



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103151230 A

(43) 申请公布日 2013. 06. 12

(21) 申请号 201210529994. 7

(22) 申请日 2012. 12. 11

(71) 申请人 中国人民解放军国防科学技术大学
地址 410073 湖南省长沙市开福区德雅路
109 号

(72) 发明人 李伟 张军 刘永贵

(74) 专利代理机构 国防科技大学专利服务中心
43202

代理人 郭敏

(51) Int. Cl.

H01J 23/05(2006. 01)

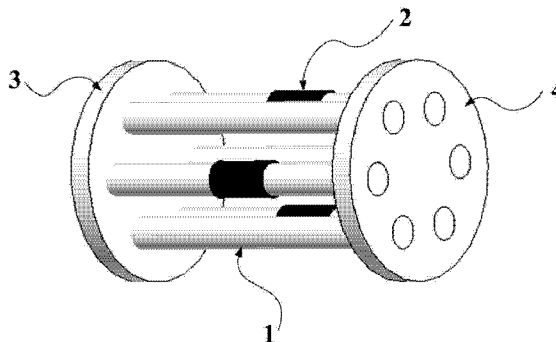
权利要求书1页 说明书3页 附图5页

(54) 发明名称

磁控管用长脉冲高转换效率阴极

(57) 摘要

本发明公开了一种磁控管用长脉冲高转换效率阴极,目的是使磁控管使用该阴极后增加输出微波脉宽和提高功率转换效率。本发明由金属杆、发射极、底座以及挡体构成。金属杆固定于底座上,其轴线与底座表面垂直,金属杆的数量 n 等于磁控管阳极谐振腔的数量 N , n 根金属杆的轴线沿圆周呈角向均匀分布。发射极套于或整体加工于金属杆上,发射极的数量 $i = \frac{N}{2}$ 。挡体位于金属杆的另一端,与底座相对应。本发明的阴极可以使电子只从具有特定交错分布的发射极上发出,这种具有特定空间分布的电子只能允许主模存在,起到主动抑制竞争模式产生的目的,可以将微波脉冲宽度提高 40% 以上,功率转换效率提高 15% 以上。



1. 一种磁控管用长脉冲高转换效率阴极,其特征在于磁控管用长脉冲高转换效率阴极由金属杆(1),发射极(2),底座(3)以及挡体(4)组成;

底座(3)由金属材料制成,表面为平面,用于固定金属杆;

金属杆(1)固定于底座上,其轴线与底座(3)表面垂直;金属杆(1)的数量 n 与磁控管阳极谐振腔的数量 N 相同, N 为偶数, n 根金属杆(1)的轴线沿圆周呈角向均匀分布;所有金属杆(1)的尺寸结构相同;金属杆(1)的角向长度 l 即金属杆横截面上最远两点之间的距离不超出磁控管谐振腔的张角 θ ;

发射极(2)套于或整体加工于金属杆(1)上,用于向磁控管的相互作用空间发射电子;当磁控管用长脉冲高转换效率阴极用作热阴极时,发射极(2)材料为金属材料或合金材料;当磁控管用长脉冲高转换效率阴极用作冷阴极时,发射极(2)材料为非金属材料;发射极(2)的数量 i 为阳极谐振腔数量 N 的一半,即 $i = \frac{N}{2}$;每间隔一个金属杆放置一个发射极(2);

挡体(4)由金属材料制成,表面为平面,用于阻挡电子的轴向漂移;挡体(4)位于金属杆(1)的另一端,与底座(3)相对应;挡体(4)的横截面积大于所有金属杆(1)横截面积之和,挡体(4)固定在金属杆(1)上。

2. 一种磁控管用长脉冲高转换效率阴极,其特征在于金属杆(1)的横截面为圆形、扇形、梯形、长方形或者 k 边形, $k > 3$ 。

3. 一种磁控管用长脉冲高转换效率阴极,其特征在于当磁控管用长脉冲高转换效率阴极用作热阴极时,发射极(2)材料为钨丝、钼丝;当磁控管用长脉冲高转换效率阴极用作冷阴极时,发射极(2)材料为天鹅绒、碳纤维、石墨。

