

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده فارسی	ش
چکیده انگلیسی	ط
فصل اول: مقدمه	۱
فصل دوم: روش های تهیه فیلم نازک	
۱-۲- فیلم نازک	۴
۲-۲- مشخصه های فیلم نازک	۴
۳-۲- مراحل ساخت فیلم نازک	۵
۴-۲- کاربردهای فیلم نازک	۵
۵-۲- روش های انباشت فیلم نازک	۶
۲-۵-۱- فرآیندهای انباشت بخار فیزیکی (PVD)	۶
۲-۵-۲- فرآیند انباشت فیلم نازک به روش تبخیر	۷
۲-۵-۳- فرآیند انباشت فیلم نازک به روش کندوپاش	۸
۲-۵-۴- انباشت لیزر پالسی (PLD)	۹
۲-۵-۵- روشانی باریکه مولکولی (MBE)	۱۰
۲-۵-۶- روش آبرکاری یونی	۱۰
۲-۶-۱- فرآیند انباشت بخار شیمیایی (CVD)	۱۱
۲-۶-۱-۱- انباشت بخار شیمیایی تغییر یافته	۱۱
۲-۶-۲- انباشت بخار شیمیایی فشار پایین (LPCVD)	۱۲
۲-۶-۳- انباشت بخار شیمیایی ارتقاء یافته با پلاسما (PECVD)	۱۲
۲-۶-۴- انباشت بخار شیمیایی ارتقا یافته لیزری (LECVD)	۱۲

۱۲-۵-۶-۲- انباشت بخار شیمیایی فلز آلی (MOCVD).....

فصل سوم: مفاهیم کلی

۱۴-۱-۳- معادلات ماکسول.....

۱۵-۲-۳- شرایط مرزی.....

۱۶-۳-۳- چگالی انرژی و شار انرژی.....

۱۶-۴-۳- اعداد مختلط و میدان های تکفام.....

۱۷-۵-۳- میانگین زمانی حاصل ضرب های سینوسی.....

۱۸-۶-۳- معادلات موج و امواج تخت تکفام.....

۲۰-۷-۳- حالات قطبش نور.....

۲۲-۱-۷-۳- نور قطبیده جزئی و غیرقطبیده.....

۲۳-۸-۳- نمایش بردار جونز.....

۲۵-۹-۳- بازتاب و شکست امواج تخت.....

۲۵-۱-۹-۳- قانون اسنل و فرمول های فرنل.....

۲۷-۲-۹-۳- بازتاب و تراگیل موج s (موج TE).....

۲۹-۳-۹-۳- بازتاب و تراگیل موج p (موج TM).....

۳۰-۴-۹-۳- فرود عمود.....

۳۱-۵-۹-۳- بازتاب در سطح محیط جاذب.....

۳۱-۱۰-۳- اپتیک یک لایه همگن و همسانگرد.....

۳۱-۱-۱۰-۳- رفتار الکترومغناطیسی.....

فصل چهارم: روش های تعیین ثوابت اپتیکی

۳۴-۱-۴- محاسبه ثوابت اپتیکی با استفاده از روش سوان پول.....

۳۷-۲-۴- روش بهینه سازی نامقید.....

- ۳۸-۳-۴- روش مینکوو
- ۳۹-۳-۴- محاسبه ضریب شکست و جذب به روش مینکوو
- ۴۰-۴- تعیین گرافیکی ضخامت
- ۴۱-۵-۴- الگوریتم روش نیوتن رافسون
- ۴۱-۵-۴- حل معادله غیرخطی با یک متغیر به روش نیوتن رافسون
- ۴۲-۵-۴- حل معادله غیرخطی با دو متغیر به روش نیوتن رافسون

