

高能电子辐照工艺在半导体器件和宝石改色中的应用

陈桂成 徐芬娟 屈宝明 陈金康 王福义

(中国原子能科学研究院 北京 102413)

摘要 本文介绍了由中国原子能科学研究院研制成功的 12MeV 电子辐照加速器在生产快速、高频可控硅、整流管、快恢复二极管和黄玉改色方面的应用情况。

关键词 电子直线加速器, 辐照, 少数载流子寿命, 色心。

1 引言

在生产快速、高频可控硅以及快恢复二极管的工艺过程中,为了提高开关速度,必须降低关断时间以及反向恢复时间,同时正向通态压降要尽量的小。传统的扩金(扩铂)工艺是在高温下进行,电参数一致性差,成品率低;而高能电子辐照,工艺简洁、容易控制,电参数一致性好,而且性能稳定,成品率高。

美国、英国、波兰和意大利等国在生产快速或高频半导体器件中一般均采用高能电子辐照。在国内,我们已为阜新晶体管厂、清华大学核能所器件厂、锦州七七七厂、西安电力技术研究所、北京半导体器件十二厂及上海、广东、广西和黑龙江等地区的厂家共四十多个,辐照 KK、KG、KS 系列可控硅以及快恢复二极管达百万只以上,经济效益十分显著。

无色透明的黄玉在宝石中属低档品,而经过辐照处理后变成天兰色或海兰色,其价值大大提高。

2 12MeV 电子辐照与扩金扩铂工艺对比

在生产快速、高频可控硅及二极管中,采用扩铂(金)工艺的主要优点是折衷特性比较好,其缺点是工艺复杂,难于控制,生产出来的器件电参数一致性差、成品率低,而高能电子辐照不仅折衷特性比较好,而且产品性能稳定、电参数一致性好,成品率大大提高。以阜新晶体管厂生产的 KK500A 为例,取五只样品经电子辐照后取其平均值(见表 1、2)。

经 12MeV 电子辐照的快速高频器件,经

200℃ 温度老化,性能稳定不变。

3 黄玉改色的进展

自从人类祖先发现了五光十色的河卵石以来,宝石无疑在人们的生活中产生了魅力。然而人们当时对它的颜色却无能为力。随着现代科学技术的发展,人们发现可以用加热和辐照的方法,使无色的黄玉(成份是 $Al_2[Fe_2SiO_4]$)变成兰色。辐照手段有三种,用 γ 射线辐照只产生 X1 (吸收谱为 16000~1cm) 色心,改色较浅,而用中子辐照,形成 X1 (16000~1cm 谱) 和 X2 (14500~1cm 谱) 两个色心,改色较深,但因活化而带有放射性;高能电子辐照不仅产生 X1 (16000~1cm 谱) 色心,而且产生 Y1 (16600cm 谱) 色心,而 Y1 色心的形成与黄玉本身所含的杂质成份(即与产地有关)。所以经高能电子辐照过的黄玉,改色有深有浅,不仅不带放射性,而且色度较好,颇受消费者的欢迎。

从 1988 年开始,我们用 12MeV 电子辐照加速器对宝石改色进行了实验研究,经过大剂量的电子束辐照,使无色和黄色变成褐色,再经适当的温度处理,变成兰色。我们的样品用日本 Gemcolor-2 型宝石等级分析仪测量,由计算机直接打印出结果,其吸收谱和色度与美国辐照的样品比较,指标基本一致。

4 结束语

12MeV 电子辐照加速器从 1988 年投入辐照运行以来,一直处于良好的运行状态。宝石研究所的吴瑞华同志帮我们测量了宝石样品的特

性,阜新晶体管厂提供了样片,在此表示感谢.

表1 $V_{TM}(V)$ 与 $\Phi(\times 10^{16}e^{-1}/cm)$ 的关系

V_{TM} 样品号 \ Φ	0	12.9	22.6	33.8	44.5	70.4	109.3	退火6小时 (200℃)	退火10小时 (200℃)
1	2.65	2.85	3.08	3.21	3.42	4.03	4.50	4.50	4.49
2	2.71	2.87	3.03	3.21	3.49	4.13	4.75	4.75	4.63
3	2.71	2.96	3.18	3.27	3.47	4.01	4.75	4.75	4.66
4	2.88	3.04	3.29	3.32	3.86	4.16	4.70	4.70	4.71
5	2.53	2.85	3.00	3.16	3.36	4.01	4.64	4.64	4.73
\bar{V}	2.70	2.91	3.12	3.23	3.52	4.07	4.67	4.67	4.73

表2 $\tau_p(\mu s) \sim \Phi(\times 10^{16}e^{-1}/cm)$ 的关系(KK500A)

τ_p 样品号 \ Φ	0	12.9	22.6	33.8	44.5	70.4	109.3	退火6小时 (200℃)	退火10小时 (200℃)
1	11	7	5	4.5	3	2.5	1.5	2	2
2	12	7	5	4	3	2.5	1.5	2	2
3	15	7	5	3.5	3	2.5	1.5	2	2
4	17	8	5	4.5	3	2.5	1.5	2	2
5	18	7	4.5	4	3	2.5	1.5	2	2
τ_p	14.6	7.2	4.9	4.1	3	2.5	1.5	2	2

参 考 文 献

2 Barberis L. Radiat. Phys. Chem., 1985, 26(2): 165

1 程兴林等. 全国核技术应用战略讨论会会议文集 1989, 4

Electron Radiation Processing in Semi-conductor Devices and Colouration of Gem

Chen Guicheng Xu Fenjuan Qu Baoming Chen Jinkang Wang Fuyi
(China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413)

Abstract A 12MeV linear electron accelerator developed by China Institute of Atomic Energy has been used in radiation processing in production of high speed and frequency silicon controlled rectifiers, recovery diodes and colouration of gemstones.

Key Words linear electron accelerator, irradiation, minority carrier lifetime, colour centre.