

电场耦合式无线供电系统：实现轻松无线充电！

村田制作所开发出了基于“电场耦合方式”的无线供电系统。电场耦合方式的无线供电技术与“电磁感应方式”及“磁场共振方式”不同，通过对置送电侧电极与受电侧电极，利用两电极间产生的感应电场来供电，具有抗水平错位能力较强的特点。村田制作所已试制完成了为平板终端、电子书终端等便携终端进行无线供电的供电台。在本文中，村田制作所的新业务负责人和商品策划人员将对该公司的战略和技术详情进行介绍。

在众多企业对无线传输电力的无线供电技术展开研究的背景下，村田制作所将着眼点放在了被称为“电场耦合方式”的技术上。以前村田制作所也开发过“电磁感应方式”的无线供电技术，但 2008 年前后决定改为推进电场耦合方式。

电场耦合方式的构造简单，只要是在供电台规定的充电区域内，无论将产品放在什么位置都可供电，可实现“位置自由（Free Positioning）”的供电。另外，由于可将电极减薄，因此具有容易嵌入产品等其他方式所没有的特点。

村田制作所用了大约 3 年的时间提高了技术的完成度，并构筑了以基本专利为中心的专利网。目前已试制完成成为平板终端及电子书等便携终端进行无线供电的供电台。

村田制作所计划 2011 年秋季面向平板终端的无线供电装置量产输出功率为 10W 的送电模块及受电模块。与此同时，为了扩大电场耦合方式的应用，还开始进行标准化工作。

本文将技术方面的内容及特点为核心，详细介绍电场耦合方式。

在业内为少数派

无线供电方式因利用的原理不同而有数种方式（图 1）。在无线供电技术中研发历史较长的是电磁感应方式。在电动牙刷及无线电话等领域已有采用的业绩。电磁感应方式方面，目前已成立了开展标准化作业的业界团体“Wireless Power Consortium (WPC)”，制定完成了面向 5W 以下设备的标准规格。



图 1：众多企业关注无线供电（点击放大）

图中按电力传输方式汇总了无线供电的开发动向。在大量企业致力于电磁感应方式和磁场共振方式的情况下，村田制作所则着眼于电场耦合方式。

“磁场共振方式”是刚刚起步的技术。其魅力在于可将电力传输到距离数 m 远的地方，因此众多企业及研究机构正在进行相关研发。

村田制作所致力开发的电场耦合方式在无线供电业界为少数派。除村田制作所外，日本只有竹中工务店在研发。

2011 年秋季量产

村田制作所以开辟电场耦合式供电装置业务为目标全面展开开发的时间是在 2010 年 4 月。研究本身早在 2008 年前后就已开始，此后一直在确立相关技术。2010 年 6 月村田制作所正式宣布试制完成了输出功率为 3W 的送电模块及受电模块。同年 10 月在“CEATEC JAPAN2010”上参展，并在村田制作所的自行车机器人“村田顽童 Type ECO”上配备了该技术。与此同时还上市了输出功率为 2W 的评测套件。

之后，村田制作所决定对送电模块及受电模块实施量产（图 2）。模块面向平板终端充电用途，输出功率为 10W。另外，还预定 2011 年推出配备该送电模块及受电模块的供电装置（图 3）。