فصل پنجم: محاسبه ثوابت اپتیکی فیلم نازک به روش مینکوو

- ۴۵-۱-۵- محاسبه و رسم طیف های ثوابت اپتیکی یک فیلم نازک فرضی
- ۴۷-۱-۱-۵- رسم طیف ضریب شکست بر حسب طول موج
- ۴۸-۲-۱-۵- رابطه پاشندگی ومپل دی دو مینکوو
- ۴۹-۳-۱-۵- تعیین گرافیکی ضخامت فیلم فرضی
- ۵۰-۴-۱-۵- رسم طیف ضریب خاموشی
- ۵۱-۵-۱-۵- تابع مختلط دی الکترونیک
- ۵۳-۶-۱-۵- رسانندگی اپتیکی
- ۵۴-۲-۵- محاسبه و رسم طیف های ثوابت اپتیکی فیلم نازک سولفید آرسنیک ($As_{25} S_{75}$)
- ۵۶-۱-۲-۵- رسم طیف ضریب شکست بر حسب طول موج
- ۵۷-۲-۲-۵- رابطه پاشندگی ومپل دی دو مینکوو
- ۵۸-۳-۲-۵- تعیین گرافیکی ضخامت
- ۵۸-۴-۲-۵- رسم طیف ضریب خاموشی
- ۵۹-۵-۲-۵- رسم طیف های ثوابت دی الکترونیک
- ۶۰-۶-۲-۵- رسانندگی اپتیکی
- ۶۱-۳-۵- محاسبه و رسم طیف های ثوابت اپتیکی فیلم نازک ژرمانیوم سلنیوم ($Ge_{33} Se_{67}$)

- ۶۲..... ۱-۳-۵- طیف ضریب شکست
- ۶۳..... ۲-۳-۵- رابطه پاشندگی ومپل دی دو منیکو
- ۶۴..... ۳-۳-۵- تعیین گرافیکی ضخامت
- ۶۵..... ۴-۳-۵- رسم طیف ضریب خاموشی
- ۶۵..... ۵-۳-۵- طیف های ثوابت دی الکتریک
- ۶۷..... ۶-۳-۵- رسانندگی اپتیکی
- ۶۸..... ۴-۵- محاسبه و رسم طیف های ثوابت اپتیکی فیلم نازک سیلیسیوم (nc-Si)
- ۶۹..... ۱-۴-۵- رسم طیف ضریب شکست
- ۷۰..... ۲-۴-۵- رابطه پاشندگی ومپل دی دو منیکو
- ۷۰..... ۳-۴-۵- تعیین گرافیکی ضخامت
- ۷۱..... ۴-۴-۵- رسم طیف ضریب خاموشی
- ۷۲..... ۵-۴-۵- ثوابت دی الکتریک
- ۷۳..... ۶-۴-۵- رسانندگی اپتیکی
- ۷۴..... ۵-۵- تعیین ثوابت اپتیکی فیلم نازک آمورف سولفید آرسنیک ژرمانیوم ($a - Ge_{19}As_{21}S_{60}$)
- ۷۴..... ۱-۵-۵- طیف ضریب شکست
- ۷۵..... ۲-۵-۵- رابطه پاشندگی ومپل دی دو منیکو
- ۷۶..... ۳-۵-۵- تعیین گرافیکی ضخامت
- ۷۷..... ۴-۵-۵- طیف ضریب خاموشی
- ۷۷..... ۵-۵-۵- طیف ثوابت اپتیکی
- ۷۹..... ۶-۵-۵- رسانندگی اپتیکی
- ۸۰..... ۶-۵- تعیین ثوابت اپتیکی فیلم نازک ($a - SiN_x : H$)
- ۸۱..... ۱-۶-۵- طیف ضریب شکست

- ۸۱..... ۲-۶-۵- معادله پاشندگی ومپل دی دو منیکو
- ۸۲ ۳-۶-۵- تعیین گرافیکی ضخامت
- ۸۲ ۴-۶-۵- طیف ضریب خاموشی
- ۸۳ ۵-۶-۵- ثوابت دی الکتريک
- ۸۴ ۶-۶-۵- رسانندگی اپتیکی
- ۸۵ ۷-۵- تعیین ثوابت اپتیکی فیلم نازک سلنیم ژرمانیوم (GeSe_2)
- ۸۶ ۱-۷-۵- طیف ضریب شکست
- ۸۷..... ۲-۷-۵- معادله پاشندگی ومپل دی دو منیکو
- ۸۷..... ۳-۷-۵- تعیین گرافیکی ضخامت
- ۸۸ ۴-۷-۵- طیف ضریب خاموشی
- ۸۹ ۵-۷-۵- ثوابت دی الکتريک
- ۹۰ ۶-۷-۵- رسانندگی اپتیکی
- ۹۱ ۸-۵- تعیین ثوابت اپتیکی فیلم نازک نیتريد گالیم (GaN)
- ۹۲ ۱-۸-۵- طیف ضریب شکست
- ۹۲..... ۲-۸-۵- معادله پاشندگی ومپل دی دو منیکو
- ۹۳ ۳-۸-۵- تعیین گرافیکی ضخامت
- ۹۴ ۴-۸-۵- طیف ضریب خاموشی
- ۹۴ ۵-۸-۵- ثوابت دی الکتريک
- ۹۶ ۶-۸-۵- رسانندگی اپتیکی
- ۹۷ ۹-۵- تعیین ثوابت اپتیکی فیلم نازک سولفید آرسنیک ($\text{As}_{33}\text{S}_{67}$)
- ۹۸ ۱-۹-۵- طیف ضریب شکست
- ۹۹..... ۲-۹-۵- معادله پاشندگی ومپل دی دو منیکو

