

文章编号: 0258-7025(2003)Supplement-0043-03

# 光电子行为对感光材料感光过程的影响

李晓苇, 孙宇臣, 董丽芳, 于威, 韩理

(河北大学物理科学与技术学院, 河北 保定 071002)

**摘要** 简要介绍了成核生长模型,并在此基础上采用随机抽样方法,模拟了卤化银感光材料中银簇的生成情况,再现了感光过程中各种银簇的反应过程以及它们之间的转化关系,得到了光电子行为与整个感光过程的一些基本依赖关系。

**关键词** 光电子学; 感光过程; 银簇; 势阱

中图分类号 O644.12

文献标识码 A

## Influence of Photoelectronics' Behavior on the Photosensitive Process of Imaging Materials

LI Xiao-wei, SUN Yu-chen, DONG Li-fang, Yu Wei, Han Li

(College of Physics Science and Technology, Hebei University, Baoding, Hebei 071002, China)

**Abstract** On the basis of nucleation and growth model, random sample method was introduced to simulate the formation of silver clusters in silver halide imaging material. Through the analysis of the results, the formation process of silver clusters and their transformation relationship was reappearance. Also, some basic relationship between photoelectronics' behavior and photosensitive process is obtained.

**Key words** optoelectronics; photosensitive process; silver cluster; trap

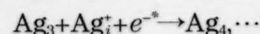
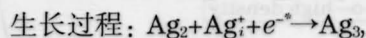
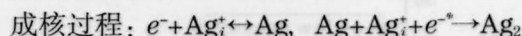
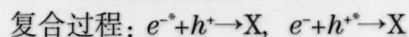
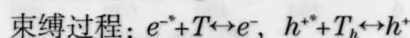
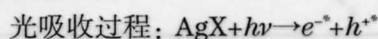
### 1 引言

目前国内外关于感光材料的研究主要包括对各种乳剂的制备及应用以及对感光过程和光信息存储微观过程的实验和研究<sup>[1-3]</sup>。随着当今社会科学技术的飞速发展,计算机运算能力的迅速提高,使计算机模拟方法对卤化银感光过程的模拟成为可能,这无疑又为卤化银的研究开发提供了一种非常有力的工具,目前国外已有部分关于此方面的探索<sup>[4,5]</sup>。在模拟程序中,可以通过调整各项模拟参数,模拟出给定条件下不同特性的感光材料中光电子的分布、迁移、俘获、复合等微观动力学过程,进而得到光电子行为与整个感光过程的一些基本依赖关系。

### 2 基本模型

在感光过程中,每一时刻发生在卤化银微晶中的物理化学反应是复杂多样的,我们无法直接了解

从曝光开始到潜影形成的全过程中的各个细节,只能依据对感光材料数据的分析,提出假设模型,并经实验结果验证,以此推断潜影的形成过程。Gurney和Mott于1983年发表了以固体物理为基础的模型<sup>[6]</sup>,即所谓的成核生长模型,它的主要反应关系式可以表示为



式中  $e^-$  为自由光电子,  $h^*$  为自由空穴,  $e^-$  为束缚态光电子,  $h^*$  为束缚态空穴,  $T$  为电子陷阱,  $T_h$  为空穴陷阱,  $\text{Ag}_i^+$  为填隙银离子。光吸收过程又称为光分解过程或电子过程,光吸收以后的过程统称为离子过程。

基金项目: 河北省自然科学基金(199104)资助课题。

作者简介: 李晓苇(1955-),男,河北唐山人,河北大学博士生导师,主要从事卤化银感光材料感光特性方面的研究。

E-mail: laser@mail.hbu.edu.cn

模拟工作以光电子动力学理论为基础,利用成核生长理论模型,模拟光电子的产生、传播、衰减、直到实现潜影中心为止的感光过程。把潜影形成过程分为五个部分进行模拟:光子吸收、载流子的迁移、载流子的俘获与反俘获、原子的形成与衰退、载流子的再复合。模拟中可采用随机抽样方法对感光过程中的各种分布进行抽样,以对运算过程进行合理的简化和近似。本模拟过程的基本特征就是通过载流子状态的判断引入其可能发生的物理化学反应并以此来建立循环过程。程序中包含两个主要循环:一个是电子循环,另一个是空穴循环。程序通过时间的累加来模拟感光过程的演变。在每一时间间隔中,计算所有载流子可能发生的反应。当这一时间间隔结束后,把每一载流子的最后状态作为下一时间间隔载流子的起始状态,重复此过程直到所有的光电子被成核、生长、复合等过程消耗,任何过程中不会再有自由电子发生反应,就可以认为对某一特定微晶的模拟过程结束。

### 3 光电子行为分析

以上述模型和算法为基础,模拟了势阱深度为 0.24 eV 时,不同势阱密度下的感光过程。从图 1(a)