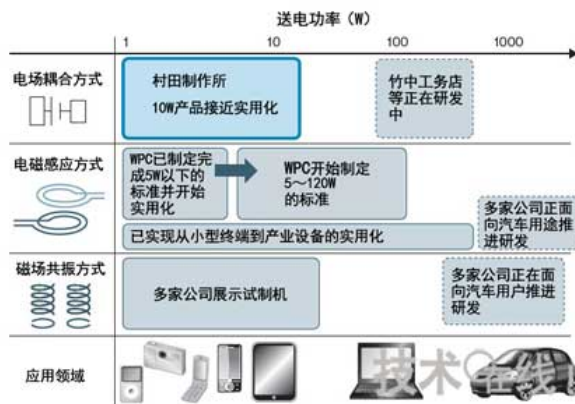


图 2：将于 2011 年秋季量产 10W 产品

村田制作所将面向平板终端使用的充电座，量产输出功率为 10W 的送电模块及受电模块。模块中最厚的部分是变压器。

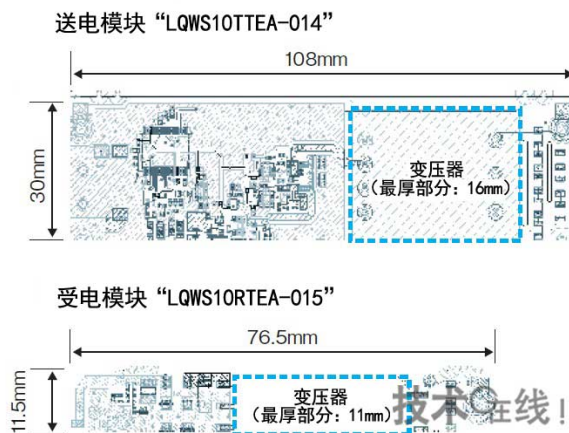


图 3：供平板终端使用的产品不久即将亮相

村田制作所预定 2011 年内上市供平板终端使用的无线供电台。系统整体效率约为 70%，可应对最大 40mm 的水平错位。照片中的是 2010 年村田制作所发表新闻资料时的试制品。

该装置通过在平板终端的背面装上内置有电极的外套来实现无线供电。受电模块收放在外套的下部。另外，在供电台上嵌入电极和送电模块，可将外套放在供电台上使用平板终端。电力传输效率可确保达到 70%。

通过电场传输电力

下面介绍一下村田制作所开发的电场耦合式无线供电技术的概要。其基本构成如图 4 所示。下面称为“振荡器”的部分为送电侧，称为“负荷”的部分为受电侧。利用通过使两组非对称偶极子沿垂直方向耦合而产生的感应电场来传输电力。



图 4：电力传输需要使用两组电极

村田制作所的电场耦合方式利用通过沿垂直方向耦合两组非对称偶极子而产生的感应电场来传输电力。

其基本原理为：在图 4 中以淡蓝色标示的部分产生强感应电场，通过电场将电力从送电侧转移到受电侧。村田制作所已获得了这种构造的专利（专利号：PCT/FR2006/000614）。

村田制作所的方法的特点在于非对称偶极子，需要两组电极。村田制作所将其称为 active electrode 和 passive electrode。passive electrode 主要起着接地作用。系统通过组合这些电极来传输电力。

在系统的构成部件方面，与电磁感应方式和磁场共振方式等其他无线供电技术相比，电源部分相同。受电模块配备降压电路及整流电路，向充电池及设备供应电力。

电场耦合方式与其他方式相差较大的地方是各部分的电压推移变化(图 5)。比如输入电压为 5V 的 AC 适配器，在向送电模块供应电力时，首先由放大器略微提高电压，然后通过升压电路一举提高至 1.5kV 左右。以这一电压传输电力后，再利用降压电路及整流电路转换成实际使用的直流电压。电源电路的开关频率为 200k~400kHz，由此构成系统。

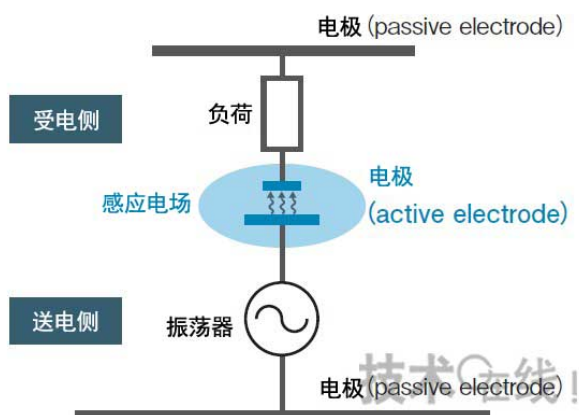


图 5：以高电压传输电力

图中列出了电场耦合方式的各部分的电压推移变化。最大特点是通过升压电路将电压提高至 1.5kV 来传输电力。

实现位置自由

电场耦合方式的特点大致有三：①充电时可实现位置自由，②电极薄，③电极部的温度不会上升。

首先来看第一个特点，即位置自由。虽然不能像磁场共振方式那样以数 m 的较长距离来传输电力，但水平方向的位置自由度较高。比如，用户将便携终端随意放置在供电台位上即可充电。这有助于提高用户便利性。

实际上，与电磁感应方式比较一下的话，这一不同就会清楚无疑（图 6）。当电极间的错位 (dz/D) 为 1 时，送电侧与受电侧的电极及线圈几乎不重叠，处于大幅错位状态。从图中便可一目了然，电场耦合方式即使电极有相当于 1 的错位，传输效率也只下降了 20%。由此便可得知，电极间错位较少时，该方式的传输效率只会下降 10% 左右。