۱۰۰	..... تعیین گرافیکی ضخامت ۳-۹-۵
۱۰۰	..... طیف ضریب خاموشی ۴-۹-۵
۱۰۱	..... ثوابت دی الکتریک..... ۵-۹-۵
۱۰۲	..... رسانندگی اپتیکی ۶-۹-۵
۱۰۳	..... تعیین ثوابت اپتیکی فیلم نازک هیدرید سیلیسیم ۱۰-۵
۱۰۴	..... طیف ضریب شکست ۱-۱۰-۵
۱۰۵	..... رابطه پاشندگی ومیل دی دو منیکو ۲-۱۰-۵
۱۰۵	..... تعیین گرافیکی ضخامت ۳-۱۰-۵
۱۰۶	..... طیف ضریب خاموشی ۴-۱۰-۵
۱۰۷	..... ثوابت دی الکتریک ۵-۱۰-۵
۱۰۸	..... رسانندگی اپتیکی ۶-۱۰-۵
۱۱۰	..... نتایج ۱۱-۵
۱۱۱	..... مراجع ۱۱۱

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل (۱-۲): پیشروی ابعاد فیلم نازک به صفر	۴
شکل (۲-۲): فرآیند کندوپاش	۸
شکل (۳-۲): تکنیک PLD	۹
شکل (۱-۳): قطبش های خطی، دایروی و بیضوی موج الکترومغناطیسی	۲۲
شکل (۲-۳): بازتاب و تراگسیل موج s (موج TE)	۲۷
شکل (۳-۳): بازتاب و تراگسیل موج p (موج TM)	۲۹
شکل (۲-۳): تابش پرتو نور به سطح یک فیلم نازک نهشته شده روی بستر	۳۳
شکل (۱-۴): پوش های طیف تراگسیل فیلم نازک سلنیوم	۳۵
شکل (۲-۴): برازش سلمییر منحنی ضریب شکست بر حسب طول موج	۳۶
شکل (۳-۴): طیف بازتاب اپتیکی فیلم نازک و پوش هایش	۳۹
شکل (۴-۴): رسم $\frac{l}{2}$ بر حسب $\frac{n}{\lambda}$ برای تعیین ضخامت و عدد مرتبه	۴۱
شکل (۵-۴): تابع غیر خطی $f(x)$	۴۲
شکل (۱-۵): طیف بازتاب فیلم فرضی نهشته شده روی بستر Si	۴۶
شکل (۲-۵): طیف ضریب شکست فیلم فرضی	۴۷
شکل (۳-۵): رسم $(n^2 - 1)^{-1}$ بر حسب مربع انرژی فوتون برای یک فیلم فرضی	۴۹
شکل (۴-۵): رسم گرافیکی ضخامت برای فیلم فرضی	۵۰
شکل (۵-۵): طیف ضریب خاموشی فیلم فرضی	۵۱
شکل (۶-۵): طیف قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک فیلم فرضی	۵۲
شکل (۷-۵): طیف قسمت موهومی ثابت دی الکتریک فیلم فرضی	۵۲
شکل (۸-۵): طیف قسمت حقیقی رسانندگی اپتیکی فیلم فرضی	۵۳

