设计非常复杂，因此实现自动化就显得不切实际。（参见图7）

## 利用弹性连接器进行集成电路晶片安装

传统 PH 传感器构造

图 7



新型传感器使用了一种弹性连接器，以便将 ISFET 晶片上的连接触点与 PCB 上的导电路径连接。晶片被夹在弹性连接器和介质密封圈之间。介质密封圈中间有一个孔，可使湿介质与 ISFET 接触。“三明治”晶片是位于探头内，而且 PCB 成为附加件结构的一部分。一个塑料插塞压迫 PCB 的背面，使密封圈“三明治”被预加载，并提供两个电气连接密封。插塞是利用热柱锁进行支撑的并可用来将探头背面与介质进行绝缘。在这种情况下，插塞可与 PCB 的两端进行连接。塑料插塞是由导电性材料铸成的，同时所起的作用就象以前的设计中的金属电极。插塞直接与 PCB 上的触点进行连接。探头在室温下进行安装只需几秒钟。

新型探测器具有比以前的设计更优异的性能与旧探测器相比，新探头的介质寿命是旧探测器的四倍，在温度变化情况下它具有更优异的性能。新型探测器具有更高的可制造性，同时成本是旧探测器的十分之一（参见图 8）。

新型 pH 传感器是弹性晶片连接技术在粗糙环境下超越传统晶片安装系统的典型范例。

弹性连接的 PH 传感器



图 8

弹性力传感器

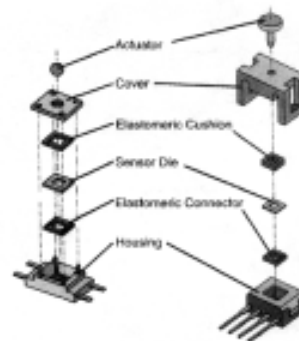


图 9

### 利用弹性技术创造新产品的范例

Honeywell 微开关部利用弹性晶片安装技术开发了低成本、商用压力传感器。医用注射泵市场正需要一种更好的非浸入式传感器、来检测通过一次性 IV 管的液体流量。以前的灌流泵通常利用变形光束来检测这种流量的。变形光束难以安装到泵里，输出信号较弱，而且变形光束的反应时间较长，对用户造成影响。

微开关部生产的力传感器是以压力传感器技术为基础，力传感器使用了相同的基本设计，除了压力端口被带有滑动柱塞的上盖代替之外。力传感器模片带有比以前压力模片更厚的敏感模片。密封圈/晶片三明治位于塑料井和上盖钩扣里。柱塞随后安装到晶片中心对齐的孔里。当向柱塞施加压力时，柱塞可将压力施加给传感器片中心，导致产生传感器输出变化。密封圈有助于减轻晶片的压力，并对连接区域进行密封保护。

新型压力传感器可以承受 4 倍的过载，而不会损坏。与光束技术相比，弹性传感器性能更加强壮，电气输出效率是光束技术的十倍，同时更短的输出时间。由于设计简单，可容易改变封装和柱塞形式以满足客户要求。该传感器拥有可与弹性压力传感器媲美的环境密封功能，并进行了 750 万次压力循环试验（参见图 9）。

### 小结

总的来说，当要求低成本、高可靠性电子封装时，可考虑利用弹性模片安装技术。弹性体设计灵活、具有更高可制造性、高可靠性、介质兼容性好和低成本等优点。