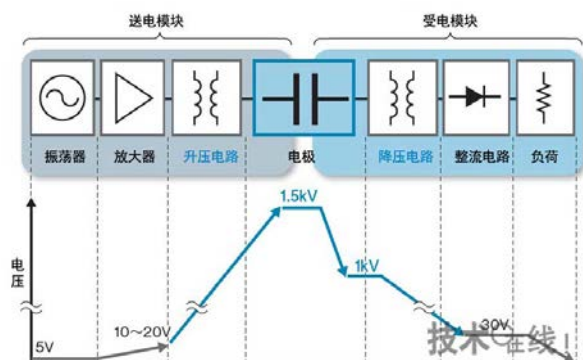


图 6：实现出色的位置自由度

图中比较了电场耦合方式与电磁感应方式对水平错位的效率变化。

而电磁感应方式则不同，送电线圈与受电线圈的中心必须完全吻合。稍有错位的话，传输效率就会急剧下降。因此，采用电磁感应方式的业界团体 WPC 制定的“Qi”规格为实现位置自由而不得不绞尽脑汁。比如，排列大量送电线圈，并用马达驱动送电线圈。

而电场耦合方式只凭简单构造即可应对错位问题，因此不仅能够提供便利性，而且还可降低系统成本。

设计自由度高的电极

电场耦合方式的第二个特点是电极薄。可以说，能够减薄到无论多么薄都没关系的程度。因此容易嵌入机器，可支持多种机器。

比如在配备到薄型化要求极高的智能电话上时，只粘贴 1.5cm 见方、厚 $5\mu\text{m}$ 左右的电极材料（比如铜箔）即可（图 7）。

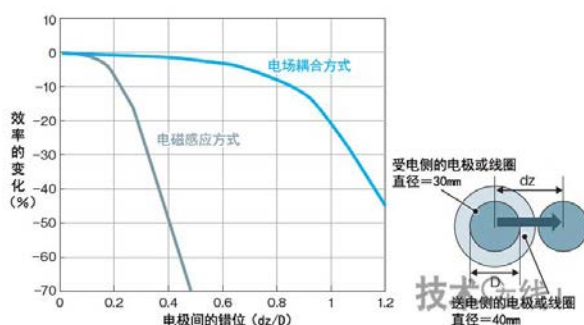


图 7：嵌入智能电话后盖的示例

由于可使用极薄的电极，因此容易嵌入智能电话等。电极不一定非要是四方形，任何形状都可以。

另外，还可制成多种形状。没有必要非制成四方形不可，也可以是三角形、圆形及细长的电极。电极使用的材料也可随意，导电体的话最好，除铜箔外还可使用铝箔、透明电极、薄膜及镀金等材料。因此可以说，在嵌入多种构成及大小的机器时，设计自由度较高。

第三点是电极部分的温度不会上升，这也是很重要的特点（图 8）。村田制作所在与客户讨论的过程中，经常谈及热对策的重要性。由于温度不会上升，因此能够将电极部分接近容易受热劣化的电池组来配置。

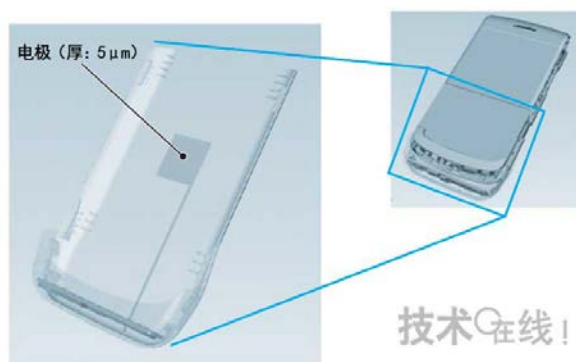


图 8：电极部分的温度不会上升

由于电极部分不会发热，因此即使靠近电池组来配置，电池受热劣化的可能性也很低。

至于电极部分缘何不发热的原因如图 5 所示，这与提高电压有很大关系。由于将电压提高到了 1.5kV 左右，电极部分流过的电流只有数 mA 左右，因此在原理上抑制了发热的致因。

当然，送电模块及受电模块由于配备有电源电路，电源电路的电力损失会变成热，因此仍会发生 10~20℃ 左右的热量（图 9）。不过，这一点在设计阶段即可采取对策，比如将送电模块及受电模块远离电池组来配置。（未完待续，特约撰稿人：家木英治，村田制作所技术事业开发本部本部长，乡间真治，村田制作所技术事业开发本部 应用技术商品部 商品企划课 股长）

