

一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法

技术领域

本发明涉及微电子封装键合金丝技术领域，具体涉及一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法。

背景技术

键合金丝是用于集成电路或晶体管芯片管芯与引线框架连接的关键引线材料，近年来随着半导体行业的迅速发展，集成电路的集成化程度越来越高，电路板厚度越来越小，器件上的电极数越来越多，电极间距越来越窄，封装密度也相应变得越来越小，客观要求作为引线的键合金丝具有高强度、低长弧度和非常高的弧形稳定性等性能，而目前键合金丝主要以铍、铈、银等元素为合金的微量元素，这些微量元素具有细化晶粒、强化金的作用，但添加这些元素的合金材料很难满足引线对高强度、低长弧度的高要求。

近年来，对更小、更强大的微芯片的需求不断推动设计者和制造商生产出密度更高、功能更强的设备。这些密集封装的器件处于电气和物理极限，特别是大规模集成电路及双层叠加集成电路封装中，由裸（非绝缘）键合线制成的传统引线键合容易接触和短路，从而导致制造成品率问题，并限制微芯片设计者进一步实现小型化或功能化。

发明内容

本发明的目的在于提供一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，解决以下技术问题：

密集封装的器件处于电气和物理极限，特别是大规模集成电路及双层叠加集成电路封装中，由裸（非绝缘）键合线制成的传统引线键合容易接触和短路，从而导致制造成品率问题。

本发明的目的可以通过以下技术方案实现：

一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，具体包括如下步骤：

步骤 S1、合金片材制备：按照重量百分比分别制备金-钴合金片材、金-钨合金片材、金-铈合金片材、金-锆合金片材；

步骤 S2、合金棒材制备：利用步骤 S1 中制备的金-钴合金片材、金-钨合金片材、金-铈合金片材、金-锆合金片材制备直径为 8mm 的金-钴-钨-铈-锆金合金棒材；

步骤 S3、拉伸：将步骤 S2 制备的 8mm 金-钴-钨-铈-锆金合金棒材依次通过粗拉伸、中拉伸、细拉伸、微拉伸成直径为 0.011mm-0.050mm 的键合金丝；

步骤 S4、退火处理：将步骤 S3 制备的键合金丝置于连续退火系统中，采用高纯氮气做为保护气体，温度 300℃-600℃，速度 40m-80m/min 进行连续退火处理，以达到需求的破断力及延伸率；

步骤 S5、活化处理：将退火处理后的键合金丝置于连续活化处理系统中，丝线通过浓度为 3%-10%的活化酸溶液中，溶液温度 50℃-120℃，同时对溶液施以功率 P045 及频率 8KHZ-40KHZ 超声波，运行速度 40m-80m/min 进行活化处理，收卷时行烘干处理，烘干温度 100℃-120℃，以彻底清除退火过程中，丝线表面润滑液残留高温造成的微观积碳；

步骤 S6、溅射绝缘涂层：使用丙酮将高性能聚芳醚酮涂料稀释至浓度 8%-15%，调整溅射压力为 0.1Mpa-0.3Mpa；丝线以 100m/min-200m/min 的速度通过压力为 0.15Mpa-0.2Mpa 的环形出口，环形出口等速等压力对丝线表面 360° 进行高性能聚芳醚酮涂料溅射，均匀形成保护涂层，调整溅射压力及丝线运行速度，控制涂层厚度在 0.3nm-1nm；

步骤 S7、溅射绝缘涂层固化处理：溅射涂层后的丝线以

100m/min-200m/min 的速度通过长度为 500mm, 加热温度为 300℃-400℃ 的 U 形固化装置, 对高性能聚芳醚酮涂层进行固化, 使得涂层牢固的依附于丝线表面;

步骤 S8、复绕分装: 将步骤 S7 处理后的丝线单卷定尺, 控制张力 0.8g-8.0g, 单卷 500 或 1000 定尺。

优选的, 在步骤 S1 中, 所述金-钴合金片材的制备方法为: 按重量百分比, 分别将 0.1%-0.5%的钴和 99.9%-99.5%的金放入高纯石墨坩锅内, 并置于真空合金炉中, 抽真空加热至 1100℃-1300℃, 待材料完全熔化后, 充入高纯氩气保护, 保温 30min-90min, 将合金熔体倒入石墨铸型中, 得到块状的金-钴合金铸锭; 分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.2mm-0.5mm 的片材, 得到金-钴合金片材。