4. 一种磁控管用长脉冲高转换效率阴极,其特征在于挡体(4)也可由挡体支撑杆(5)固定,挡体支撑杆(5)也是一根金属杆,一端固定于底座(3)中心,与底座(3)和挡体(4)共轴,另一端固定挡体(4)。

磁控管用长脉冲高转换效率阴极

技术领域：

[0001] 本发明涉及一种用于磁控管的阴极,所述磁控管包括常规磁控管 (magnetron) 和相对论磁控管 (relativistic magnetron),尤其指一种能够增加磁控管所产生微波的脉冲宽度和提高磁控管的功率转换效率的阴极。

背景技术：

[0002] 输出微波脉冲宽度和微波功率提取效率是微波管的两大重要性能指标。一直以来,寻求如何不断提高这两大指标是科研人员致力于解决的问题之一。

[0003] 磁控管作为一种结构小巧体积紧凑的微波管器件,由一个阴极和一个角向周期分布的阳极组成。当超过阴极表面发射阈值的电压径向加载到阴阳极之间时,处于阴极上的发射极便会发射电子。所发射的电子与阴极和阳极所构成的高频谐振系统进行换能,将电子的能量转换成微波能量,最终通过辐射系统辐射出去。

[0004] 目前,工作于低电压情况下的磁控管,经过了近一个世纪的发展已经初步缓解了输出微波脉宽短和功率效率低的情况,然而起步于上个世纪 70 年代中期,工作于高电压(数百千伏)、大电流(数十千安)情况下的相对论磁控管,由于工作机制和工作条件的特殊性,增加输出微波脉冲宽度和提高微波功率提取效率仍然是亟待解决的问题。

[0005] 2005 年 10 月发表于《Physical Review Letters》(物理评论快报)上的文章“Rapid Startof Oscillations in a Magnetron with a Transparent Cathode”(具有透明阴极的磁控管可以快速起振)提出了解决该问题的最新方案。文章中所提到的透明阴极由一些独立的角向分布的金属杆组成,每个金属杆上套有或整体加工有发射极,其结构如图 1 所示。其工作原理是:和传统实心阴极(只有一个圆柱型金属杆,其结构见图 2)相比,通过在阴极表面的角向方向增加空隙,使阴极表面的角向平均电场强度增强,而磁控管内部的角向平均电场强度恰恰和微波模式的空间增长率成正比,因此,当将传统实心阴极改为透明阴极时会提高微波模式的空间增长率从而实现增加微波脉冲宽度。按照文章中所提方法国防科大开展了相关研究工作,根据文章中所给出的设计方法进行实验,发现相比传统的实心阴极,透明阴极的使用对增加微波脉宽和提高功率提取效率有效果,所得研究结果已经发表于 2012 年第 2 期的《scientific instrument review》(科学仪器评论)上,文章名“Effects of the transparent cathode on the performance of a relativistic magnetron with axial radiation”(透明在轴向辐射相对论磁控管上的使用效果)。但是实验中使用透明阴极后所获得的微波脉宽和所使用的脉冲功率驱动源的电脉冲宽度相比仍然较短,并且功率提取效率只有 16.7%。仔细分析后发现,文章中所提出的透明阴极和传统实心阴极相比,区别只存在于角向方向是否有空隙,没有谈及金属杆的形状或数目要求。此外,仅仅通过增加阴极表面的角向平均电场强度实际上并没有甩掉传统磁控管中的束波相互作用机制,即经阴极发射出的电子在轴向磁场的作用下被动的完成与磁控管角向慢波谐振腔中的高频场换能。而这种被动换能机制恰恰最能影响束波换能的早与晚,这是因为被动换能机制无法消除电脉冲上升时间和下降时间内的不同模式竞争。当在微波产生的过程中存在不同模式