- شکل (۵-۹): طیف قسمت موهومی رسانندگی اپتیکی فیلم فرضی ۵۴
- شکل (۵-۱۰): طیف بازتاب فیلم نازک $As_{25} S_{75}$ نهشته شده روی بستر شیشه ۵۵
- شکل (۵-۱۱): طیف ضریب شکست فیلم نازک $As_{25} S_{75}$ بر حسب طول موج ۵۶
- شکل (۵-۱۲): رسم $(n^2 - 1)^{-1}$ بر حسب مربع انرژی فوتون برای فیلم نازک $As_{25} S_{75}$ ۵۷
- شکل (۵-۱۳): رسم گرافیکی ضخامت فیلم نازک $As_{25} S_{75}$ ۵۸
- شکل (۵-۱۴): طیف ضریب خاموشی فیلم نازک $As_{25} S_{75}$ ۵۹
- شکل (۵-۱۵): طیف قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک فیلم نازک $As_{25} S_{75}$ ۵۹
- شکل (۵-۱۶): طیف قسمت موهومی ثابت دی الکتریک فیلم نازک $As_{25} S_{75}$ ۶۰
- شکل (۵-۱۷): طیف قسمت حقیقی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک $As_{25} S_{75}$ ۶۰
- شکل (۵-۱۸): طیف قسمت موهومی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک $As_{25} S_{75}$ ۶۱
- شکل (۵-۱۹): طیف بازتاب فیلم نازک $Ge_{33} Se_{67}$ ۶۱
- شکل (۵-۲۰): طیف ضریب شکست فیلم $Ge_{33} Se_{67}$ ۶۳
- شکل (۵-۲۱): رسم $(n^2 - 1)^{-1}$ بر حسب مربع انرژی فوتون برای فیلم نازک $Ge_{33} Se_{67}$ ۶۳
- شکل (۵-۲۲): رسم گرافیکی ضخامت فیلم نازک $Ge_{33} Se_{67}$ ۶۴
- شکل (۵-۲۳): طیف ضریب خاموشی فیلم نازک $Ge_{33} Se_{67}$ ۶۵
- شکل (۵-۲۴): طیف قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک فیلم نازک $Ge_{33} Se_{67}$ ۶۶
- شکل (۵-۲۵): طیف قسمت موهومی ثابت دی الکتریک فیلم نازک $Ge_{33} Se_{67}$ ۶۶
- شکل (۵-۲۶): طیف قسمت حقیقی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک $Ge_{33} Se_{67}$ ۶۷
- شکل (۵-۲۷): طیف قسمت موهومی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک $Ge_{33} Se_{67}$ ۶۷
- شکل (۵-۲۸): طیف بازتاب فیلم نازک (nc-Si) ۶۸
- شکل (۵-۲۹): طیف ضریب شکست فیلم نازک (nc-Si) ۶۹
- شکل (۵-۳۰): رسم $(n^2 - 1)^{-1}$ بر حسب مربع انرژی فوتون برای فیلم نازک (nc-Si) ۷۰
- شکل (۵-۳۱): رسم گرافیکی ضخامت فیلم نازک (nc-Si) ۷۱

- شکل (۵-۳۲): طیف ضریب خاموشی فیلم نازک (nc-Si) ۷۱
- شکل (۵-۳۳): طیف قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک فیلم نازک (nc-Si) ۷۲
- شکل (۵-۳۴): طیف قسمت موهومی ثابت دی الکتریک فیلم نازک (nc-Si) ۷۲
- شکل (۵-۳۵): طیف قسمت حقیقی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک (nc-Si) ۷۳
- شکل (۵-۳۶): طیف قسمت موهومی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک (nc-Si) ۷۳
- شکل (۵-۳۷): طیف ضریب شکست فیلم نازک $(a - \text{Ge}_{19}\text{As}_{21}\text{S}_{60})$ ۷۵
- شکل (۵-۳۸): رسم $(n^2 - 1)^{-1}$ بر حسب مربع انرژی فوتون فیلم نازک $(a - \text{Ge}_{19}\text{As}_{21}\text{S}_{60})$ ۷۶
- شکل (۵-۳۹): نمودار گرافیکی ضخامت فیلم نازک $(a - \text{Ge}_{19}\text{As}_{21}\text{S}_{60})$ ۷۶
- شکل (۵-۴۰): طیف ضریب خاموشی فیلم نازک $(a - \text{Ge}_{19}\text{As}_{21}\text{S}_{60})$ ۷۷
- شکل (۵-۴۱): طیف قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک فیلم نازک $(a - \text{Ge}_{19}\text{As}_{21}\text{S}_{60})$ ۷۸
- شکل (۵-۴۲): طیف قسمت موهومی ثابت دی الکتریک فیلم نازک $(a - \text{Ge}_{19}\text{As}_{21}\text{S}_{60})$ ۷۸
- شکل (۵-۴۳): طیف قسمت حقیقی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک $(a - \text{Ge}_{19}\text{As}_{21}\text{S}_{60})$ ۷۹
- شکل (۵-۴۴): طیف قسمت موهومی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک $(a - \text{Ge}_{19}\text{As}_{21}\text{S}_{60})$ ۷۹
- شکل (۵-۴۵): طیف ضریب شکست فیلم نازک $(a - \text{SiN}_x : \text{H})$ ۸۱
- شکل (۵-۴۶): رسم $(n^2 - 1)^{-1}$ بر حسب مربع انرژی فوتون فیلم نازک $(a - \text{SiN}_x : \text{H})$ ۸۱
- شکل (۵-۴۷): نمودار گرافیکی ضخامت فیلم نازک $(a - \text{SiN}_x : \text{H})$ ۸۲
- شکل (۵-۴۸): طیف ضریب خاموشی فیلم نازک $(a - \text{SiN}_x : \text{H})$ ۸۳
- شکل (۵-۴۹): طیف قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک فیلم نازک $(a - \text{SiN}_x : \text{H})$ ۸۳
- شکل (۵-۵۰): طیف قسمت موهومی ثابت دی الکتریک فیلم نازک $(a - \text{SiN}_x : \text{H})$ ۸۴
- شکل (۵-۵۱): طیف قسمت حقیقی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک $(a - \text{SiN}_x : \text{H})$ ۸۴
- شکل (۵-۵۲): طیف قسمت موهومی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک $(a - \text{SiN}_x : \text{H})$ ۸۵
- شکل (۵-۵۳): طیف ضریب شکست فیلم نازک (GeSe_2) ۸۶
- شکل (۵-۵۴): رسم $(n^2 - 1)^{-1}$ بر حسب مربع انرژی فوتون فیلم نازک (GeSe_2) ۸۷