~(d)中可以看出在不同的势阱密度下,曲线的变化趋势基本上相似,只是每条曲线的变化有一定程度上的先后次序。可以看出,高势阱密度情况下的曲线总体上滞后于低势阱密度情况下的曲线,通俗的理解可以认为,在势阱密度较高时,要想达到势阱密度较低情况下的效果则需要更多的光电子参与与反应,这种关系近似于实际情况下感光结果对势阱密度和光电子数的依赖关系。从图 1(a)和(b)中还可以看出,高势阱密度下生成  $Ag_2$  和  $Ag_3$  的数量与低势阱密度下生成的数量相比有显著提高,但随着银簇尺寸的增大,到了  $Ag_4$ (图 1(c)),这种相对关系已不再明显,最后当银簇尺寸为  $Ag_5$  时(图 1(d)),在曝光量大于 600 处,高势阱密度下生成的  $Ag_5$  数已显著低于低势阱密度下的生成数。由此可以判断,在势阱密度较高情况下,较多的光电子参与了成核和初期的生长过程,只有一少部分光电子参与了最后形成  $Ag_5$  的反应过程,因此形成了较少的可显影银簇;而在势阱密度较低时,由于此时更有利于潜影集中,因此生成了较多的可显影银簇。从前面的分析中可以看出,光电子的行为对整个感光过程起着决定性作用。而俘获过程和成核过程以及成核过程和生长过程中对光电子的利用竞争问题就成为整个感光过程的关键。

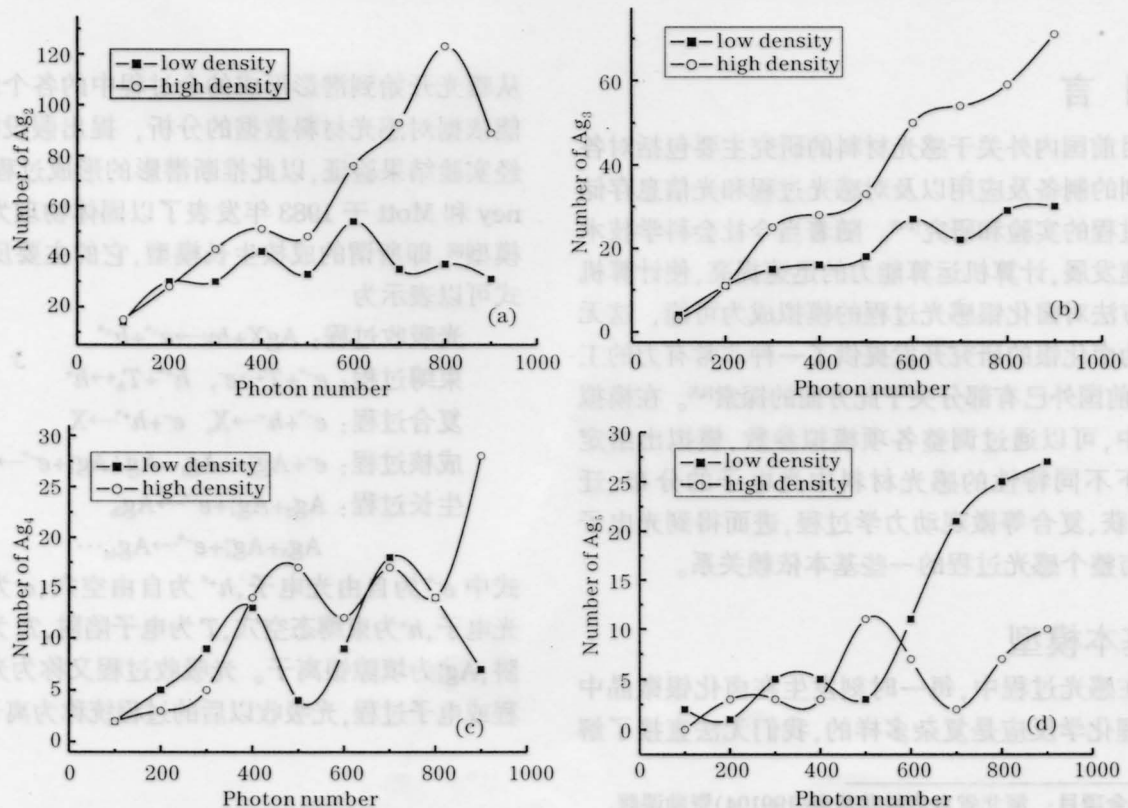


图 1 不同势阱密度下生成 (a)  $Ag_2$ ; (b)  $Ag_3$ ; (c)  $Ag_4$ ; (d)  $Ag_5$  的数量随曝光量的变化关系

Fig.1 Number of (a)  $Ag_2$ ; (b)  $Ag_3$ ; (c)  $Ag_4$ ; (d)  $Ag_5$  with exposure at different trap density

