

# آشنایی با مواد لیانی و

## کاربرد های آن

مولفان

جی. بی. و بی. سی. کرایمر

ترجمه

زهرا درینر

G. Blasse, جی. بلسی. B.C. Grabmaier, بی. سی. گرابمایر, ۱۹۹۴-

م. زهرا دررئز.

آشنایی با مواد لیانی و کاربردهای آن / [تالیف جی. بلسی, بی. سی. گرابمایر]:

مترجم زهرا دررئز

تهران: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای, ۱۳۹۲.

۳۰۷ ص.: مصور, جدول, نمودار.

ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۹۲۵۷۹-۹-۷

فهرست ریسک: بر اساس اطلاعات فیپا

ع. ر. ن. ا. ن.:

۱. واژه‌نامه, کتابنامه ۳. فاسفر ۳. لومینسانس

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

رده بندی کنگره: ۲ ۱۲ ۷/ QC۴۷

رده بندی دیویی: ۶۲۰ ۱۱۲۹۵

شماره کتابشناسی ملی: ۳۴۰۲۱۹۸

نام کتاب: آشنایی با مواد لیانی و کاربردهای آن

مترجم: زهرا دررئز

ناظر فنی: فریبا علی اکبری

ویرایش صفحه بندی: شادی معماری آذر

نمونه خوان: مهدیه السادات عامل ابراهیمی

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

چاپ: ۱۳۹۲

نوبت چاپ: اول

قیمت: ۹۰۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: پیام رسان فردا, تلفن: ۸۸۷۲۸۰۰۲

ناشر: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۲۵۷۹-۹-۷



پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

کلیه حقوق چاپ و انتشار این اثر متعلق به پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای می‌باشد.

## پیشگفتار متاسفانه

سپاس فراوان مخصوصاً به آقایان متعال است که در سال‌های متمادی نگارنده را از لذت فراگیری علم فیزیک و در نهایت مطالعه در زمینه بلورهای لیانی بهره‌مند کرده است و در این راستا، در اجرای تصمیم و تلاش برای ترجمه این اثر رهنمون بوده است. امید است در جلب رضایت علاقمندان به این رشته از کتاب و راستای استفاده از مواد لیانی نوین به منظور کاربرد در فضاها، آشکارسازهای سوسوزنی و دوزیمتری و همچنین لیزرها رهگشا باشد.

در زمینه ویژگی لیانی (luminescence) با جاذبه خاص خود و مواد لیانی (Luminescent material) علی‌رغم اهمیت زیاد آن، کتاب‌های اندکی منتشر شده است. اغلب با بسیاری از رهجویان پدیده لیانی و کاربرد آن ملاقات داشته‌ایم که خواستار معرفی کتابی در این زمینه بوده‌اند. البته، برخی از نوشته‌های بسیار مفید در این زمینه به مجموعه‌های مربوط به سال‌های دیرین ۱۹۴۰ میلادی توسط Kroger, Leverenz و J. J. Van Turnhout موجود است که به کلی قدیمی شده است. همچنین، ویرایش‌های (Goldberg (1966 و (Lien (1971 را می‌توان به عنوان نسخه‌های به‌روز توصیه کرد.

در دهه اخیر، تعدادی کتاب با کیفیت بسیار خوب به چاپ رسیده است. اما، هیچ‌کدام را نمی‌توان جامع پنداشت. در واقع، به سختی می‌توان نوشته‌ای در زمینه لیانی را با رعایت نظم و انسجام مطلوب معرفی کرد. به‌طور کلی، در زمینه‌های فیزیک حالت جامد، طیف‌نمایی مولکولی، نظریه میدان لیگاند، شیمی معدنی، شیمی حالت جامد و مواد لازم است ترکیب مناسبی از اطلاعات را گردآوری و تدوین کرد.

