

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 94115626.5

[43]公开日 1995年9月27日

[51]Int.Cl⁶

H01G 4/12

[22]申请日 94.9.1

[30]优先权

[32]93.9.3 [33]US[31]115,833

[71]申请人 莫托罗拉公司

地址 美国伊利诺斯

[72]发明人 约瑟夫·斯托丁杰 沃伦·L·西利
霍华德·W·帕特森

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

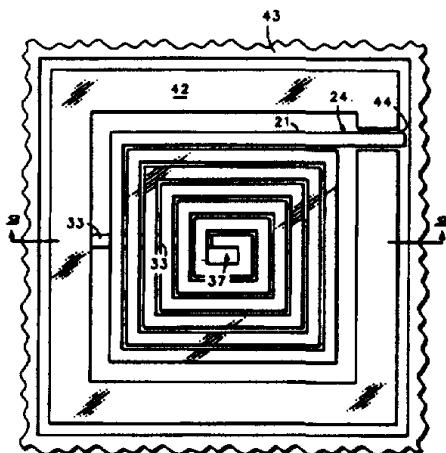
代理人 姜华

说明书页数: 附图页数:

[54]发明名称 集成电路及其形成方法

[57]摘要

一种集成电路由用介质材料层(36)与第二导电材料层(39)隔开的第一导电材料层(30)制成。将第一导电材料层(30)制成图形，形成电容器(22、50、62、72)的第一极板(32、59)。在第一极板(32、59)内分别形成电互连线(33、63)。在介质材料层(36)中形成通路(37)。将第二导电材料层(39)制成图形，形成电容器(22、50、62、72)的第二极板(42、56、66、76)和平面螺旋电感器(21、51、61、71)。该平面螺旋电感器(21、51、61、71)则由电容器(22、50、62、72)的第二极板(42、56、66、76)所围绕。



权 利 要 求 书

1. 一种集成电路,其特征在于包括:
 - 第一导电材料(30);
 - 第二导电材料(39),该第二导电材料(39)包括一个第一区(14)和一个第二区(15),第1区(14)基本上围绕第二区(15);以及
 - 形成在第一导电材料(30)与第二导电材料(39)之间的介质材料(36)。
2. 根据权利要求1的集成电路,其中的第二区(15)为八角螺旋形。
3. 一种集成电路,其特征在于包括:
 - 电容器(22、50、62、72),它包括第一(32、59)和第二(42、56、66、76)导电层,而其间配置有一介质层(36);以及
 - 在介质层(36)上形成的,而且基本上由第二导电层(42、56、66、76)围绕的电感器(21、51、61、71、81)。
4. 根据权利要求3的集成电路,其中电感器(81)是圆形平面螺旋电感器。
5. 根据权利要求3的集成电路,其中电感器(21)是矩形平面螺旋电感器。
6. 根据权利要求3的集成电路,其中电感器(21、51、61、71、

81) 具有电耦连到第二电导层(42、56、66、76)的第一端(24)。

7. 根据权利要求3的集成电路，其中电感器(21、51、61、71、81)具有电耦连到第一电导层(32、59)的第二端。

8. 一种形成集成电路的方法，其特征在于其步骤包括：

形成一第一导电材料层(30)；

用介质材料层(36)覆盖第一导电材料层(30)的一部分；以及在介质材料层(36)上形成第二导电材料层(39)，该第二导电材料层(39)具有一种图形，其中一个第一区(14)基本上与围绕一个第二区(15)，而且使第二区(15)的一部分电耦连到第一导电材料层(30)。

9. 根据权利要求8的形成集成电路的方法，其中形成一个第二导电材料层(39)的步骤含有形成基本上由一矩形图形围绕的螺旋形图形。

10. 根据权利要求8的形成集成电路的方法，其中用介质材料层(36)覆盖第一导电材料层(30)部分的步骤还含有在介质层(36)中形成通路(37)、使第一导电材料层(30)一部分露出通路(37)的步骤。

说 明 书

集成电路及其形成方法

本发明一般涉及集成电路，更具体地说，涉及有电感性与电容性元件的集成电路。

电气系统是由很多器件包括有源元件例如晶体管与无源元件例如电容器、电感器以及电阻器构成。在致力于改进电气系统性能方面，许多系统设计者都力求优化尺寸、重量、以及通过这些器件的电信号传播速度。受系统设计者对尺寸和重量要求的推动，半导体器件制造者已制成将有源与无源电路元件都集成在单块半导体衬底的集成电路。虽然，半导体器件制造者已开发了用以缩小有源电路元件尺寸的优秀技术，但无源电路元件，例如电容器与电感器的占半导体芯片面和的大部分。

因此，开发一种包括电感性与电容性元件的集成电路及制造这种集成电路的方法，从而得到缩小通常要求的芯片面积的结果必定是有利的。

前面言之，本发明是一种包括第一导电材料的第二导电材料的集成电路。第二导电材料包括一个基本上环绕一第二区的第一区。此

外，使介质材料形成在第一导电材料与第二导电材料之间。

另一方面，本发明是一种集成电路的形成方法，该方法包括形成第一导电材料层的步骤，以及用介质材料层覆盖部分第一导电材料层的步骤。随后，该方法包括在介质材料层上形成第二导电材料层，其中，将第二导电材料层刻制成具有一个基本上环绕一第二区的第一区，而部分第二区被电耦合到第一导电材料层。

图 1 说明现有技术的二端网络电路图；

图 2 说明根据本发明第一实施例，沿一加工过的半导体片图 4 的切割线 2—2 的剖面高倍放大图；

图 3 说明中间工艺步骤的图 2 半导体片的部分平面图；

图 4 说明图 2 半导体芯片的部分平面图；

图 5 说明现有技术中电感电容网络的电路图；

图 6 说明根据本发明第二实施例，用于形成图 5 网络的一个半导体片实施例的部分平面图；

图 7 说明另一种现有技术电感—电容网络电路图；

图 8 说明根据本发明第三实施例，另一种工艺加工半导体片的沿图 10 切割线 8—8 的高倍放大剖面图；

图 9 说明中间工艺步骤期间图 8 半导体片的部分平面图；

图 10 说明图 8 半导体片的部分平面图；

图 11 说明又一种现有技术电感—电容网络电路图；

图 12 说明根据本发明第四实施例，又一种工艺加工半导体片

的沿图 13 切割线 12—12 的高倍放大剖面图；

图 13 说明加工图 12 半导体片的一个步骤的平面图；

图 14 说明根据本发明第五实施例的圆形螺旋电感器的平面图；

以及

图 15 说明根据本发明第六实施例的八角形螺旋电感器的平面图。

图 1 说明一种现有技术二端无源电路网络 20 的电路图，包括与一个平行极板电容器 22 相串联的一个电感器 21。网络 20 具有一个由电感器 21 第一端形成的第一端或端口 24 和一个由平行极板电容器 22 的第二极板形成的第二端或端口 25。电感器 21 的一个第二端在结点 23 与平行极板电容器 22 的第一极板相电耦连。

图 2 说明根据本发明的新颖方法所加工的半导体片 28 沿图 4 切割线 2—2 的高倍放大剖面图，以形成诸如图 1 的网络 20 之类的二端无源电路网络。应该理解，用于各图中的同样标号表示同样的元件。半导体片 28 具有一个基本上环绕一个第二无源电路元件区 15 的第一无源电路元件区 14。半导体片 28 由诸如，砷化镓、硅、锗、或此类的半导体衬底 29 构成。较可取的是，半导体衬底为砷化镓。用本领域公知的技术在半导体衬底 29 上形成选择的场氧化层 27。选择的场氧化层 27 的厚度，例如，在约 0.2 微米和约 0.4 微米之间的范围内。应当理解，选择场氧化层 27 的厚度不是对本发明的一种限制。在场氧化层 27 上形成一个第一导电材料层 30，亦称之为第一