竞争时,模式竞争过程势必会压缩主模存在的时间,最终体现为缩短微波脉宽。

发明内容:

[0006] 本发明要解决的问题是,提出一种磁控管用长脉冲高转换效率阴极,当磁控管使用该阴极后可有效增加输出微波脉宽和有效提高功率转换效率。

[0007] 本发明由金属杆、发射极、底座以及挡体构成。

[0008] 底座由金属材料制成,表面为平面,主要用于固定金属杆,固定可以采用焊接、螺纹连接、插入等多种方式。

[0009] 金属杆固定于底座上,其轴线与底座表面垂直。金属杆的数量 n 与磁控管阳极谐振腔的数量 N 相同, N 为偶数。 n 根金属杆的轴线沿圆周呈角向均匀分布。所有金属杆的尺寸结构相同。金属杆的形状,可具有多项扩展设计,其横截面可以为圆形、扇形、梯形、长方形或者 k 边形($k>3$)。金属杆的角向长度 l (角向长度是指横截面上最远两点之间的距离)不超出磁控管谐振腔的张角 θ 。

[0010] 发射极套于或整体加工于金属杆上,主要用于向磁控管的互作用空间发射电子。当所发明阴极用作热阴极时,发射极材料为钨丝、钼丝等金属材料或合金材料;当所发明阴极用作冷阴极时,发射极材料为天鹅绒、碳纤维、石墨等非金属材料。发射极的数量 i 为阳极谐振腔数量 N 的一半,即 $i = \frac{N}{2}$ 。每间隔一个金属杆放置一个发射极。

[0011] 挡体由金属材料制成,表面为平面,主要用于阻挡电子的轴向漂移。挡体位于金属杆的另一端,与底座相对应。挡体的横截面积大于所有金属杆横截面积之和,挡体可固定在金属杆上或由额外的挡体支撑杆固定。当采用额外的挡体支撑杆固定时,挡体支撑杆也是一根金属杆,一端固定于底座中心,另一端固定挡体。

[0012] 采用本发明可以达到以下技术效果:

[0013] 1. 当外加电压加载到磁控管的阴阳极上时,本发明的阴极可以使电子只从具有特定交错分布的发射极上发出。从宏观上看,处于磁控管互作用空间中的被发射到阴阳极之间的电子会形成特定的空间分布。这种具有特定空间分布的电子只能允许主模存在,起到主动抑制竞争模式产生的目的。而这种主动形成电子特定空间分布、抑制竞争模式的能力是传统实心阴极和所公知的透明阴极所不具备的。

[0014] 2. 根据国防科大的试验结果显示:和背景技术所述的透明阴极相比,在相同条件下,本发明阴极可以将微波脉冲宽度提高 40% 以上,功率转换效率提高 15% 以上。

附图说明:

[0015] 图 1 是背景技术所述的透明阴极结构;

[0016] 图 2 是已经背景技术所述传统实心阴极结构;

[0017] 图 3 是本发明基本结构;

[0018] 图 4 是具有支撑杆的本发明结构。

[0019] 图 5 是本发明角向长度的限制条件示意图。

图 6 为使用透明阴极得到的二极管电压 U (Voltage)、电流 I (Current) 以及磁控管输出微波 P_m (Microwave) 的波形。

图 7 为使用本发明得到的二极管电压 U (Voltage)、电流 I (Current) 以及磁控管输出微波 P_m (Microwave) 的波形。

具体实施方式：

[0020] 图 1 是背景技术公布的透明阴极结构。该结构由金属杆 1, 发射极 2 以及底座 3 组成。发射极 2 套于或整体加工于金属杆 1 上。金属杆 1 由底座 3 支撑。