این کتاب به سه بخش تقسیم می‌شود: همان‌گونه که در فهرست کتاب معرفی شده است، بخش اول شامل (فصل ۱) برای کسانی که شناختی از این موضوع ندارند، به معرفی نظریه بسیار کلی از پدیده لیانی و مواد لیانی اختصاص می‌یابد. در بخش دوم، (فصل‌های ۲-۵)، مروری نظری و کلی

ارائه می‌شود. پس از نمایش مرکز لیانی در تراز برانگیخته (فصل ۲: جذب)، احتمال‌های متعدد برای بازگشت به تراز زمینه (فصل ۳: بازگشت تابان؛ فصل ۴: بازگشت غیرتابان و فصل ۵: انتقال انرژی و جابه‌جایی) بررسی می‌شود. این روند با سهولت ممکن دنبال می‌شود. به منظور بسط موضوع و عملکردهای ریاضی، لازم است علاقمندان به کتاب‌های دیگر نیز مراجعه کنند.

بخش سوم کتاب شامل پنج فصل است که در آن بسیاری از کاربردها مورد مطالعه قرار می‌گیرند: روشنایی (فصل ۶)؛ لامپ‌های پرتو - کاتدی (فصل ۷)؛ فسرهای پرتو -  $X$  و سوسوزن‌ها (فصل‌های ۸ و ۹) و چندین کاربرد دیگر (فصل ۱۰). این فصل‌ها، نکات عمده مواد لیانی را که قابلیت استفاده در کاربردهای موردنظر را داشته‌اند یا خواهند داشت، را مورد ارزیابی قرار می‌دهد و رفتار تجربی آنها از دیدگاه‌های نظری در فصل‌های اولیه ارائه می‌شود. همچنین به اصول کاربردی، تمهیدات اولیه در تهیه مواد نیز به اختصار اشاره می‌شود. در بخش ضامم، برخی مفاهیم که اغلب به‌خوبی شناخته نشده‌اند، مانند: گرایی، واحدهای طیفی، تعاریف و طیف لیانی) دنبال می‌شود.

این کتاب را با نشر تقدیم به ده گهر تابان هستی‌ام، پدر و مادر گرمی و به یاد و خاطر مهربان خواهرم، زنده‌یاد فاطمه زهرا، زیر تقابیم می‌کنم. از استاد گرانقدر آقای دکتر اکبر حریری به‌خاطر رهنمودهای ارزنده ایشان سپاسگزار می‌کنم. همچنین از مدیریت محترم و کارکنان انتشارات سازمان انرژی اتمی که امکان انتشار این کتاب را فراهم کردند، و آقایان دکتر امیر حسین فرهد و دکتر رضا فایض و نیز کلیه کسانی که در این اثر مرا یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌کنم.

زهرا درریر

روانشناس، گاه علوم و فنون هسته‌ای

۱۳۹۲

## فهرست

### فصل ۱

#### معرفی کلی مواد لیانی

|    |       |
|----|-------|
| ۱۲ | منابع |
|----|-------|

### فصل ۲

#### چگونگی جذب انرژی برانگیزشی در ماده لیانی

|    |                                                   |
|----|---------------------------------------------------|
| ۱۳ | ۱-۲. نظریه کلی                                    |
| ۲۰ | ۲-۲. نقش شبکه میزبان                              |
| ۲۴ | ۳-۲. نمودار تراز انرژی در یونهای فلز واسطه        |
| ۲۴ | ۱-۳-۲. یونهای فلز واسطه ( $f^n$ )                 |
| ۳۰ | ۲-۳-۲. یونهای فلزات واسطه با آرایش $d^n$          |
| ۳۱ | ۳-۳-۲. یونهای خاک نادر ( $f^n$ )                  |
| ۳۳ | ۴-۳-۲. یونهای خاک نادر (گذارهای $f-f$ انتقال بار) |
| ۳۴ | ۵-۳-۲. یونهای آرایش $d^n$                         |
| ۳۵ | ۶-۳-۲. یونهای آرایش $d^n$                         |
| ۳۶ | ۷-۳-۲. سایر گذارهای انتقال-بار                    |
| ۳۶ | ۸-۳-۲. مراکز رنگی                                 |
| ۳۷ | ۴-۲. جذب در شبکه میزبان                           |
| ۳۹ | منابع                                             |