优选的, 在步骤 S1 中, 所述金-镧合金片材的制备方法为: 按重量百分比, 分别将 0.1%-0.5%的镧和 99.9%-99.5%的金放入高纯石墨坩锅内, 并置于真空合金炉中, 抽真空加热至 1100℃-1300℃, 待材料完全熔化后, 充入高纯氩气保护, 保温 30min-90min, 将合金熔体倒入石墨铸型中, 得到块状的金-镧合金铸锭; 分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.2mm-0.5mm 的片材。

优选的, 在步骤 S1 中, 所述金-铈合金片材的制备方法为: 按重量百分比, 分别将 0.1%-0.5%的铈和 99.9%-99.5%的金放入高纯石墨坩锅内, 并置于真空合金炉中, 抽真空加热至 1100℃-1300℃, 待材料完全熔化后, 充入高纯氩气保护, 保温 30min-90min, 将合金熔体倒入石墨铸型中, 得到块状的金-铈合金铸锭; 分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.2mm-0.5mm 的片材。

优选的, 在步骤 S1 中, 所述金-锆合金片材的制备方法为: 按重量百分比, 分别将 0.1%-0.5%的锆和 99.9%-99.5%的金放入高纯石墨坩锅内,

并置于真空合金炉中,抽真空加热至 1100℃-1300℃,待材料完全熔化后,充入高纯氩气保护,保温 30min-90min,将合金熔体倒入石墨铸型中,得到块状的金-锆合金铸锭;分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.2mm-0.5mm 的片材。

优选的,在步骤 S2 中,所述金-钴-镧-铈-锆金合金棒材的制备方法为:按重量百分比,将纯度 $\geq 99.99\%$ 金锭与步骤 S1 中制备的金-钴合金片材金-镧合金片材、金-铈合金片材、金-锆合金片材,放于高纯石墨坩锅内,并置于真空下拉连铸炉中,抽真空加热至 1100℃-1350℃,待材料完全熔化后,保温 15min-60min,进行电磁搅拌;搅拌后精炼 10min-60min,采用定向凝固方法,牵引速度控制 50mm/min-120 mm/min,下拉连铸得到直径为 $\Phi 8\text{mm}$ 的金棒材。

优选的,在步骤 S2 中,所述金-钴-镧-铈-锆金合金棒材的成分为钴 0.0001%-1.5%、镧 0.0005%-0.001%、铈 0.0005%-0.001%、其余为金。

优选的,钴、镧、铈、锆的纯度 $\geq 99.99\%$,所述金的纯度 $\geq 99.999\%$ 。

优选的,在高纯石墨坩锅及石墨铸型中,石墨密度 $\geq 1.65\text{g/cm}^3$,灰粉 $\leq 100\text{ppm}$ 。

本发明的有益效果:

(1) 本发明在规模集成电路及双层叠加封装中由于键合金丝表面有聚芳醚酮绝缘涂层,因此,允许键合金丝封装时接触、交叉,而不影响产品性能、成本和品质;

(2) 与其他树脂型绝缘材料相比,聚芳醚酮材料分解温度高于其他聚氨基甲酸乙酯树脂、尼龙树脂、聚胺树脂、氟族的树脂聚氯乙烯树脂等聚酯材料,因为在键合过程中,键合温度普遍为 130℃-200℃,以上材料在键合加热时容易会被温度分解或者是被碳化,从而影响绝缘性能,特别是在键合丝端部一焊点 FBA 成球时和二焊鱼尾时,产生温度分解会造成焊

点污染导致键合失效，如果在端部一焊点 FBA 成球时和二焊鱼尾时，产生碳化，会干扰键合丝的打线输送和端子键合，而聚芳醚酮材料热分解温度为 450℃，玻璃分解温度为 230℃，因此不会被温度分解和碳化；

(3) 添加了钴和锆两种高硬度高导电性材料，极大地增强了材料的抗拉强度，25℃室温条件下，直径为 20um 的丝材样品断裂力达到 8.2Cn，而同等直径的键合金丝的断裂力为 6.0 Cn—6.9Cn；

