



北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

“冯如杯”创意大赛论文

光磁粉笔

光磁粉笔

摘要：

荧光染料是指染料在吸收了可见光或者紫外光后能把吸收的光线转化成波长较长的可见荧光发射出来，呈现闪亮的鲜艳颜色。在此基础上与磁性纳米材料结合，可成功制备出具有磁性和荧光标记双重功能的二氧化硅纳米复合材料，而此材料可应用与粉笔，使其具有良好的光磁性质，可以实现粉笔灰的自动脱落，达到无尘的目的，并且反射不同的光以提高字体亮度，呈现不同的颜色。

关键字：

磁性，荧光标记，二氧化硅纳米复合材料，光磁性质，无尘

Abstract

Fluorescent dye refers to the dye that can emit a longer visible fluorescence after absorbing the visible light or ultraviolet light. On the basis of combining with magnetic nanomaterials, we could produce successfully SiO₂ nanocomposites with both magnetic and fluorescent tags. And the material can be used with chalk, making it have good magnetic properties of light, which can realize chalk dusting off automatically, achieving the purpose of cleaning, and reflects the light of different brightness, in order to improve the font rendering of different colors.

目录

光磁粉笔.....1

 引言.....1

 一.工作原理.....1

 1.黑板.....1

 2.荧光.....2

 3.磁性纳米材料.....4

 4.有机荧光材料与磁性纳米粒子相结合.....5

 二.工作过程.....6

 方案一.....6

 方案二：6

 三.创意可实现性分析.....7

 四.优劣比较分析.....7

 主要参考文献.....7

引言

在日常的教室卫生打扫的过程中，黑板的清洁仍存在问题。擦过的黑板总是留有粉笔末的痕迹，擦黑板时飘扬的粉笔灰，都给人们的清洁工作带来了诸多不便，同时老师的板书多采用单一色彩的粉笔，不禁令人感到单调和乏味，并且有时粉笔字不容易看清，让老师辛苦写的字并不能达到预期的效果。针对这样的现象，我们设计的光磁粉笔将很好地解决上述问题。

一. 工作原理

1. 黑板

黑板后存在一块或多块电磁铁，在通电时，可产生磁场，并可对一定范围内的顺磁性物质产生吸力。

电磁铁是线圈通电后对铁磁物质产生吸力，引起铁磁物质机械运动，把电能转换为机械能的一种电磁元件。线圈通入直流电，称为直流电磁铁。它由衔铁（吸片）、铁芯、线圈和返回弹簧等组成（以拍合式电磁铁为例），如图 1。

并且可通过调整电磁铁将磁性控制在一定范围内，如 10mm, 不会对机器或人体造成危害。其中吸力与距离的关系为：吸力 $F = \text{磁化力} \times \text{磁路长度} \times \text{磁通密度} \times \text{磁路截面积} / \text{气隙距离}$ 。当距离超过一定范围时吸力可小到忽略不计。