### فصل ۳

#### فروافت تابشی به تراز الکترونی پایه: گسیل تابشی

|    |                                              |
|----|----------------------------------------------|
| ۴۱ | ۱-۳. معرفی                                   |
| ۴۲ | ۲-۳. بحث کلی گسیل از مرکز لیانی              |
| ۴۸ | ۳-۳. طبقه‌بندی برخی از انواع مراکز لیانی خاص |
| ۴۸ | ۱-۳-۳. گسیل اکسیتونی از هالیدهای قلیایی      |
| ۵۰ | ۲-۳-۳. یونهای خاک نادر (گسیل خطی)            |

|    |                                            |
|----|--------------------------------------------|
| ۵۶ | ۳-۳-۳. یون‌های خاک - نادر با قله گسیلی پهن |
| ۶۱ | ۴-۳-۳. فلزات واسطه                         |
| ۶۴ | ۵-۳-۳. یون‌های کمپلکس ( $d^0$ )            |
| ۶۶ | ۶-۳-۳. یون‌های $d^{10}$                    |
| ۶۷ | ۷-۳-۳. یون‌های $s^2$                       |
| ۷۲ | ۸-۳-۳. یون $U^{6+}$                        |
| ۷۳ | ۹-۳-۳. نیمه‌رساناها                        |
| ۷۹ | ۱۰-۳-۳. لیانی - عرضی (تقابلی)              |
| ۸۰ | ۴-۳. پی‌تاب                                |
| ۸۱ | ۵-۳. مالیان                                |
| ۸۲ | ۳-۳. میل تحریکی (القایی)                   |
| ۸۵ | منابع                                      |

## فصل ۴

### گذارهای غیرتابشی

|     |                                            |
|-----|--------------------------------------------|
| ۸۷  | ۱-۴. معرفی                                 |
| ۸۹  | ۲-۴. گذارهای غیرتابشی در مرکز اتم همد      |
| ۹۱  | ۱-۲-۴. حالت همپوشانی - ضعیف                |
| ۹۵  | ۲-۲-۴. حالت‌های همپوشانی - میانه و - قوی   |
| ۱۰۴ | ۳-۴. بهره                                  |
| ۱۰۵ | ۴-۴. حداکثر بهره در برانگیزش با انرژی بالا |
| ۱۰۷ | ۵-۴. فوتویونش و فرونشست انتقال - الکترون   |
| ۱۱۰ | ۶-۴. گذارهای غیرتابشی در نیمه‌رساناها      |
| ۱۱۱ | منابع                                      |

## فصل ۵

### انتقال انرژی

|     |                                            |
|-----|--------------------------------------------|
| ۱۱۳ | ۱-۵. معرفی                                 |
| ۱۱۴ | ۲-۵. انتقال انرژی بین مراکز لیانی غیریکسان |
| ۱۱۸ | ۳-۵. انتقال انرژی بین مراکز لیانی یکسان    |
| ۱۱۹ | ۱-۳-۵. یون‌ها در طرح همپوشانی - ضعیف       |
| ۱۲۸ | ۲-۳-۵. طرح همپوشانی - میانه و - قوی یون‌ها |

|     |                                         |
|-----|-----------------------------------------|
| ۱۳۲ | ..... ۴-۵. انتقال انرژی در نیمه‌رساناها |
| ۱۳۴ | ..... منابع                             |