[0021] 图 2 是背景技术所述的传统实心阴极结构。该结构由金属杆 1 和发射极 2 组成。发射极 2 存在于套于或整体加工于金属杆 1 上。

[0022] 图 3 是本发明阴极的基本结构。该结构由金属杆 1, 发射极 2, 底座 3 以及挡体 4 组成。发射极 2 套于或整体加工于金属杆 1 上。金属杆 1 分别与底座 3 以及挡体 4 相连。金属杆 1 的数量等于阳极谐振腔数量 N, 发射极 2 的数量 i 为阳极谐振腔数量 N 的一半, 即 $i = \frac{N}{2}$ 。每间隔一个金属杆放置一个发射极。

[0023] 图 4 示出了本发明阴极具有挡体支撑杆的结构。该结构由金属杆 1, 发射极 2, 底座 3, 挡体 4 以及挡体支撑杆 5 组成。发射极 2 存在于金属杆 1 上。金属杆 1 分别与底座 3 以及挡体 4 相连。挡体支撑杆 5 位于 n 根金属杆 1 的中心, 与底座 3 和挡体 4 共轴, 分别与底座 3 以及挡体 4 相连。

[0024] 图 5 示出了本发明阴极的角向长度的限制条件。金属杆 1 的角向长度 l 不超出磁控管谐振腔的张角 θ 。

[0025] 按照本发明的阴极可以使得主模式 (π 模) 工作的磁控管具有更长的微波脉宽和更高的功率转换效率。

[0026] 在国防科大高功率微波技术研究所的强流加速器上开展了相关实验。所使用的磁控管为通用 A6 型, 即 6 个谐振腔。在二极管电压 U 和外加磁场 B 相同的条件下, 使用发表于《Physical Review Letters》(物理评论快报) 上的文章“Rapid Start of Oscillations in a Magnetron with a Transparent Cathode”(具有透明阴极的磁控管可以快速起振) 所提出的透明阴极和本发明阴极(两者具有相同的金属杆和发射极材料)得到图 6 和图 7 所示结果(实际示波器测量显示)。图 6 为使用透明阴极得到的二极管电压 U (Voltage)、电流 I (Current) 以及磁控管输出微波 P_m (Microwave) 的波形。图 7 为使用本发明得到的二极管电压 U (Voltage)、电流 I (Current) 以及磁控管输出微波 P_m (Microwave) 的波形。从图可看出, 图 6 的电流 I 为 8.58kA, 输出微波脉冲宽度为 27ns, 而图 7 的电流 I 为 7.22kA, 输出微波脉冲宽度为 37ns。图 6 和图 7 所示的输出微波 P_m 的幅值, 即最大值 P_{max} , 基本相等。

磁控管的功率转换效率 $\eta = \frac{P_{max}}{U \times I}$, 当在 P_{max} 和 U 相同的情况下, η 与 I 成反比关系, 即 I 减小 η 增大。因此, 从该实验可知, 与使用透明阴极的磁控管相比, 使用本发明的磁控管可以产生更宽的微波脉宽和更高的功率转换效率。