导电层，随后，将其制成图形，形成平行极板电容器 22(图 1)的一个极板。导电材料层 30 可以是铝、钛钨、金、等。举例来说，导电材料层 30 可以为厚约 1.0 微米的铝。虽然，将导电材料层 30 作为单层导电材料来看待并这样示出，但应理解到，导电材料层 30 也可以由多层导电材料构成，其中开始的导电材料层用作接触场氧化层 27 的或为接触半导体衬底 29 的 欧姆接触层。

现在参看图 3，采用本领域技术人员公知的技术在场氧化层 27 上已将导电材料层 30 刻制成图形后，示出导电材料层 30 的平面图。更具体地，将导电材料层 30 制成一种正方形闭环结构 32 的图形。一条电互连线 33 从环结构 32 的一边伸向环结构 32 的中心，终止于端头 34。虽然电互连线 33 被图示为具有位于中心的端头 34 的正方形结构，应该理解，电互连线 33 的形状和端头 34 的位置不是对本发明的限制。换句话说，电互连线 33 可以取适合于将电感器与平行极板电容器相电连接的任何形状。正如下面将要描述的那样，方形闭环结构 32 用作图 1 所示电容器 22 的一个第一极板。

再参看图 2，在导电材料层 30 上形成一个介质材料层 36。更具体地，使介质材料层 36，也称之为介质层，形成在第一极板 32、电互连线 33、以及场氧化层 27 所露出部分上。介质材料层 36 用作平行板电容器 22 的介质材料，可以是氮化硅、二氧化硅、或类似物。举例说，介质材料层 36 可以是厚度范围在约 0.1 微米与约 1.0 微米之间的氮化硅。本领域技术人员知道，电容器 22 的电容值至少部分由为

介质材料层 36 选用的材料种类与厚度来决定。应理解，所提及的介质材料层 36 的厚度范围只不过是作为一个实例而不是对介质层 36 厚度的限制。

穿过介质材料层 36 形成通路 37，且露出电互连线 33 的端点 34。通路 37 提出一个用来使电容器 22 的第一极板 32 与电感器 21 的第二端相电连接的装置。可用本领域技术人员众所周知的方法形成诸如通路 37 之类的各种通路。

一个第二导电材料层 39，也称之为第二电传导层，形成在介质材料层 36 上，且露出导电材料层 30 的一些部分。更具体地说，第二导电材料层 39 填充满通路 37 和电互连线 33 的接触端头 34，从而使电互连线 33 与第二导电材料层 39 相耦连，亦即，使导电材料层 30 的一个第一部分与导电材料层 39 的一个第二区的第一部分相电耦连。举例说，第二导电材料层 39 厚度约为 2.5 微米。较可取的是，将第二导电材料层 39 制成图形，以形成在导电材料层 39 的第二区中的平面螺旋电感器 21、在导电材料层 39 的第一区中的电容器 22 的第二极板 42、第一端 24 和导电平面 43，其中第二极板 42 环绕着平面螺旋电感器 21。本领域技术人员都会理解到，由于第一端 24 遍及介质材料层 36 上一般都能看到，所以将第一端 24 以图示说明。将导电材料层制成图形的方法则是本领域技术人员所周知的。

现在参看图 4，所示的是导电材料层 39 已被制成图形后的导电材料层 39 的平面图。更具体说，该平面图图示了螺旋形电感器 21、

电容器 22 的第二极板 42、电互连线 33、导电平面 43 以及第一端 24。第二导电材料层 39 填充通路 37(图 2)并且接触电互连线 33, 从而使电感器 21 与电容器 22 的第一极板 32 相电连接。正如本领域技术人员都知道的, 电互连线 33 电气上起部分螺旋形电感器 21 的作用, 亦即, 电互连线 33 是电感器 21 的一部分。而且, 电互连线 33 通常通过介质材料层 36 是可看见的, 所以也在图中被表示出。此外, 螺旋形电感器 21 的螺线成正方形螺旋, 即, 螺旋电感器 21 是一种正方形平面螺旋电感器。为帮助理解形成网络 20 的结构 5 与电互连线, 图中通路 37 的位置用附有通路标号 37 的箭头来表示。

并且, 第二极板 42 最好具有与第一极板 32 对应的形状的正方环形结构。其中第二极板 42 最好在第一极板 36 的上面并且由通过介质材料层 36 的部分与第一极板 32 垂直地隔开。在一个实施例中, 第二极板 42 是一个有间隙 44 的开口环状结构, 网络 20 的第一端 24 穿过此该间隙 44。于是, 其间有介质材料层 36 的第一极板 32 与第二极板 42 形成平行极板电容器 22(图 1)。虽然所示第二极板 42 存在间隙 44, 但仍可以理解到, 第二极板 42 也可以是没有间隙 44 的闭环结构。还应当进一步理解到, 第二极板 42 可用作网络 20 的第二端 25(图 1)。如本领域技术人员所知道的, 可以将导电材料层 39 制成这样的图形, 使第二端 25(图 1)从第二极板 42 伸出。

图 5 说明具有与电容器 52 相并联的电感器 51 的也有技术电感—电容网络 50 的电路图, 其中并联电感—电容网络 50 有一个第一

端 54 和一个第二端 55。采用用于形成图 1 网络 20 的以及和图 2—4 所示的同样的技术来形成网络 50，其中形成网络 20 和网络 50 的方法之间的区别在于第二导电材料层 39 的图形。所以，除第二导电材料层 39 的图形之外，网络 50 的剖面图与图 2 所示的网络 20 的剖面图是相同的。换句话说，采用图 2 说明的结构来实现网络 50，其中只是用具有如图 6 说明的图形的导电材料层 39 来替换制成图 2 的第二导电材料层 39 的图形。举例说，第二导电材料层 39 的厚度约为 2.5 微米。

现在参看图 6，说明已制成图形的第二导电材料层 39 的平面图，其中利用本领域公知的技术已将第二导电材料层 39 制成图形。更具体说，该平面图图示了根据本发明的螺旋电感器 51、第二极板 56、电互连线 33 以及导电平面 43。与图 2 所示结构相类似，第二导电材料层 39 填充通路 37，从而接触电互连线 33 并且使电感器 51 与容器 52(图 5)的第一极板 32(如图 2 和 3 所示)相电连接。为帮助理解形成网络 50 的结构与电连接，将通路 37 的位置用常有通路 37 的标号的箭头标出。

第二极板 56 为一方形闭环结构，具有与第一极板 32 对应的形状，其中第二极板 56 在上面，由介质材料层 56 的部分与第一极板 32 垂直地隔开。第二导电材料层 39 被制成如此图形，使得螺旋电感器 51 的一个第一端与第二极板 56 相电连接。换句话说，由第二导电材料层 39 的同一部分形成螺旋电感器 51 的一个第一端和第二极

板 56 的一部分。于是,通过将电感器 51 的一个第二端电耦连到电容器 52 的第一极板 32, 而将电容器 52 的第二极板 56 电耦连到螺旋形电感器 51 的一个第一端而形成并联的电感—电容网络 50。如图 5 所示, 此时第二极板 56 用作网络 50 的第一端 54, 而第一极板 32 则用作网络 50 的第二端 55。

图 7 说明已有技术电感—电容网络 60 的电路图, 该网络 60 具有与电容器 62 并联的电感器 61, 其中并联电感—电容网络 60 有一个第一端 64 和一个第二端 65。将第二端 65 与地电位相耦连, 即第二端 65 接地或与地电位短路。将根据本发明方法加工的半导体 68 沿切割线 8—8 的高倍放大剖面图图示于图 8 之中。半导体片 68 具有一个围绕一个第二无源电路元件区 15 的第一无源电路元件区 14 而且由有一个场氧化层 27 和一个第一导电材料层 30 的半导体衬底 29 组成, 其中, 半导体衬底 29 和场氧化层 27 都与图 2 叙述讨论过的相同。