## فصل ۶

### فسفر لامپ

|     |                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------|
| ۱۳۵ | ..... ۱-۶. معرفی                                          |
| ۱۳۶ | ..... ۲-۶. روشنایی لیانی                                  |
| ۱۳۹ | ..... ۳-۶. آماده سازی فسفرها در لامپ                      |
| ۱۴۰ | ..... ۴-۶. مواد نورلیانی                                  |
| ۱۴۰ | ..... ۱-۴-۶. فسفرها برای روشنایی در لامپ                  |
| ۱۴۰ | ..... فسفرهای اولیه                                       |
| ۱۴۳ | ..... ترکیبات هالوژن فسفات                                |
| ۱۴۵ | ..... فسفرها در لامپ سهرنگ                                |
| ۱۴۶ | ..... فسفرهای * با ویژگی گسیل - قر (قر : تب)              |
| ۱۴۸ | ..... فسفرهای با ویژگی گسیل - آبی (آبی : تب)              |
| ۱۵۰ | ..... فسفرهای با ویژگی گسیل - سبز (سبز : تب)              |
| ۱۵۲ | ..... فسفرها برای تهیه لامپهای ویژه ترئینی                |
| ۱۵۵ | ..... ماندگاری فسفرها در لامپهای سهرنگ                    |
| ۱۵۵ | ..... ۲-۴-۶. کاربرد فسفرها در سایر لامپها                 |
| ۱۵۸ | ..... ۳-۴-۶. فسفرها برای تهیه لامپهای بخار جیوه فشار بالا |
| ۱۶۱ | ..... ۴-۴-۶. فسفرهای گسیل دو - فوتونی                     |
| ۱۶۲ | ..... ۵-۶. چشم انداز                                      |
| ۱۶۵ | ..... منابع                                               |

## فصل ۷

### فسفرها در لامپ پرتو - کاتدی

|     |                                                        |
|-----|--------------------------------------------------------|
| ۱۶۷ | ..... ۱-۷. لامپهای پرتو - کاتدی (اساس و جلوه نمایشی)   |
| ۱۷۰ | ..... ۲-۷. تهیه و تمهید فسفرهای پرتو - کاتدی           |
| ۱۷۱ | ..... ۳-۷. فسفر لامپ پرتو - کاتدی                      |
| ۱۷۱ | ..... ۱-۳-۷. چند جنبه کلی                              |
| ۱۷۲ | ..... ۲-۳-۷. فسفرها به منظور ساخت تلویزیون سیاه و سفید |
| ۱۷۲ | ..... ۳-۳-۷. فسفرها در ساخت تلویزیون رنگی              |

|          |                                       |
|----------|---------------------------------------|
| ۱۷۵..... | ۴-۳-۷. فسفرها در ساخت تلویزیون تصویری |
| ۱۷۶..... | ۵-۳-۷. سایر فسفرهای پرتو - کاندی      |
| ۱۷۸..... | ۴-۷. چشم‌انداز                        |
| ۱۷۹..... | منابع                                 |

## فصل ۸

### فسفرها و سوسوزن‌های پرتو - X (روش‌های انتگرالی)

|          |                                                                        |
|----------|------------------------------------------------------------------------|
| ۱۸۱..... | ۱-۸. معرفی                                                             |
| ۱۸۲..... | ۱-۱-۸. جذب پرتو - X                                                    |
| ۱۸۳..... | ۲-۱-۸. ضریب تقویت‌کننده                                                |
| ۱۸۵..... | ۱-۳-۸. صفحه فسفر برای ذخیره‌سازی برانگیزش نوری                         |
| ۱۹۰..... | ۴-۱-۸. زئموگرافی (پرتونگاری مقطعی)                                     |
| ۱۹۳..... | ۲-۸. تهیه فسفرهای پرتو - X                                             |
| ۱۹۳..... | ۱-۲-۸. صفحه‌های پرتو - X                                               |
| ۱۹۵..... | ۲-۲-۸. صفحات سرامیکی                                                   |
| ۱۹۷..... | ۳-۲-۸. تک بلورها                                                       |
| ۱۹۷..... | ۳-۸. مواد                                                              |
| ۱۹۷..... | ۱-۳-۸. فسفرهای پرتو - X به منظور کاربرد در صفحات متعارف تقویت‌کننده    |
| ۲۰۱..... | ۲-۳-۸. فسفرهای پرتو - X در ساخت صفحات ذخیره‌سازی با اثر برانگیزش نوری  |
| ۲۰۴..... | ۳-۳-۸. فسفرهای پرتو - X به منظور کاربرد در پرتونگاری مقطعی به روش (CT) |
| ۲۰۷..... | ۴-۸. چشم‌انداز                                                         |
| ۲۰۸..... | منابع                                                                  |