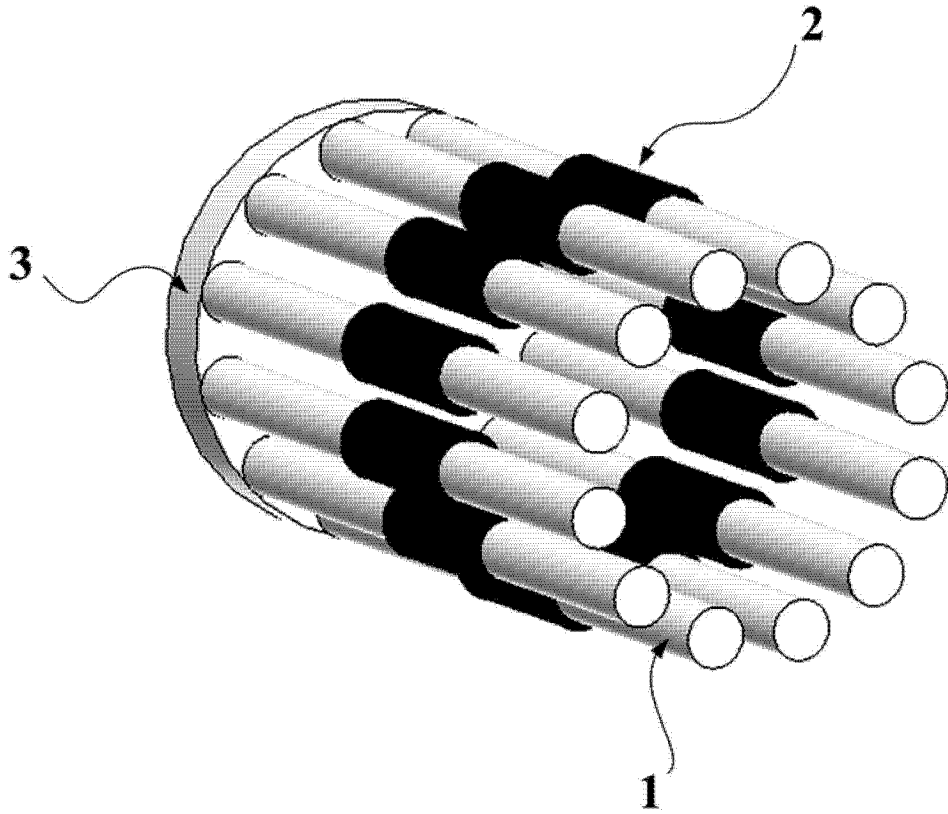


图 1

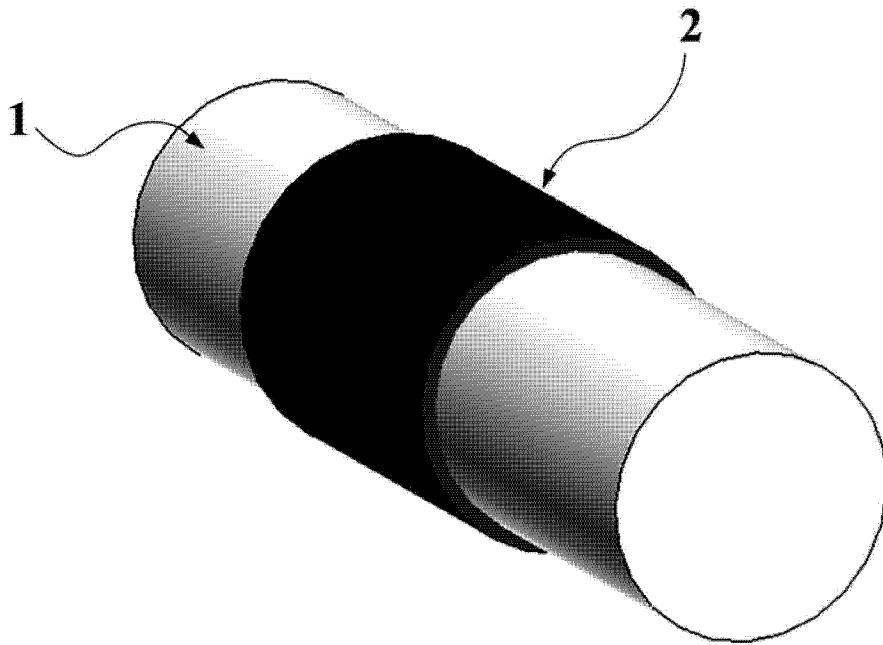