接着参看图 9, 所示的导电材料层 30 的平面图是已将导电材料层 30 在场氧化层 27 制成图形之后的图形。将该导电材料层 30 制成一个闭环结构 59, 它是一个矩形的形状或图形。环形结构 59 环绕着电互连线 63 并且与之相电隔离, 而且还带有一个第一端头 64 和一个第二端头 69。虽然所示电互连线 63 为一矩形结构, 但应能理解到, 电互连线 63 的形状不是对本发明的一种限制, 而该电互连线 63 可以具有适合于使螺旋形电感 平板电容器相电互连的任何形状。

矩形闭环结构 59 用作图 7 所示电容器 62 的一个第一极板。

再参看图 8，在导电材料层 30 上形成一个介质材料层 36。结合图 2 已讨论了介质材料层 36 的形成。穿过介质材料层 36 形成第一通路 37，并露出电互连线 63 的第一端头 64。穿过介质材料层 36 形成通路 67 并露出电互连 63 的第二端 69。穿过介质材料层 36 形成通路 68，并露出电容器 62 第一极板 59 的一部分。

在介质材料层 36、电互连线 63 的端头 64 与 69、以及电容器 62 第一极板 59 露出部分上形成一个第二导电材料层 39。具体说，使导电材料层 39 填充通路 37、67 和 68。通路 68 提供一个用于使电容器 62 第一极板 59 与螺旋形电感器 61 第二端相连接的装置。举例来说，第二导电材料层 39 厚约 2.5 微米。将第二导电材料层 39 制成图 7 的螺旋形电感器 61 和电容器 62 的第二极板 66。

接着参看图 10，表示已将第二导电材料层 39 制成图形后的导电材料层 39 平面图。更具体说，该平面图绘出了螺旋形电感器 61 和电容器 62 的第二极板 66。为帮助理解形成网络 60 的结构和电连线，通路 37、67 及 68 的位置分别用带有通路 37、67 及 68 的标号的箭头标出。使第二导电材料层 39 填充通路 37 和 67，从而通过电互连线 63 将螺旋形电感器 61 的第二端耦连到电容器 62 的第二极板 66，将螺旋电感器 61 的第二端电耦连电容器 62 的第二极板 66，形成了图 7 所示网络 60 第二端 65 的等效电路。进一步地，第二极板 66 是由第二导电材料层 39 的一部分形成的导电平面部分又与螺旋

形电感器 61 电隔离。根据图 7 的网络 60，第二极板 66(因而还有导电平面)与地电位相耦连。换句话说，网络 60 的第二端 65 接地。

此外，使第二导电材料层 39 填充满通路 68，从而使螺旋形电感器 61 的一个第一端电连接到电容 62 的第一极板 59。把螺旋形电感器 61 的第一端连 到电容器 62 的第一极板 59 形成图 7 示的网络 60 第一端 64 的等效电路。

图 11 说明已有技术的电感—电容网络 70 的电路图，包括连到平行极板电容器 72 的电感器 71。网络 70 具有一个由电感器 71 的第一端形成的第一端或端口 73、在把平行极板电容器 72 的一个第一极板与电感器 71 的一个第二端相连接的结点形成的第二端或端口 74、以及由平面电容器 72 第二极板形成的第三端或端口 75。第三端 75 与地电位耦连。

根据本发明工艺加工成的半导体片 78 的高倍放大剖面图(沿图 13 切割 12—12)示于图 12 中。半导体片 78 具有围绕一个第二无源电路元件区 15 的第一无源电路元件区 14，它由诸如砷化镓、硅、锗或类似物的半导体衬底 29 构成：半导体片 78 具有在半导体衬底 29 上的场氧化层 27、第一导电材料层 30、介质材料层 36、以及通路 37，其中的半导体衬底 29、场氧化层 27、导电材料层 30、介质材料层 36、以及通路 37 都与结合图 3 与 4 讨论过的相同。

再参看图 12，将第二导电材料层 39 形成在介质材料层 36 和电互连线 33 的端头 34 上。第二导电材料层 39 的厚度例如约为 2.5

微米。使第二导电材料层 39 填充通路 37，其中通路 37 提供用于连接电容器 72 的第一极板 32 与电感器 71 第二端的装置。再将第二导电材料层 39 制成图形，以形成螺旋电感器 71、平行极板电容器 72 的第二极板 76、以及网络 70 的第一端 74。

接着参看图 13，图示为采用本领域技术人电都公知的技术，已将导电材料层 39 制成图形后的导电材料层 39 的平面图。该平面图说明了螺旋电感器 71 和平行极板电容器 72(图 11)的第二极板 76。在本实施例中，第二极板 76 是一种开口的环状结构，该结构有一间隙 77，网络 70 的第一端 74 穿过此间隙而延伸。因而，第一极板 32 与第二极板 76 其间有介质材料层 36 而形成平行极板电容器 72(图 11)。另外，第二极板 76 是由一部分第二导电材料层 39 形成的导电平面部分，该第二极板 76 又与螺旋形电感器 71 相电隔离。根据图 11 的网络 70，第二极板 76，因而以及导电平面，都被耦接到地电位。虽然平行极板电容器 72 的第二极板 76 如所示带有间隙 77，但应理解到，第二极板 76 也可以是没有间隙 77 的闭环结构。

图 14 说明导电材料层 39 的平面图，其中已将导电材料层 39 制成图形。该平面图示出一个圆形平面螺旋电感器 81 和一个平行极板电容器的第一极板 83。更具体地，平面螺旋电感器 81 是一种圆形螺旋电感器。虽然第一极板 83 如所示为矩形，但本领域的技术人员都应知道，第一极板 83 以及第二极板(未示出)可以是圆形，或多角形。

图 15 说明导电材料层 39 的平面图,其中的导电材料层 39 已被制成如此图形,即平面螺旋电感器 91 为八角形。换言之,螺旋电感器 91 是一种八角形的螺旋电感器。还将导电材料 39 的第二层制成图形,形成平行极板电容器(未示出)的一个第一极板 93。与图 14 的第一极板 83 相类似,第一极板 93 可以是圆形或多角形,例如八角形的。

至此,应当理解到,已经说明了用来形成有电感—电容网络的集成电路的新颖结构与方法。该电感—电容网络是由用介质材料层隔离开的两层导电材料形成的无源电路结构。第二导电材料层具有围绕第二无源电路元件区 15 的第一无源电路元件区 14,其中的第二无源电路元件区 15 具有第一端和第二端。另外,第一无源电路元件区 14 与第二无源电路元件区 15 和第一导电材料层共同运作形成无源电网络。

在一个实施例中,第二无源电路元件区包括一个平面螺旋电感器,而第二无源电路元件区包括形成一个电容器的两个平行环形结构。将螺旋电感器安置在两个用作一个电容器的平行环结构之内,提供一种用比常规用固体极板形成电容器并把电感器安置在固体极板旁的方法为小的半导体片面积来实现电感—电容网络的装置。虽然本发明的电感—电网络包括平面的螺旋电感器,但该电感—电容网络是一种比较平坦的结构。换句话说,该电感—电容网络的厚度(约 30 微米)与半导体衬底与场氧化层的厚度,总合厚度(约 626 微