## فصل ۹

### فسفرها و سوسوزن‌های پرتو - X (روش‌های شمارشی)

|          |                                         |
|----------|-----------------------------------------|
| ۲۱۱..... | ۱-۹. معرفی                              |
| ۲۱۲..... | ۲-۹. برهم‌کنش تابش یون‌ساز با ماده چگال |
| ۲۱۳..... | ۳-۹. کاربردهای بلورهای سوسوزنی          |
| ۲۲۰..... | ۴-۹. تهیه ماده (رشد بلور)               |
| ۲۲۵..... | ۵-۹. مواد سوسوزنی                       |
| ۲۲۵..... | ۱-۵-۹. هالیدهای قلیایی                  |
| ۲۲۶..... | ۲-۵-۹. تنگستات‌ها                       |

|     |                                                                   |
|-----|-------------------------------------------------------------------|
| ۲۲۷ | ..... $\text{Bi}_2\text{Ge}_2\text{O}_{12}(\text{BGO})$ ۳-۵-۹     |
| ۲۲۷ | ..... $\text{Lu}_2\text{SiO}_5$ و $\text{Gd}_2\text{SiO}_5$ ۴-۵-۹ |
| ۲۳۰ | ..... $\text{CeF}_3$ ۵-۵-۹                                        |
| ۲۳۳ | ..... سایر سوسوزن‌های $\text{Ce}^{3+}$ و مواد مرتبط ۶-۵-۹         |
| ۲۳۴ | ..... $\text{BaF}_2$ (لیانی - عرضی، تمایز ذره) ۷-۵-۹              |
| ۲۳۵ | ..... ۸-۵-۹ لیانی - عرضی در سایر مواد                             |
| ۲۳۷ | ..... چشم‌انداز ۶-۹                                               |
| ۲۳۹ | ..... منابع                                                       |

## فصل ۱۰

### کاربردهای دیگر

|     |                                                      |
|-----|------------------------------------------------------|
| ۲۴۱ | ..... ۱-۱۰. واگردانی (وارونی بجمع بار): ایدها و مواد |
| ۲۴۱ | ..... ۱-۱-۱۰. فرایندهای واگردانی                     |
| ۲۴۴ | ..... ۲-۱-۱۰. مواد واگرداننده (وارونه شده جمع بار)   |
| ۲۵۱ | ..... ۲-۱۰. یون لیانی به‌عنوان یک کاوشگر             |
| ۲۵۶ | ..... ۳-۱۰. ایمنی‌سنجی با پدیده لیانی                |
| ۲۵۶ | ..... ۱-۳-۱۰. اصول کلی                               |
| ۲۵۷ | ..... ۲-۳-۱۰. مواد                                   |
| ۲۶۰ | ..... ۴-۱۰. الکترولیانی                              |
| ۲۶۰ | ..... ۱-۴-۱۰. معرفی                                  |
| ۲۶۰ | ..... ۲-۴-۱۰. دیودهای گسیل نوری و لیزرهای نیمه‌رسانا |
| ۲۶۲ | ..... ۳-۴-۱۰. الکترولیانی میدان - بالا               |
| ۲۶۶ | ..... ۵-۱۰. تقویت‌کننده‌ها و لیزرها با فیبرهای نوری  |
| ۲۶۸ | ..... ۶-۱۰. لیانی در ذرات بسیار کوچک                 |
| ۲۷۲ | ..... منابع                                          |

### پیوست‌ها

|     |                 |
|-----|-----------------|
| ۲۷۵ | ..... پیوست ۱   |
| ۲۷۹ | ..... پیوست ۲   |
| ۲۸۱ | ..... پیوست ۳   |
| ۲۸۳ | ..... پیوست ۴   |
| ۲۸۷ | ..... واژه‌نامه |