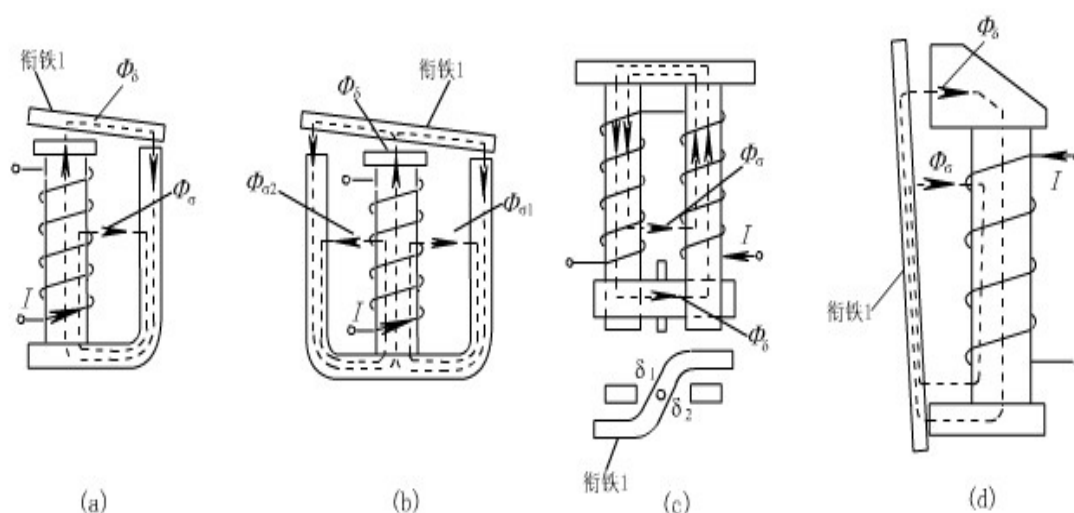


图 1 拍合式电磁铁铁磁系统

(a) U 形; (b) E 形; (c) 平衡衔铁式; (d) 衔铁位于侧面

：
拍合式电磁铁磁力公式：

$$F_{dp} = -\frac{1}{2} U_{\delta_1}^2 \frac{d\lambda_{\delta}}{d\delta} = \frac{1}{2} \Phi_{\delta}^2 \frac{dR_{\delta}}{d\delta}$$

式中 R —线圈回路总电阻；

e —线圈的自感电势；

ψ —线圈的磁链， $\psi = N\phi$ ， N 为线圈匝数。

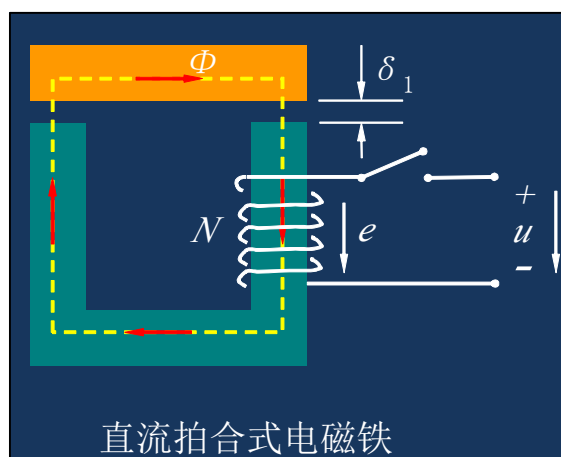


图 2 直流拍合式电磁铁

2. 荧光

荧光染料是指染料在吸收了可见光或者紫外光后能把吸收的光线转化成波长较长的可见荧光发射出来。呈现闪亮的鲜艳颜色，如图 3。近几年来，荧光染料作为功能性色素已广泛应用于多个领域，如化学分析、生物标记、印染及信息存储等领域，其中研究较多的广泛用于生物标记用的荧光材料有罗丹明类、荧光束及其衍生物类、荧光蛋白类等等…

当粉笔具有荧光的性能时，粉笔字可在自然光下反射不同颜色的光或在特定可见光的照射下反射特定的光，荧光染料与反射光的波长关系如图 4。据此，可设计出粉笔使其反射不同颜色的光，更利于分辨。



图 3 不同颜色的荧光染料

染料名称	Excitation(nm)	Emission(nm)	分子量	备注信息
Reactive and conjugated probes				
Hydroxycoumarin	325	386	331	Succinimidyl ester
Aminocoumarin	350	445	330	Succinimidyl ester
Methoxycoumarin	360	410	317	Succinimidyl ester
Cascade Blue	(375);401	423	596	Hydrazide
Pacific Blue	403	455	406	Maleimide
Pacific Orange	403	551		
Lucifer yellow	425	528		
NED	466	539	294	NED-X
R-Phycoerythrin (PE)	480;565	578	240 k	
PE-Cy5 conjugates	480;565;650	670		aka Cychrome, R670, Tri-Color, Quantum Red
PE-Cy7 conjugates	480;565;743	767		
Red 613	480;565	613		PE-Texas Red
PerCP	490	675		Peridinin chlorophyll protein
TruRed	490, 675	695		PerCP-Cy5.5 conjugate
FluorX	494	520	587	GE Healthcare
Fluorescein	495	519	389	FITC; pH sensitive
BODIPY-FL	503	512		
TRITC	547	572	444	TRITC
X-Rhodamine	570	576	548	XRITC
Lissamine Rhodamine B	570	590		
Texas Red	589	615	625	Sulfonyl chloride
Allophycocyanin (APC)	650	660	104 k	
APC-Cy7 conjugates	650;755	767		PharRed