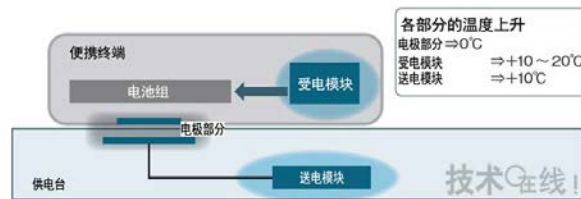


图 9：受电部分的发热可通过设计采取对策

受电模块会因降压电路及 DC-DC 转换器等发生电力损失而产生热量。不过，可采取远离电池组或配置在容易散热之处等对策。

三个新课题

利用这些特点，电场耦合方式今后将被逐渐嵌入机器中。届时技术上将有三个观点变得尤为重要：①无线干扰对策、②安全对策、③向多台机器供电。

首先是①无线干扰特性的对策。这方面需要与人体及其他机器所受影响有关的多种标准取得统一。村田制作所不久将开始量产的输出功率为 10W 的送电模块及受电模块将符合“ICNIRP”及“CISPR 22”等相关标准（表 1）。图 10 列出了与无线干扰标准“CISPR 22 Class B”相关的检测结果。结果表明，噪声端子电压及辐射噪声均达到了标准。

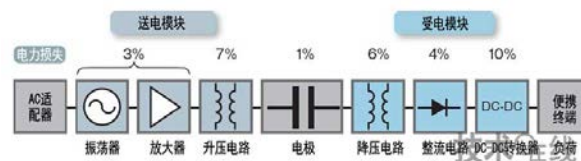


图 10：无线干扰特性在标准值以下

图中列出了无线传输 10W 电力时符合无线干扰国际标准“CISPR 22”的情况。无线干扰的数值均在标准值以下。

在设计供电台时村田制作所也采取了相应手段。其要点在于配置了 active electrode 和 passive electrode 两组电极。其中，active electrode 会产生极高的电场。而 passive electrode 则起到了接地作用，以包围 active electrode 的形式来配置。

如此配置是为了对送电模块及开关等形成屏蔽予以保护，并防止 active electrode 产生的高电场向外部逃逸。遵循这一思想来设计的话，不仅可以充分符合法制规定，还可防止给人体及周围机器带来影响。

必须采取绝缘对策

接下来是②安全对策。电场耦合方式正如以前多次说过的一样使用的是高电压。因此村田制作所本身也在竭力推进安全对策方面的开发。

首先必须要使电极部分绝缘。为了消除人接触后漏电的可能性，电极部分采取了必须绝缘的措施。仅此一项，就使安全性得到了大幅提高。

而且还配备了机器未放在供电台上时以及充满电时停止电力传输的控制功能。此外，还配备了软件处理功能，当发生人体接近或金属异物掉入等异常情况时，就会检测负荷变化，停止电力传输。

另外还采取了万一漏电时也会立即停止电力传输，以防止机器着火或冒烟的对策。

可向多台机器供电

最后是③对多台机器的支持，有望利用电场耦合方式的特点来实现。这一想法位于位置自由这一特点的延长线上，也就是说，只要将多台机器适当地放在供电台上，即可向任何一台机器无线供电。

在扩大位置自由的范围时，可以考虑的手段有加大送电侧耦合电极的方法，以及配置多个送电侧耦合电极来切换的方法。不过，加大电极的方法会导致感应电场过度扩大，在符合法规及确保安全性等方面会变为问题。

因此，要想为多台机器供电的话，最好是在送电侧准备多个电极。村田制作所已完成试制品，并在 2011 年 1 月于美国拉斯维加斯举行的展会“2011 International CES”上首次进行了展示。当时的试制品可同时向两部电子书终端供电。

供电台配备有 4 个电极，仅由距受电对象即电子书终端的放置处最近的电极来供应电力（图 11）。这样一来，只会在想要传输电力的部分产生电场。由于其他部分完全不会产生电场，因此即使用手触碰或放置金属也不会发生问题，可充分确保安全性。

| | 注意事项 | 标准 | 状况 |
|--------|----------|--|-------|
| 电磁辐射暴露 | 对人体的影响 | IEC62311 ICNIRP | OK |
| EMC | 对其他机器的影响 | CISPR 22 VCCI FCC part15 Class B FCC part18 | OK |
| 安全性 | 对高压的支持 | IEC60950 UL60950 | 技术在线! |