图 2

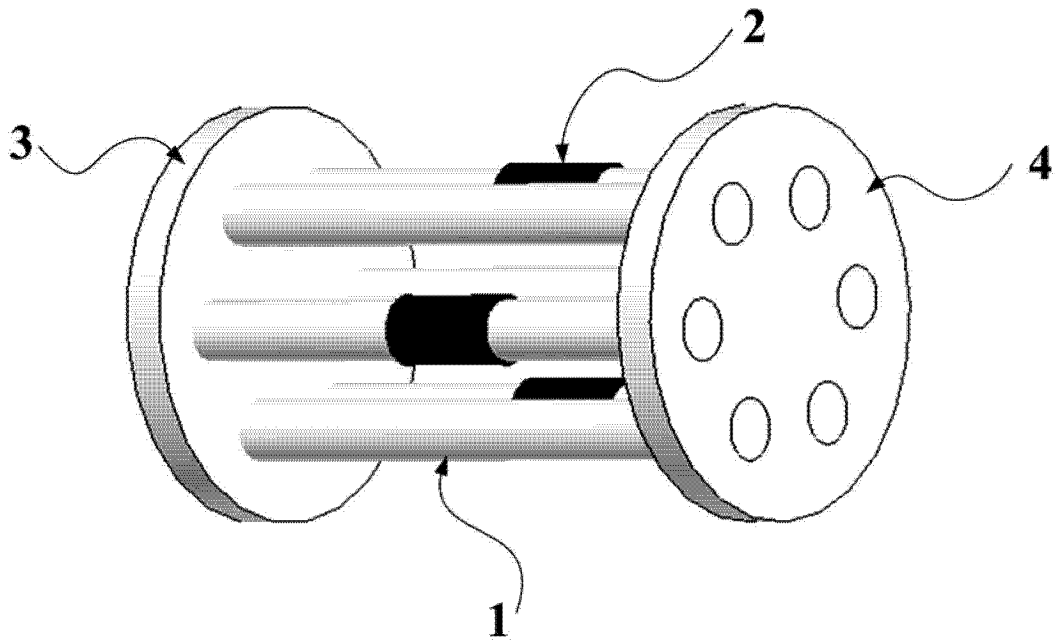


图 3

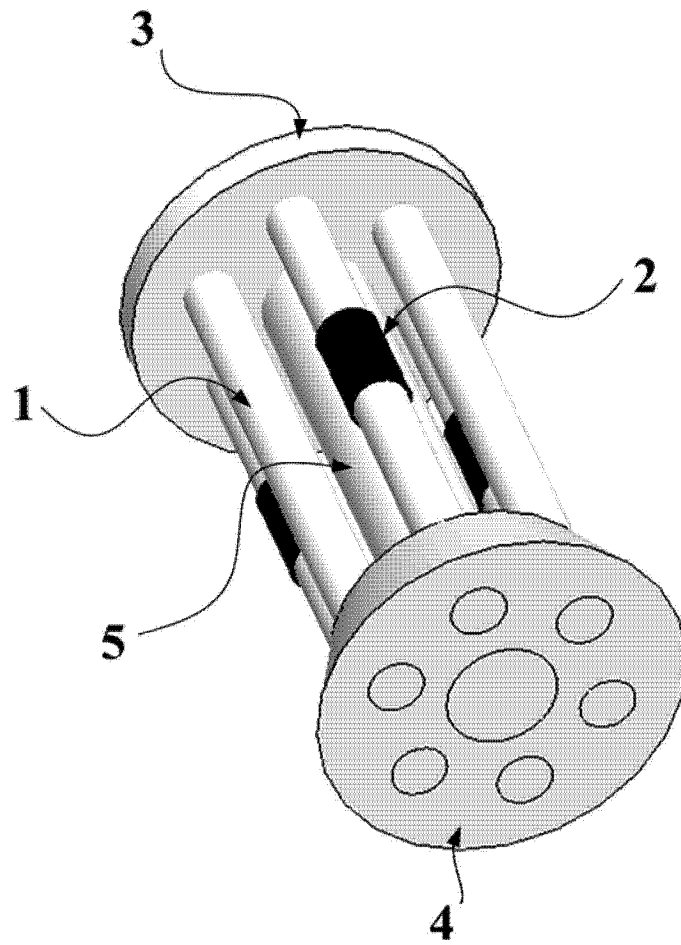