图 4 各种荧光染料及其反射光的波

3. 磁性纳米材料

磁性纳米材料的特性不同于常规的磁性材料，其原因是关联于与磁相关的特征物理长度恰好处于纳米量级，例如：磁畴尺寸，超顺磁性临界尺寸，交换作用长度，以及电子平均自由路程等大致处于 1-100nm 量级，当磁性体的尺寸与这些特征物理长度相当时，就会呈现反常的磁学性质。

量子尺寸效应：材料的能级间距是和原子数 N 成反比的，因此，当颗粒尺度小到一定的程度，颗粒内含有的原子数 N 有限，纳米金属费米能级附近的电子能级由连续变为离散，纳米半导体微粒则存在不连续的最高被占据分子轨道和最低未被占据的分子轨道，能隙变宽。当这能隙间距大于材料物性的热能，磁能，静电能，光子能等时，就导致纳米粒子特性与宏观材料物性有显著不同。例如，导电的金属在超微颗粒时可以变成绝缘体，磁矩的大小和颗粒中电子是奇数还是偶数有关，比热亦会反常变化，光谱线会产生向短波长方向的移动，这就是量子尺寸效应的宏观表现。

小尺寸效应：当粒子尺度小到可以与光波波长，磁交换长度，磁畴壁宽度，传导电子德布罗意波长，超导态相干长度等物理特征长度相当或更小时，原有晶体周期性边界条件破坏，物性也就表现出新的效应，如从磁有序变成磁无序，磁矫顽力变化，金属熔点下降等。

宏观量子隧道效应：微观粒子具有穿越势垒的能力，称为量子隧道效应。而在马的脾脏铁蛋白纳米颗粒研究中，发现宏观磁学量如磁化强度，磁通量等也具有隧道效应，这就是宏观量子隧道效应。它限定了磁存储信息的时间极限和微电子器件的尺寸极限。

4.有机荧光材料与磁性纳米粒子相结合

将绿色荧光染料包裹于具有介孔结构的二氧化硅里，制备具有非常规则的六角孔结构的纳米复合结构。在此基础上，可制备出具有磁性和荧光标记双重功能的二氧化硅纳米复合结构，将单分散的纳米 Fe 粒子包裹于二氧化硅的壳层里，同时又将有机荧光染料分散在上述结构框架中的孔中(图 4)，该复合结构具有较好的超顺磁性。

采用杂凝聚和无皂乳液聚合相结合的方法，制备出具有高度单分散性的且以包含磁性纳米粒子的二氧化硅为核、以有机荧光染料为壳的多功能纳米复合微球。在此结构中二氧化硅的存在能在磁性纳米粒子的表面成功地包裹一层具有荧光效应的有机聚合物。制备出了一种具有荧光、耐光性且具有超顺磁性的纳米复合微粒。在此结构中内部二氧化硅层提高了磁性纳米粒子与有机荧光染料之间的结合力，而外层的二氧化硅可以使该结构有较好的荧光特性且其厚度可以调节。另外，该复合微粒所发射出的荧光的颜色可通过添加不同的染料来进行调节。^[1]

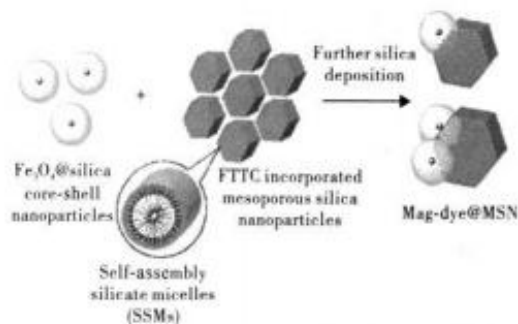


图 5 多孔二氧化硅纳米复合体系的制备流程^[20]

Fig. 4 Synthetic procedure of mesoporous silica nanocomposites^[20]

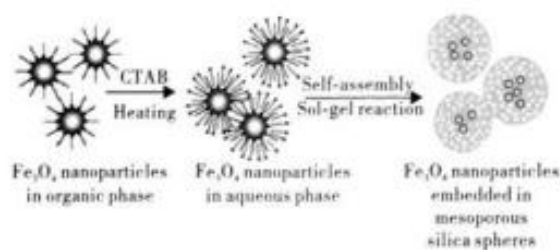


图 6 磁性纳米粒子包埋于多孔二氧化硅微球中的过程示意图^[15]

Fig. 2 Synthetic procedure of monodisperse Fe_3O_4 embedded in mesoporous silica spheres^[15]