图 11：只向需要的地方供电

通过切换送电用电极的开关，可只启动与受电用电极对应的部分。还可向多台机器供电。

产品线的扩充和小型化

最后介绍一下村田制作所今后的开发蓝图。大的方向是对产品线进行扩充及小型化。首先来看产品线的扩充，除了已在构筑量产体制的 5W 及 10W 产品之外，还将开发 50W 及 100W 等输出功率更大的产品。

在 5W 及 10W 产品方面，最重要的是小型化（图 12）。为能够在 2012 年度投放小型产品，村田制作所增加了技术人员数量，强化了开发体制。

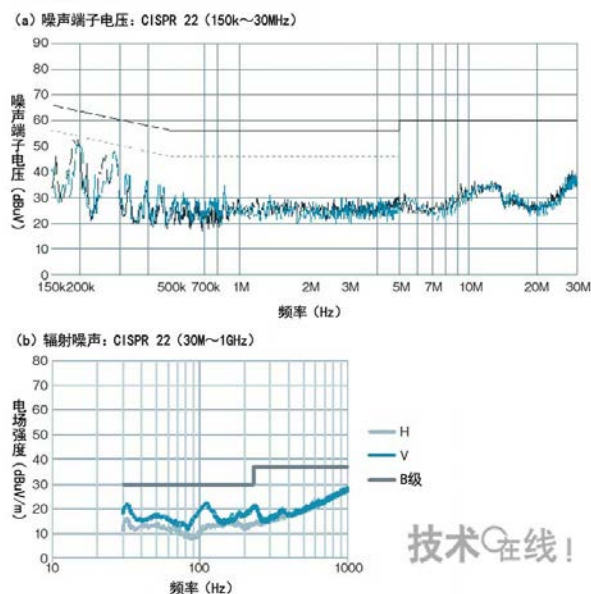
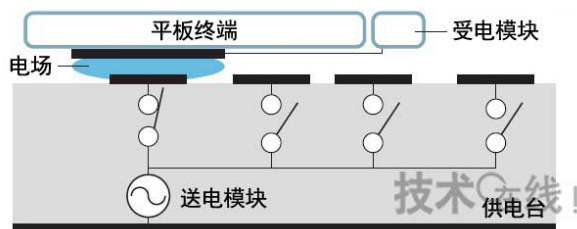


图 12: 目标是实现大幅小型化

图中列出了开发蓝图。不仅是 10W 产品，还将扩充多种输出功率的品种。另外还将推进小型化并导入新技术。

实际上，要想实现小型化，对负责升降压的变压器实施改进是必不可少的工作。从图 2 也可看出，变压器是厚度最大的部分。目前变压器采用的是线圈式变压器。现在正在考虑通过提高频率来减少线圈的圈数，由此实现小型薄型化。

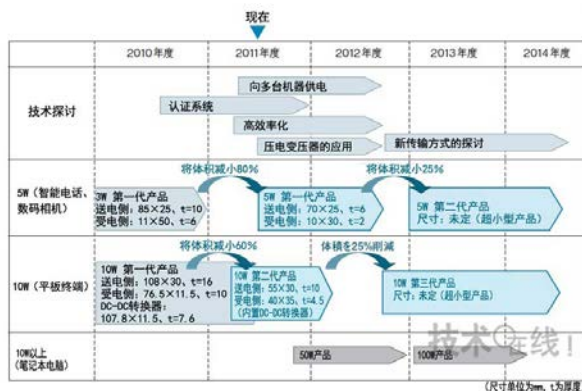
另外，村田制作所也设想采用压电变压器。压电变压器在技术上难度非常高，但能获得很好的效果，因此村田制作所发起了挑战。



实现能够轻松充电的世界

除了小型化以外，村田制作所还进行了其他几项技术改进。其中，在提高无线供电中任何人都很在意的传输效率上下了很大工夫。在这一方面，掌握关键的是器件的改善，特别是 Q 值的改善。

当然，在安全性上村田制作所已投入大量时间和人力采取了对策，但为了今后的实用化，打算将这方面推进到更高的水平。作为将来的技术，村田制作所还考虑配备通信功能。目前虽未配备通信功能，但与客户商谈时他们常常提出这方面的要求。



还有一点是不能忘记的，这就是降低成本。在2010年发表模块时，3W的送电模块和受电模块的成套价格不到1000日元，今后村田制作所还将进一步降低成本。最后要提到的是，为了今后使电场耦合方式得到普及，村田制作所也考虑到了标准化问题，并展开了相关活动。

村田制作所的目标是实现无论在家中还是在办公室均可真正轻松地无线充电的世界。村田制作所将首先以便携终端为中心推进，推动电场耦合式无线供电的普及。