图 4

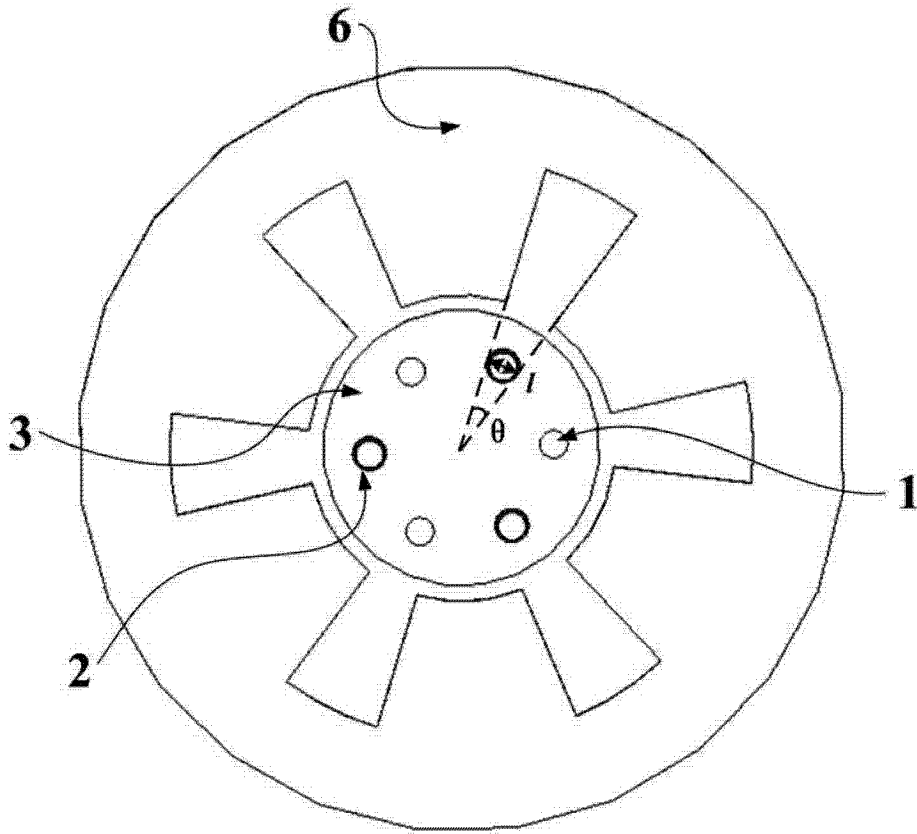


图 5