(4) 添加钴、钨、铈、锆 4 种元素，不仅增强了材料的抗拉强度，而且在封装焊线时，极大的降低了 FBA 的热影响区长度，普通直径 20um 的键合金丝打线时热影响长度为 140um-240 um；而添加了 4 种元素后，热影响长度为 80um-150um；热影响区的缩短，打线后线弧弧形坚挺，弧形不易变形，球形更规则。

附图说明

下面结合附图对本发明作进一步的说明。

图 1 是本发明用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法的结构流程示意图；

图 2 是绝缘键合金丝元素点状分布的结构示意图；

图 3 是绝缘键合金丝微细拉丝表面的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例，都属于本发明保护的范围。

实施例 1

请参阅图 1 所示，本发明为一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键

合金丝制造方法，具体包括如下步骤：

步骤 S1、合金片材制备：

按重量百分比，分别将 0.1%的钴和 99.9%的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1100℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 30min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-钴合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.2mm 的片材，得到金-钴合金片材；

按重量百分比，分别将 0.1%的镧和 99.9%的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1100℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 30min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-镧合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.2mm 的片材；

按重量百分比，分别将 0.1%的铈和 99.9%的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1100℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 30min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-铈合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.2mm 的片材；

按重量百分比，分别将 0.1%的锆和 99.9%的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1100℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 30min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-锆合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.2mm 的片材；

步骤 S2、合金棒材制备：

按重量百分比，将纯度 $\geq 99.99\%$ 金锭与步骤 S1 中制备的金-钴合金片材、金-镧合金片材、金-铈合金片材、金-锆合金片材，放于高纯石墨坩锅内，并置于真空下拉连铸炉中，抽真空加热至 1100℃，待材料完全熔化后，保温 15min，进行电磁搅拌；搅拌后精炼 10min，采用定向凝固方法，牵引速度控制 50mm/min，下拉连铸得到直径为 $\Phi 8\text{mm}$ 的金棒材；

其中，所述金-钴-钨-铈-锆金合金棒材的成分为钴 0.0001%、钨 0.0005%、铈 0.0005%、其余为金；

钴、钨、铈、锆的纯度 $\geq 99.99\%$ ，所述金的纯度 $\geq 99.999\%$ ；

步骤 S3、拉伸：将步骤 S2 制备的 8mm 金-钴-钨-铈-锆金合金棒材依次通过粗拉伸、中拉伸、细拉伸、微拉伸成直径为 0.011mm 的键合金丝；

步骤 S4、退火处理：将步骤 S3 制备的键合金丝置于连续退火系统中，采用高纯氮气做为保护气体，温度 300℃，速度 40m/min 进行连续退火处理；

步骤 S5、活化处理：将退火处理后的键合金丝置于连续活化处理系统中，丝线通过浓度为 3%的活化酸溶液中，溶液温度 50℃，同时对溶液施以功率 P045 及频率 8KHZ 超声波，运行速度 40m 进行活化处理，收卷时行烘干处理，烘干温度 100℃；

步骤 S6、溅射绝缘涂层：使用丙酮将高性能聚芳醚酮涂料稀释至浓度 8%，调整溅射压力为 0.1Mpa；丝线以 100m/min 的速度通过压力为 0.15Mpa 的环形出口，环形出口等速等压力对丝线表面 360° 进行高性能聚芳醚酮涂料溅射，均匀形成保护涂层，调整溅射压力及丝线运行速度，控制涂层厚度在 0.3nm，保护涂层厚度为 0.3nm；

步骤 S7、溅射绝缘涂层固化处理：溅射涂层后的丝线以 100m/min 的速度通过长度为 500mm，加热温度为 300℃的 U 形固化装置，对高性能聚芳醚酮涂层进行固化，使得涂层牢固的依附于丝线表面；

步骤 S8、复绕分装：将步骤 S7 处理后的丝线单卷定尺，控制张力 0.8g，单卷 500 或 1000 定尺；

在高纯石墨坩锅及石墨铸型中，石墨密度 $\geq 1.65\text{g/cm}^3$ ，灰粉 $\leq 100\text{ppm}$ 。

实施例 2

一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，具体包括如下步骤：

步骤 S1、合金片材制备：

按重量百分比，分别将 0.2% 的钴和 99.8% 的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1200℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 50min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-钴合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.35mm 的片材，得到金-钴合金片材；