米)比较而言是相当小的,因而该电感一电容结构实际上是平面的。

正如本领域技术人员完全知道的那样,螺旋电感器可以形成在第一或第二导电材料层的任一层内。此外,既可将平行极板电容器的极板设为地电位,也可用作导电层。

说 明 书 附 图

1/11

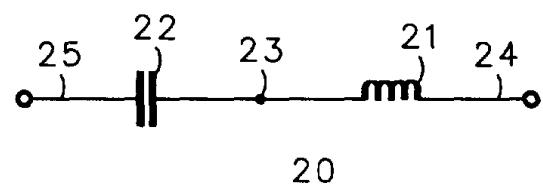


图 1

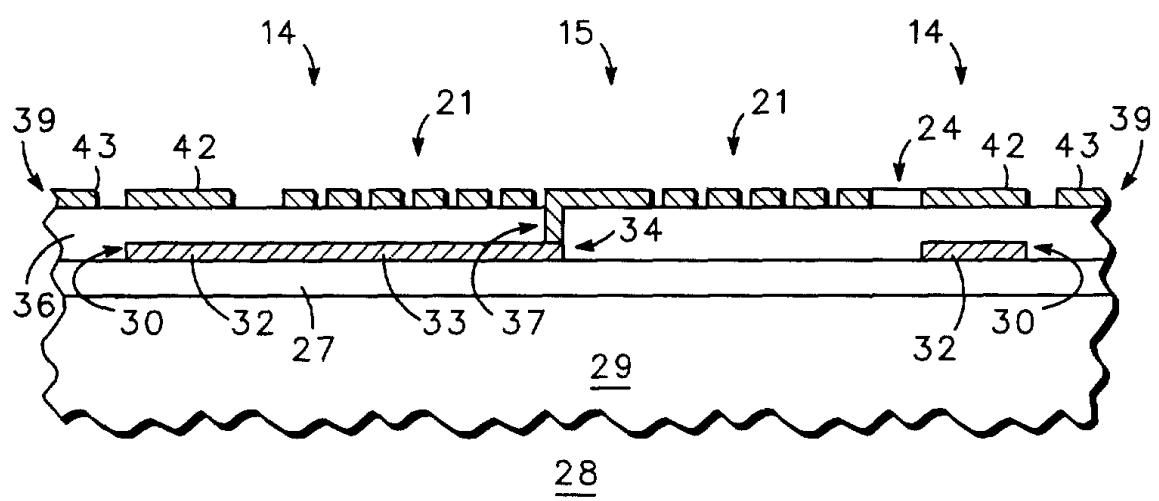


图 2

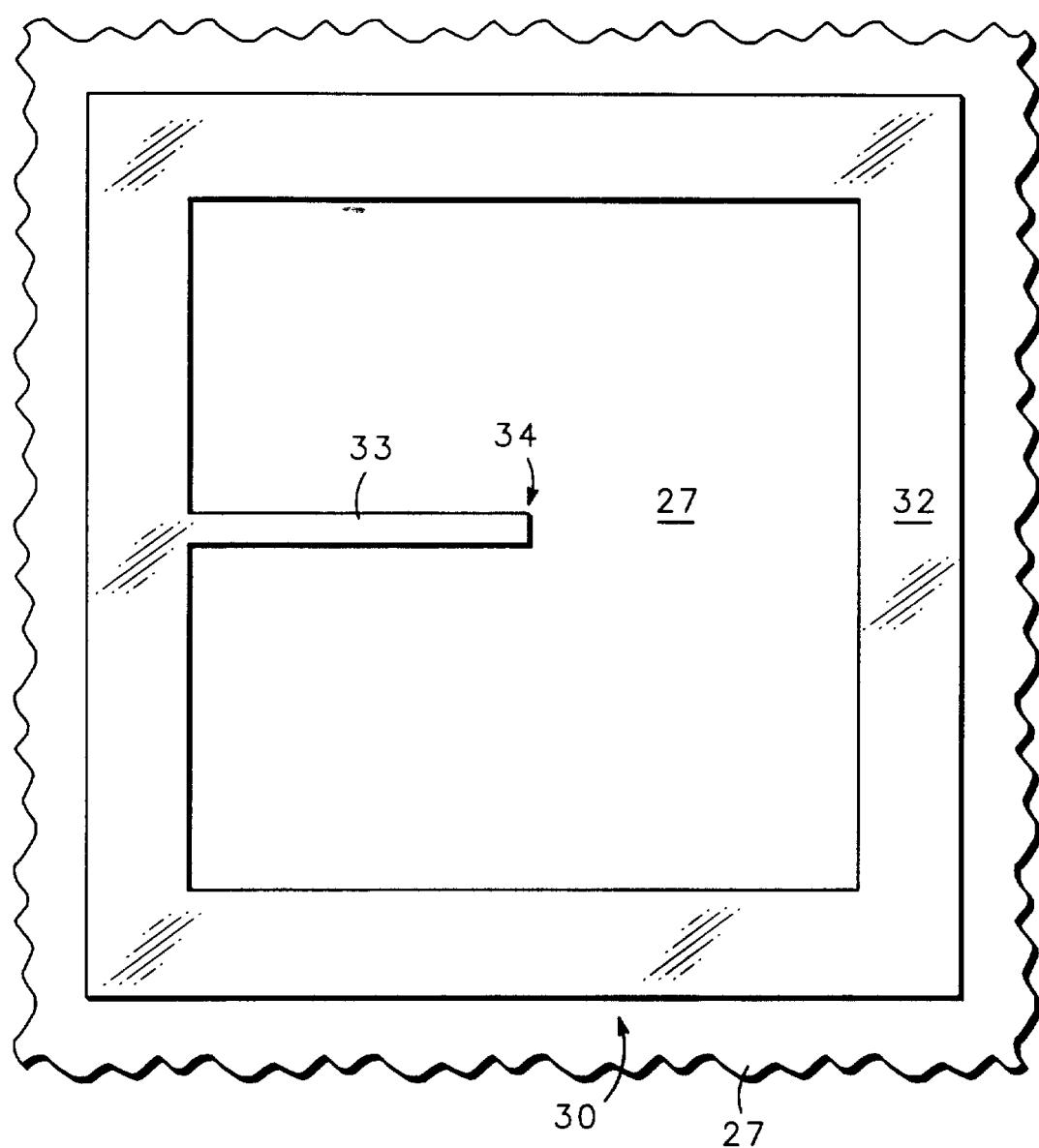


图 3

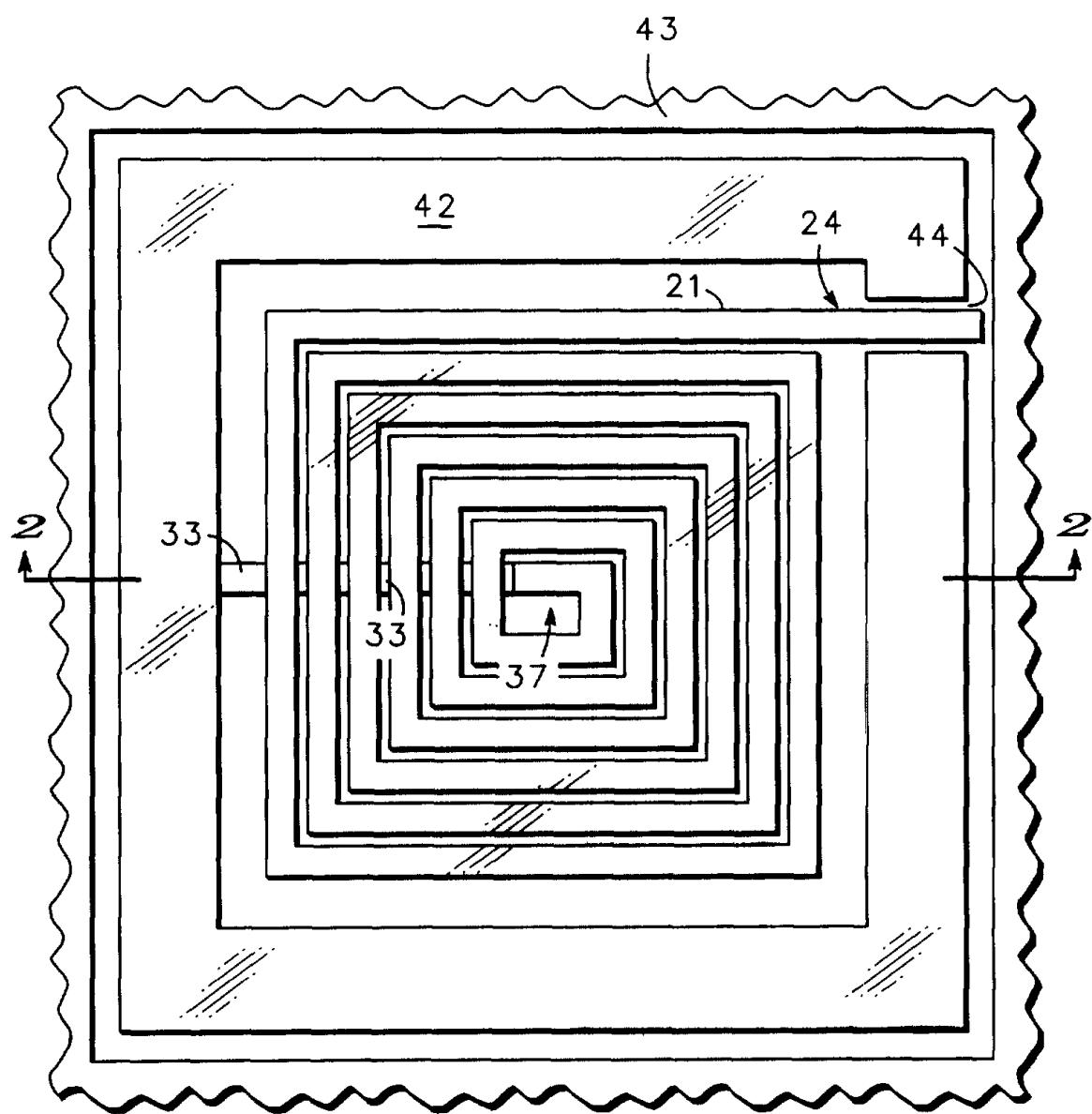


图 4

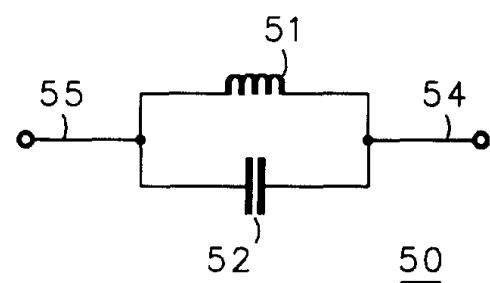