二. 工作过程

根据光磁粉笔的特性，我们设计出以下两个方案：

方案一：

1. 上课前，电磁铁处于断电状态，无磁性；
2. 书写前，关闭电磁铁开关，电磁铁处于通电状态，有磁性；
3. 书写时，粉笔末受磁力约束，附着于黑板上，教师可使用不同粉笔，使粉笔字反射不同颜色的光；
4. 书写完，想要去除黑板上的字时，断开开关，电磁铁处于断电状态，粉笔末失去磁力约束，掉落于黑板下方凹槽内；
5. 再次书写时，关闭电磁铁开关，重复 2 至 5 步骤；
6. 下课时，断开电磁铁开关，使电磁铁保持断电状态；
7. 一段时间后回收粉笔末，重新制作成粉笔。

方案二：

1. 上课前，电磁铁处于断电状态，无磁性；
2. 书写前，关闭电磁铁开关，电磁铁处于通电状态，有磁性；
3. 书写时，粉笔末受磁力约束，附着于黑板上，并使特殊颜色的光照射在黑板上；教师可使用不同粉笔，使粉笔字反射不同颜色的光；当不同光照射在黑板上时，只有一种粉笔字可反射一种颜色的光，而其他种类的粉笔不反射光；
4. 书写完，想要去除黑板上的字时，断开开关，电磁铁处于断电状态，粉笔末失去磁力约束，掉落于黑板下方凹槽内；
5. 再次书写时，关闭电磁铁开关，重复 2 至 5 步骤；
6. 下课时，断开电磁铁开关，使电磁铁保持断电状态。
7. 一段时间后回收粉笔末，重新制作成粉笔。

三. 创意可实现性分析

该粉笔具有一定的可操作性，在科技层面上已完全可以实现。在市场方面，一般粉笔的市场价格如图 7 所示，而光磁粉笔的市场价格目前很难估计，但可预见的是可能比较贵，但综合光磁粉笔材料的可回收性，无污染以及对人体的益处，新材料价格的下降，会大大提高其性价比，会有一定的市场流通规模，从而能够批量生产。

1	文华粉笔 文峰粉笔 chalkx15.cn.trustexporter.com	湖北	5元
2	中国粉笔 chalk 湖北粉笔 应城粉笔 黄滩粉笔 刘垌粉笔 粗 chalkd215.cn.trustexporter.com	湖北	2元
3	粉笔 无尘粉笔 环保粉笔 教学粉笔 桶装 粉笔 碳酸钙粉笔 大粉笔 chalkd215.cn.trustexporter.com	湖北	2元
4	粉笔 无尘粉笔 环保粉笔 教学粉笔 桶装 粉笔 碳酸钙粉笔 大粉笔 chalkd215.cn.trustexporter.com	湖北	2元
5	粗粉笔 大粉笔 船舶粉笔 标记粉笔 碳酸钙粉笔 粉笔公司 粉笔厂 chalkd215.cn.trustexporter.com	湖北	2元
6	白色粉笔 彩色粉笔 六角粉笔 文华牌粉笔 文峰牌粉笔 石膏粉 chalkd215.cn.trustexporter.com	湖北	2元
7	中国粉笔 chalk 湖北粉笔 应城粉笔 黄滩粉笔 刘垌粉笔 粗 chalkd213.cn.trustexporter.com	北京	2元
8	粗粉笔 大粉笔 船舶粉笔 标记粉笔 碳酸钙粉笔 粉笔公司 粉笔厂 chalkd213.cn.trustexporter.com	北京	2元
9	白色粉笔 彩色粉笔 六角粉笔 文华牌粉笔 文峰牌粉笔 石膏粉 chalkd213.cn.trustexporter.com	北京	2元
10	中国粉笔 chalk 湖北粉笔 应城粉笔 黄滩粉笔 刘垌粉笔 粗 chalkd520.cn.trustexporter.com	湖北	2元

图 7 粉笔市场价格

四. 优劣比较分析

- 1.优势：与市场其他同类粉笔相比，我们设计的光磁粉笔具有更加强大的荧光功能，并且可以回收利用，以及具有更好的除尘性能。
- 2.劣势：光磁粉笔可能价格会比较高，在目前，制作该粉笔的材料还未大规模推广，对其生产可能会造成一定的影响。

主要参考文献

- (1) 材料导报 A: 综述篇 2011 年 5 月(上)第 25 卷第 5 期