按重量百分比，分别将 0.2% 的钨和 99.8% 的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1200℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 60min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-钨合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.3mm 的片材；

按重量百分比，分别将 0.3% 的铈和 99.7% 的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1200℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 60min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-铈合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.3mm 的片材；

按重量百分比，分别将 0.2% 的锆和 99.8% 的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1200℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 60min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-锆合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.3mm 的片材；

步骤 S2、合金棒材制备：

按重量百分比，将纯度 $\geq 99.99\%$ 金锭与步骤 S1 中制备的金-钴合金片材、金-钨合金片材、金-铈合金片材、金-锆合金片材，放于高纯石墨坩锅内，并置于真空下拉连铸炉中，抽真空加热至 1200℃，待材料完全熔化后，保温 30min，进行电磁搅拌；搅拌后精炼 30min，采用定向凝固方法，

牵引速度控制 90 mm/min, 下拉连铸得到直径为 ϕ 8mm 的金棒材;

其中, 所述金-钴-镧-铈-锆金合金棒材的成分为钴 0.0005%、镧 0.0007%、铈 0.0007%、其余为金;

钴、镧、铈、锆的纯度 $\geq$ 99.99%, 所述金的纯度 $\geq$ 99.999%;

步骤 S3、拉伸: 将步骤 S2 制备的 8mm 金-钴-镧-铈-锆金合金棒材依次通过粗拉伸、中拉伸、细拉伸、微拉伸成直径为 0.03mm 的键合金丝;

步骤 S4、退火处理: 将步骤 S3 制备的键合金丝置于连续退火系统中, 采用高纯氮气做为保护气体, 温度 400℃, 速度 50m/min 进行连续退火处理;

步骤 S5、活化处理: 将退火处理后的键合金丝置于连续活化处理系统中, 丝线通过浓度为 6% 的活化酸溶液中, 溶液温度 70℃, 同时对溶液施以功率 P045 及频率 20KHZ 超声波, 运行速度 60m/min 进行活化处理, 收卷时行烘干处理, 烘干温度 110℃;

步骤 S6、溅射绝缘涂层: 使用丙酮将高性能聚芳醚酮涂料稀释至浓度 10%, 调整溅射压力为 0.2Mpa; 丝线以 150m/min 的速度通过压力为 0.018Mpa 的环形出口, 环形出口等速等压力对丝线表面 360° 进行高性能聚芳醚酮涂料溅射, 均匀形成保护涂层, 调整溅射压力及丝线运行速度, 控制涂层厚度在 0.6nm, 保护涂层厚度为 0.6nm;

步骤 S7、溅射绝缘涂层固化处理: 溅射涂层后的丝线以 150m/min 的速度通过长度为 500mm, 加热温度为 350℃ 的 U 形固化装置, 对高性能聚芳醚酮涂层进行固化, 使得涂层牢固的依附于丝线表面;

步骤 S8、复绕分装: 将步骤 S7 处理后的丝线单卷定尺, 控制张力 4g, 单卷 500 或 1000 定尺;

在高纯石墨坩锅及石墨铸型中, 石墨密度 $\geq$ 1.65g/cm³, 灰粉 $\leq$ 100ppm。

实施例 3

一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，具体包括如下步骤：

步骤 S1、合金片材制备：

按重量百分比，分别将 0.5%的钴和 99.5%的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1300℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 90min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-钴合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.5mm 的片材，得到金-钴合金片材；

按重量百分比，分别将 0.5%的镧和 99.5%的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1300℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 90min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-镧合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.5mm 的片材；

按重量百分比，分别将 0.5%的铈和 99.5%的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1300℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 90min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-铈合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.5mm 的片材；

按重量百分比，分别将 0.5%的锆和 99.5%的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1300℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 90min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-锆合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.5mm 的片材；

步骤 S2、合金棒材制备：

按重量百分比，将纯度 $\geq 99.99\%$ 金锭与步骤 S1 中制备的金-钴合金片材、金-镧合金片材、金-铈合金片材、金-锆合金片材，放于高纯石墨坩锅内，并置于真空下拉连铸炉中，抽真空加热至 1350℃，待材料完全熔化