图 5

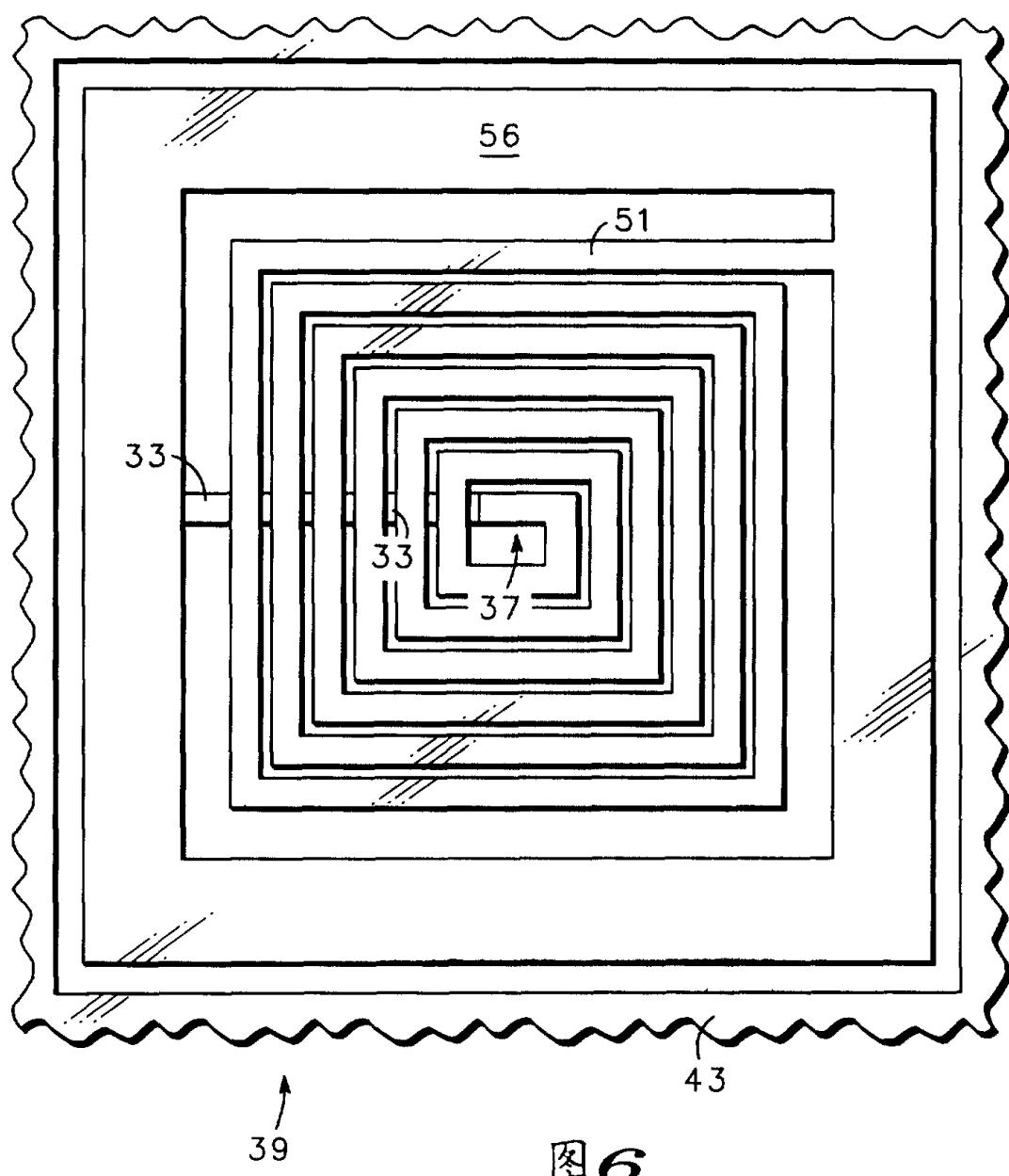


图 6

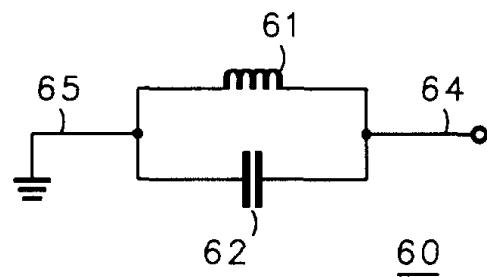


图 7

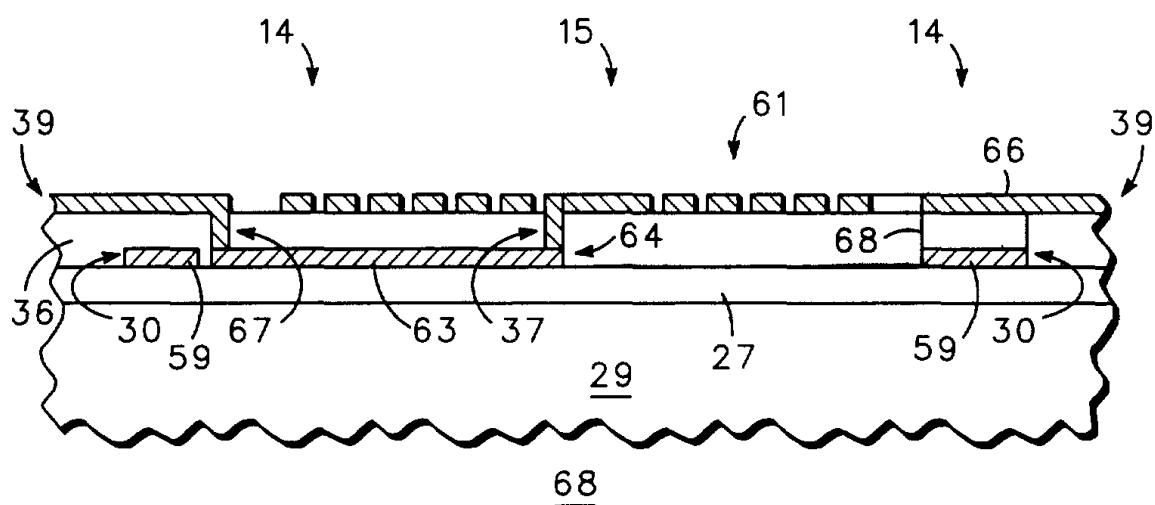


图 8