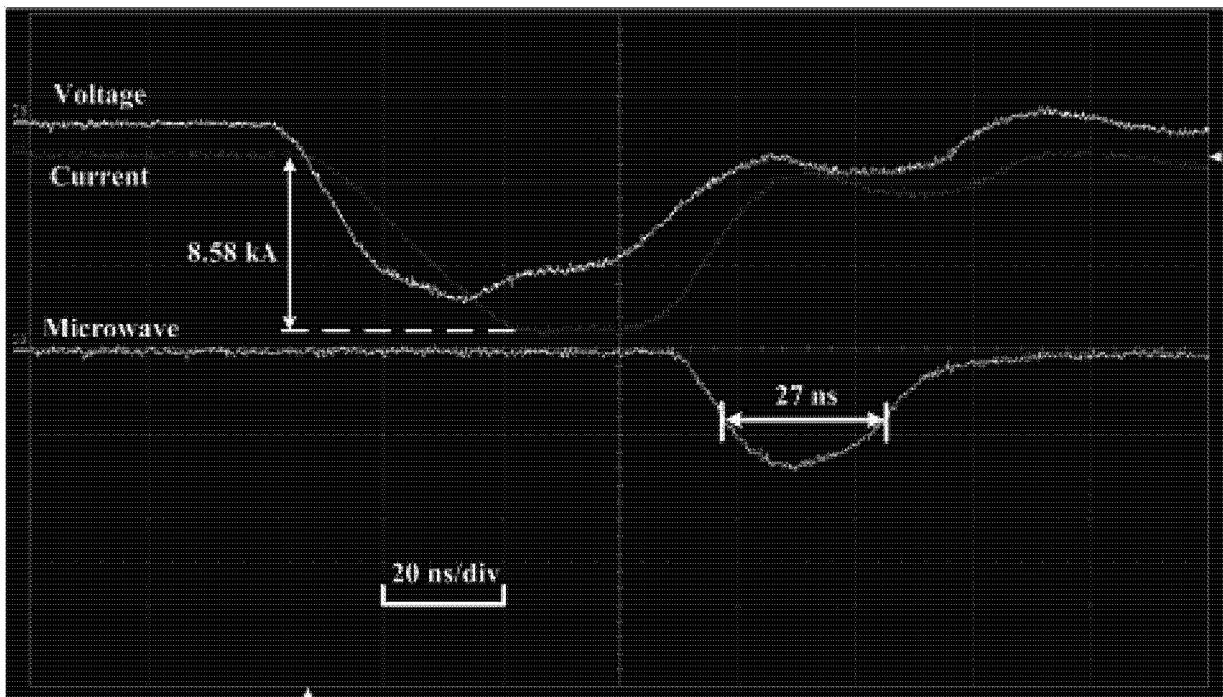


图 6

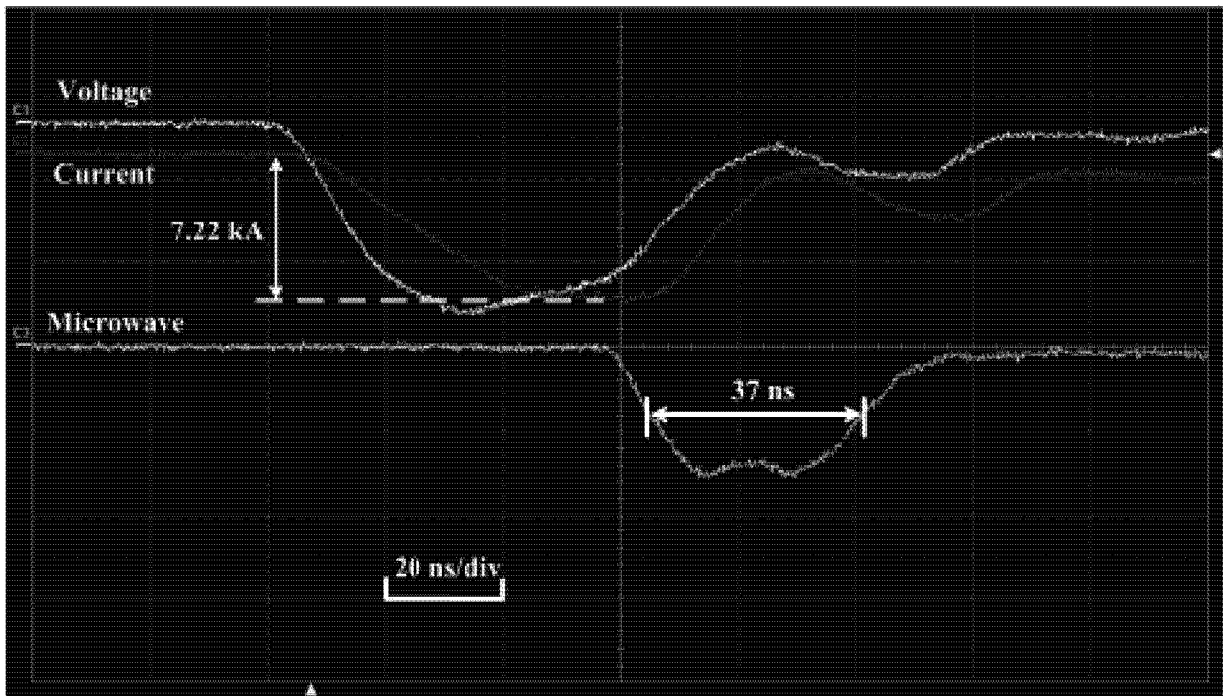


图 7