后,保温 60min,进行电磁搅拌;搅拌后精炼 60min,采用定向凝固方法,牵引速度控制 120 mm/min,下拉连铸得到直径为 $\Phi 8\text{mm}$ 的金棒材;

其中,所述金-钴-钨-铈-锆金合金棒材的成分为钴 1.5%、钨 0.001%、铈 0.001%、其余为金;

钴、钨、铈、锆的纯度 $\geq 99.99\%$,所述金的纯度 $\geq 99.999\%$;

步骤 S3、拉伸:将步骤 S2 制备的 8mm 金-钴-钨-铈-锆金合金棒材依次通过粗拉伸、中拉伸、细拉伸、微拉伸成直径为 0.050mm 的键合金丝;

步骤 S4、退火处理:将步骤 S3 制备的键合金丝置于连续退火系统中,采用高纯氮气做为保护气体,温度 600℃,速度 80m/min 进行连续退火处理;

步骤 S5、活化处理:将退火处理后的键合金丝置于连续活化处理系统中,丝线通过浓度为 10%的活化酸溶液中,溶液温度 120℃,同时对溶液施以功率 P045 及频率 40KHZ 超声波,运行速度 80m/min 进行活化处理,收卷时行烘干处理,烘干温度 120℃;

步骤 S6、溅射绝缘涂层:使用丙酮将高性能聚芳醚酮涂料稀释至浓度 15%,调整溅射压力为 0.3Mpa;丝线以 200m/min 的速度通过压力为 0.2Mpa 的环形出口,环形出口等速等压力对丝线表面 360° 进行高性能聚芳醚酮涂料溅射,均匀形成保护涂层,调整溅射压力及丝线运行速度,控制涂层厚度在 1nm,保护涂层厚度为 1nm;

步骤 S7、溅射绝缘涂层固化处理:溅射涂层后的丝线以 200m/min 的速度通过长度为 500mm,加热温度为 400℃的 U 形固化装置,对高性能聚芳醚酮涂层进行固化,使得涂层牢固的依附于丝线表面;

步骤 S8、复绕分装:将步骤 S7 处理后的丝线单卷定尺,控制张力 8.0g,单卷 500 或 1000 定尺;

在高纯石墨坩锅及石墨铸型中,石墨密度 $\geq 1.65\text{g/cm}^3$,灰粉 $\leq$

100ppm。

请参阅图 2-图 3, 利用本发明方法得到的用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝, 焊线时焊点表面光滑, 无高尔夫球及草莓球现象, 采用真空定向凝固的方法, 控制材料的结晶温度及速度, 使各钴、钨、铈、锆 4 种元素在金中呈点状分布且均匀, 这使得材料密度相对较高, 微细拉丝后表面质量光洁, 表面质量优良, 焊线时避免了烧小球、滑球等现象, 从而改善了键合顺畅性。

以上对本发明的一个实施例进行了详细说明, 但所述内容仅为本发明的较佳实施例, 不能被认为用于限定本发明的实施范围。凡依本发明申请范围所作的均等变化与改进等, 均应仍归属于本发明的专利涵盖范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，其特征在于，具体包括如下步骤：

步骤 S1、合金片材制备：按照重量百分比分别制备金-钴合金片材、金-钨合金片材、金-铈合金片材、金-锆合金片材；

步骤 S2、合金棒材制备：利用步骤 S1 中制备的金-钴合金片材、金-钨合金片材、金-铈合金片材、金-锆合金片材制备直径为 8mm 的金-钴-钨-铈-锆金合金棒材；

步骤 S3、拉伸：将步骤 S2 制备的 8mm 金-钴-钨-铈-锆金合金棒材依次通过粗拉伸、中拉伸、细拉伸、微拉伸成直径为 0.011mm-0.050mm 的键合金丝；

步骤 S4、退火处理：将步骤 S3 制备的键合金丝置于连续退火系统中，采用高纯氮气做为保护气体，温度 300℃-600℃，速度 40m-80m/min 进行连续退火处理；

步骤 S5、活化处理：将退火处理后的键合金丝置于连续活化处理系统中，丝线通过浓度为 3%-10%的活化酸溶液中，溶液温度 50℃-120℃，同时对溶液施以功率 P045 及频率 8KHZ-40KHZ 超声波，运行速度 40m-80m/min 进行活化处理，收卷时行烘干处理，烘干温度 100℃-120℃；