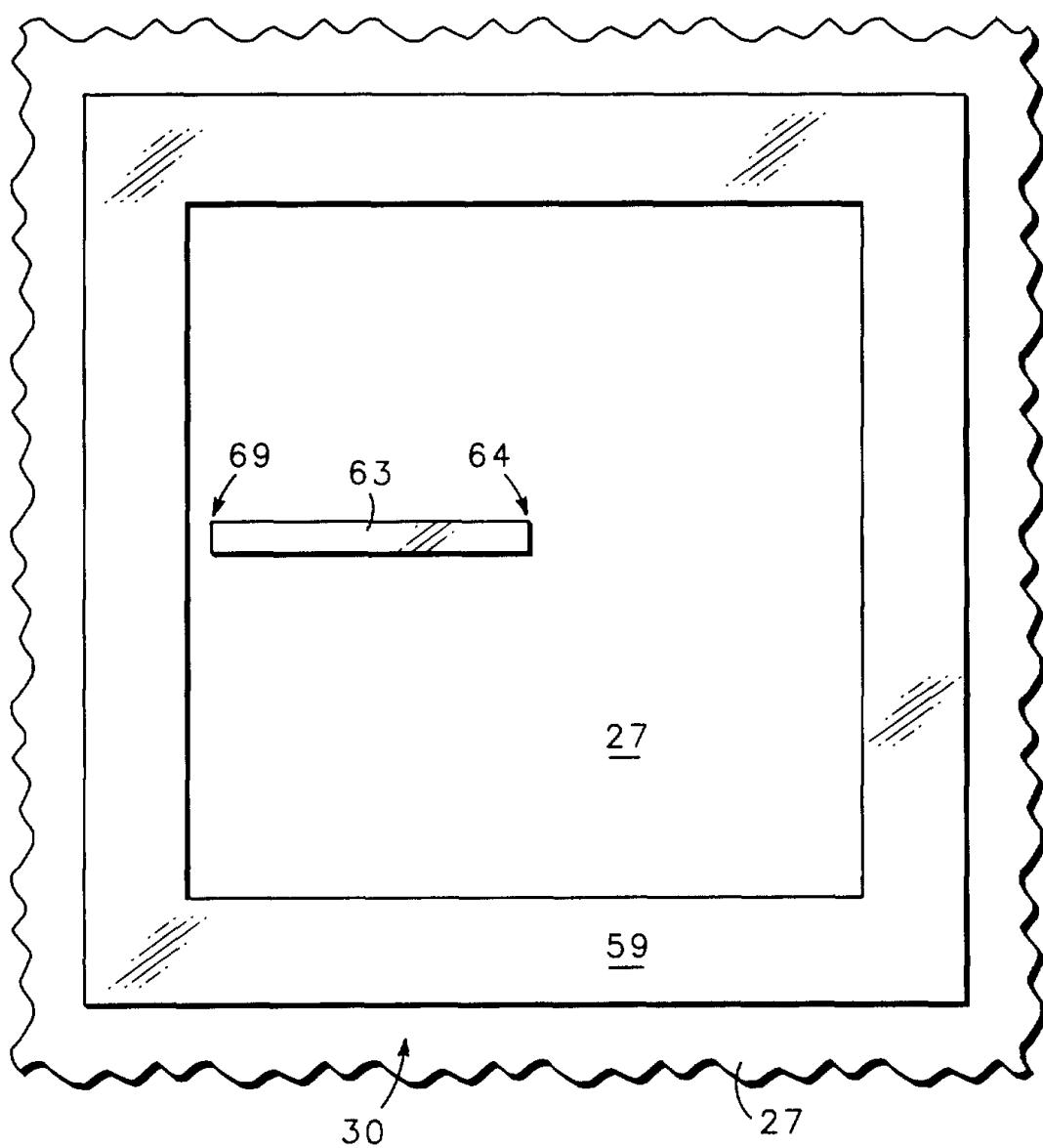


图 9

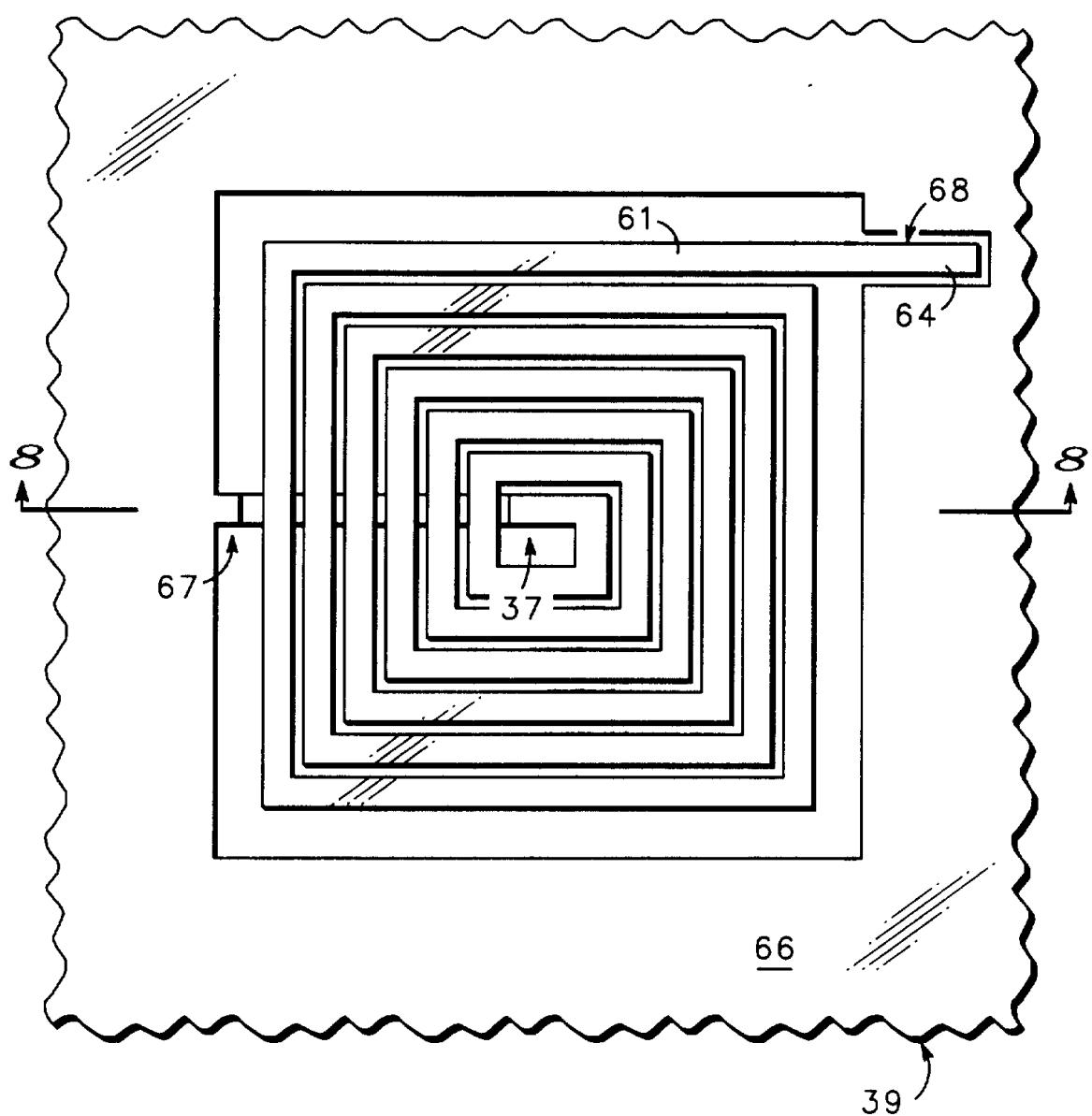


图 10

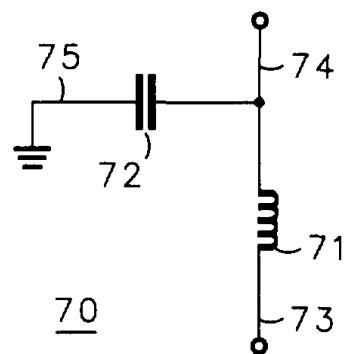


图 11

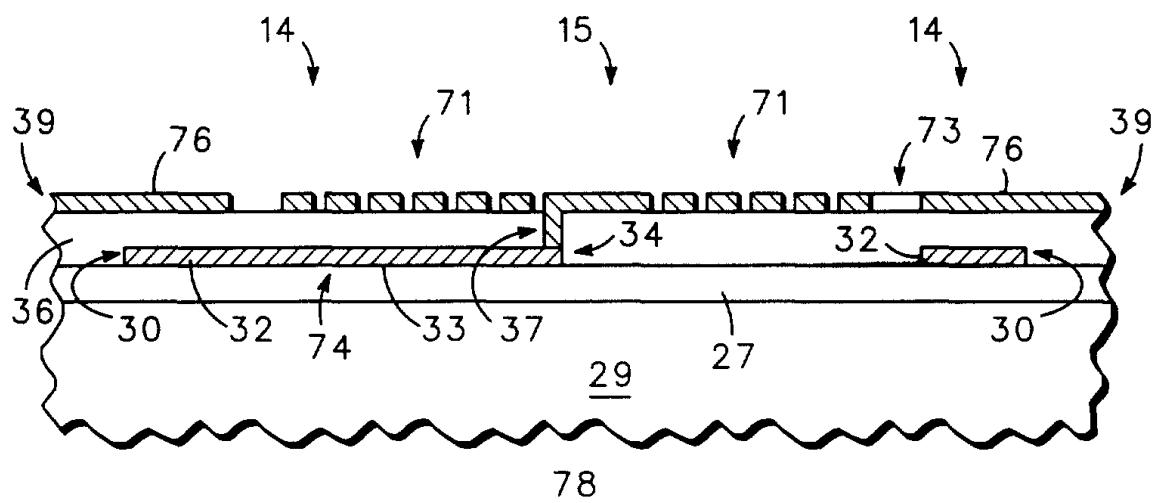