步骤 S6、溅射绝缘涂层：使用丙酮将高性能聚芳醚酮涂料稀释至浓度 8%-15%，调整溅射压力为 0.1Mpa-0.3Mpa；丝线以 100m/min-200m/min 的速度通过压力为 0.15Mpa-0.2Mpa 的环形出口，环形出口等速等压力对丝线表面 360° 进行高性能聚芳醚酮涂料溅射，均匀形成保护涂层，调整溅射压力及丝线运行速度，控制涂层厚度在 0.3nm-1nm；

步骤 S7、溅射绝缘涂层固化处理：溅射涂层后的丝线以 100m/min-200m/min 的速度通过长度为 500mm，加热温度为 300℃-400℃ 的

U形固化装置，对高性能聚芳醚酮涂层进行固化，使得涂层牢固的依附于丝线表面；

步骤 S8、复绕分装：将步骤 S7 处理后的丝线单卷定尺，控制张力 0.8g-8.0g，单卷 500 或 1000 定尺。

2、根据权利要求 1 所述的一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，其特征在于，在步骤 S1 中，所述金-钴合金片材的制备方法为：按重量百分比，分别将 0.1%-0.5%的钴和 99.9%-99.5%的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1100℃-1300℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 30min-90min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-钴合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.2mm-0.5mm 的片材，得到金-钴合金片材。

3、根据权利要求 2 所述的一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，其特征在于，在步骤 S1 中，所述金-镧合金片材的制备方法为：按重量百分比，分别将 0.1%-0.5%的镧和 99.9%-99.5%的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1100℃-1300℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 30min-90min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-镧合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.2mm-0.5mm 的片材。

4、根据权利要求 3 所述的一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，其特征在于，在步骤 S1 中，所述金-铈合金片材的制备方法为：按重量百分比，分别将 0.1%-0.5%的铈和 99.9%-99.5%的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至 1100℃-1300℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温 30min-90min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-铈合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度 0.2mm-0.5mm 的片材。

5、根据权利要求1所述的一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，其特征在于，在步骤S1中，所述金-锆合金片材的制备方法为：按重量百分比，分别将0.1%-0.5%的锆和99.9%-99.5%的金放入高纯石墨坩锅内，并置于真空合金炉中，抽真空加热至1100℃-1300℃，待材料完全熔化后，充入高纯氩气保护，保温30min-90min，将合金熔体倒入石墨铸型中，得到块状的金-锆合金铸锭；分道次将合金铸锭轧制成厚度0.2mm-0.5mm的片材。

6、根据权利要求1所述的一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，其特征在于，在步骤S2中，所述金-钴-镧-铈-锆金合金棒材的制备方法为：按重量百分比，将纯度 $\geq 99.99\%$ 金锭与步骤S1中制备的金-钴合金片材、金-镧合金片材、金-铈合金片材、金-锆合金片材，放于高纯石墨坩锅内，并置于真空下拉连铸炉中，抽真空加热至1100℃-1350℃，待材料完全熔化后，保温15min-60min，进行电磁搅拌；搅拌后精炼10min-60min，采用定向凝固方法，牵引速度控制50mm/min-120mm/min，下拉连铸得到直径为 $\Phi 8\text{mm}$ 的金棒材。

7、根据权利要求6所述的一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，其特征在于，在步骤S2中，所述金-钴-镧-铈-锆金合金棒材的成分为钴0.0001%-1.5%、镧0.0005%-0.001%、铈0.0005%-0.001%、其余为金。

8、根据权利要求1所述的一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，其特征在于，钴、镧、铈、锆的纯度 $\geq 99.99\%$ ，所述金的纯度 $\geq 99.999\%$ 。

9、根据权利要求1所述的一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，其特征在于，在高纯石墨坩锅及石墨铸型中，石墨密度 $\geq 1.65\text{g/cm}^3$ ，灰粉 $\leq 100\text{ppm}$ 。

10、根据权利要求 9 所述的一种用于集成电路双层叠加封装的绝缘键合金丝制造方法，其特征在于，在步骤 S6 中，所述保护涂层厚度为 0.3nm-1nm。