图 12

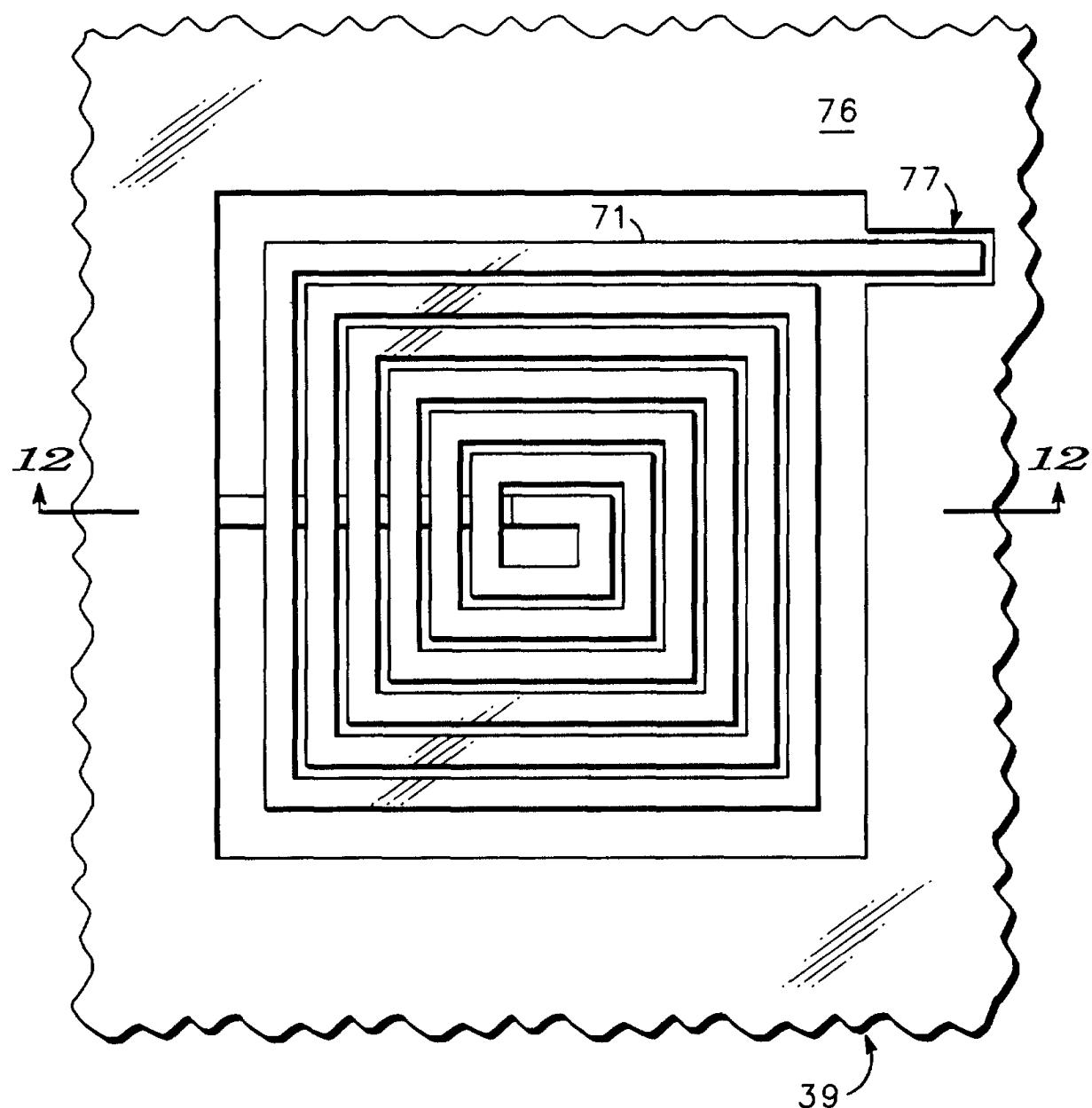


图 13

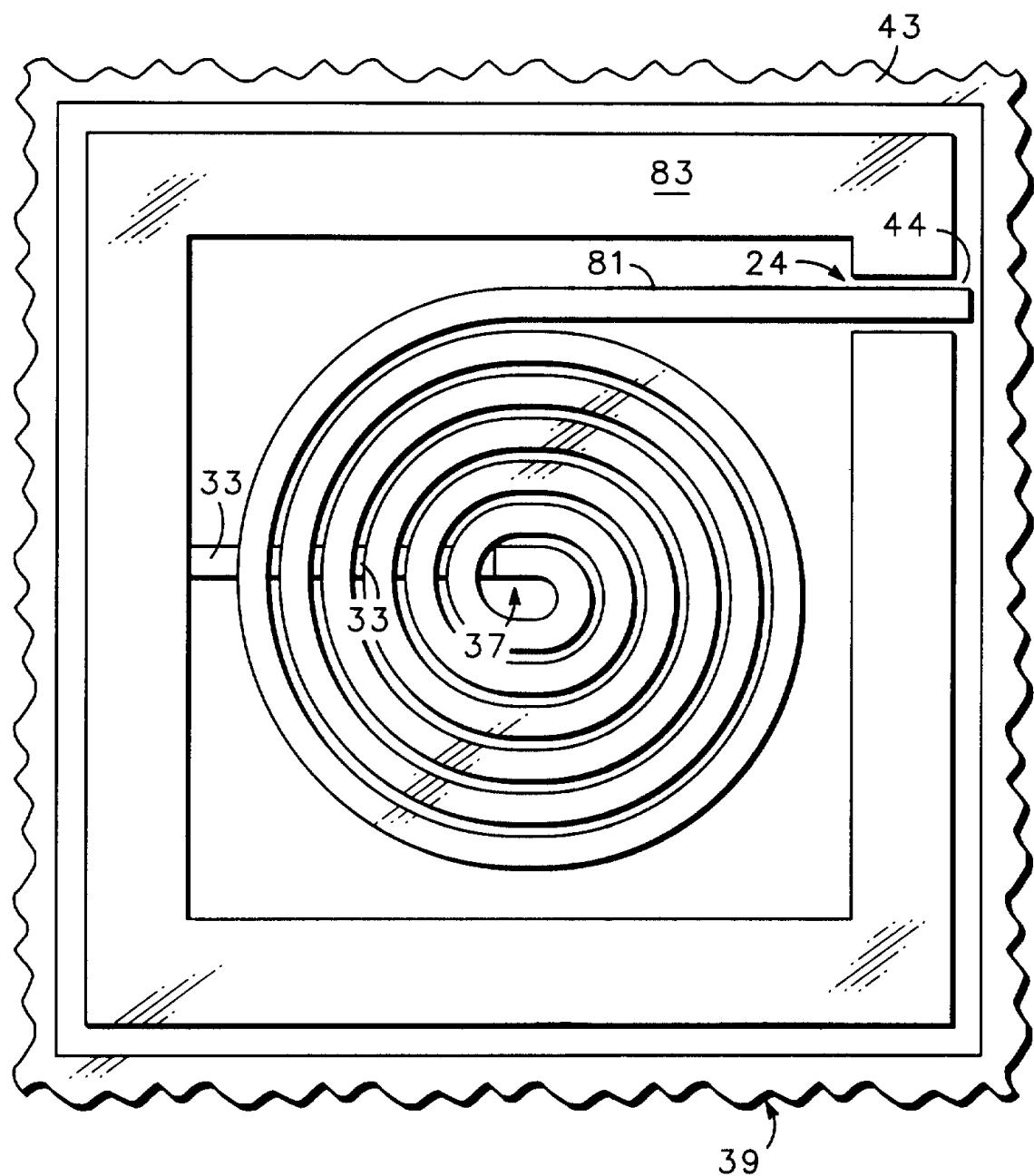


图 14

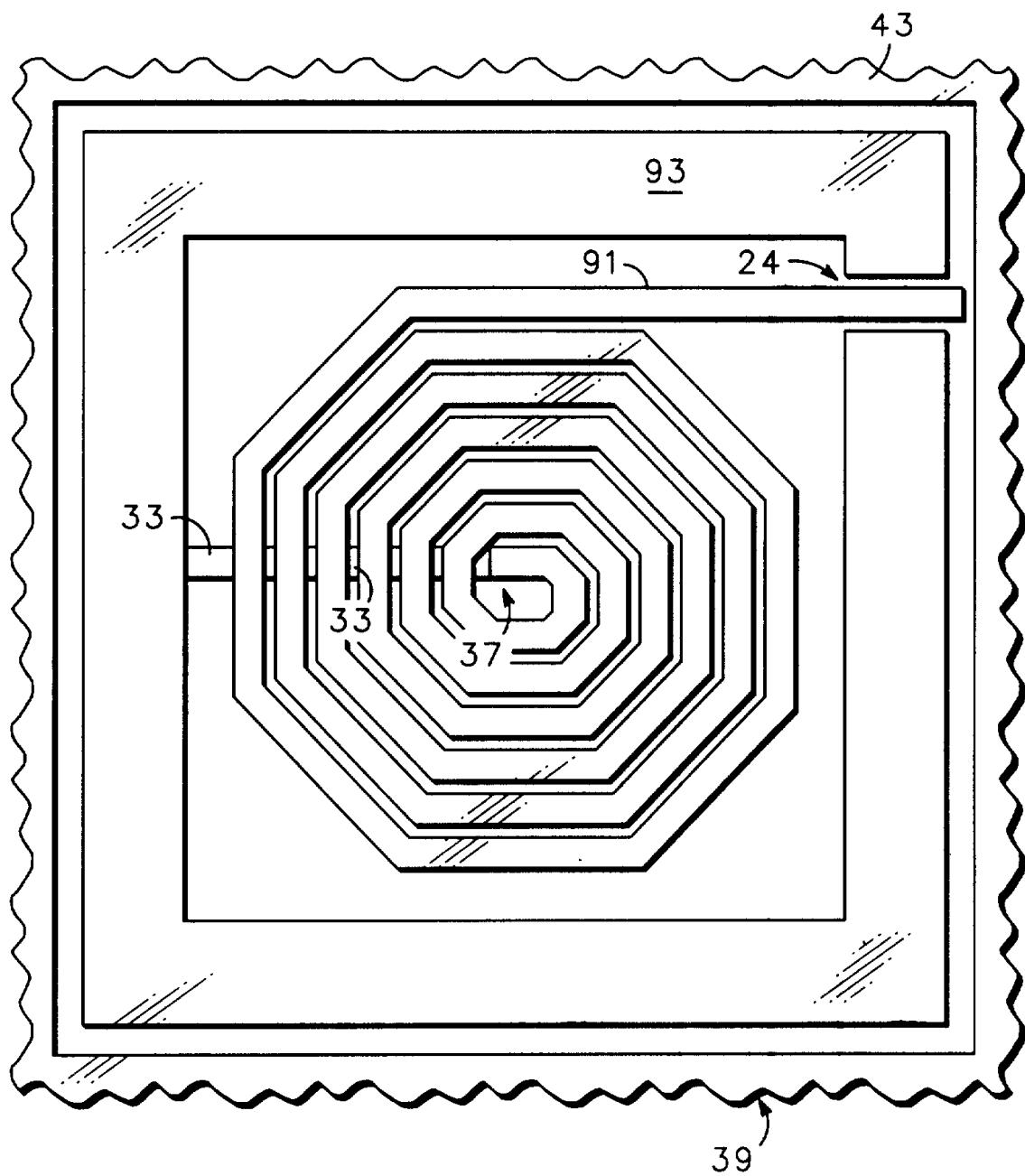


图15