- شکل (۵-۵۵): نمودار ضخامت فیلم نازک (GeSe_2) ۸۸
- شکل (۵-۵۶): طیف ضریب خاموشی فیلم نازک (GeSe_2) ۸۸
- شکل (۵-۵۷): طیف قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک فیلم نازک (GeSe_2) ۸۹
- شکل (۵-۵۸): طیف قسمت موهومی ثابت دی الکتریک فیلم نازک (GeSe_2) ۸۹
- شکل (۵-۵۹): طیف قسمت حقیقی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک (GeSe_2) ۹۰
- شکل (۵-۶۰): طیف قسمت موهومی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک (GeSe_2) ۹۰
- شکل (۵-۶۱): طیف بازتاب فیلم نازک نیتريد گاليم ۹۱
- شکل (۵-۶۲): طیف ضریب شکست فیلم نازک نیتريد گاليم ۹۲
- شکل (۵-۶۳): رسم $(n^2 - 1)^{-1}$ بر حسب مربع انرژی فوتون فیلم نازک نیتريد گاليم ۹۳
- شکل (۵-۶۴): نمودار ضخامت فیلم نازک نیتريد گاليم ۹۳
- شکل (۵-۶۵): طیف ضریب خاموشی فیلم نازک نیتريد گاليم ۹۴
- شکل (۵-۶۶): طیف قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک فیلم نازک نیتريد گاليم ۹۵
- شکل (۵-۶۷): طیف قسمت موهومی ثابت دی الکتریک فیلم نازک نیتريد گاليم ۹۵
- شکل (۵-۶۸): طیف قسمت حقیقی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک نیتريد گاليم ۹۶
- شکل (۵-۶۹): طیف قسمت موهومی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک نیتريد گاليم ۹۶
- شکل (۵-۷۰): فیلم نازک گوه ای شکل سولفيد آرسنیک روی بستر ضخيم شیشه ۹۶
- شکل (۵-۷۱): طیف بازتاب فیلم گوه ای شکل سولفيد آرسنیک ۹۷
- شکل (۵-۷۲): طیف ضریب شکست فیلم نازک سولفيد آرسنیک ۹۸
- شکل (۵-۷۳): رسم $(n^2 - 1)^{-1}$ بر حسب مربع انرژی فوتون فیلم نازک سولفيد آرسنیک ۹۹
- شکل (۵-۷۴): نمودار ضخامت فیلم نازک سولفيد آرسنیک ۱۰۰
- شکل (۵-۷۵): طیف ضریب خاموشی فیلم نازک سولفيد آرسنیک ۱۰۱
- شکل (۵-۷۶): طیف قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک فیلم نازک سولفيد آرسنیک ۱۰۱
- شکل (۵-۷۷): طیف قسمت موهومی ثابت دی الکتریک فیلم نازک سولفيد آرسنیک ۱۰۲

- شکل (۷۸-۵): طیف قسمت حقیقی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک سولفید آرسنیک ۱۰۲
- شکل (۷۹-۵): طیف قسمت موهومی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک سولفید آرسنیک ۱۰۳
- شکل (۸۰-۵): طیف ضریب شکست فیلم نازک هیدرید سیلیسیم ۱۰۴
- شکل (۸۱-۵): رسم $(n^2 - 1)^{-1}$ بر حسب مربع انرژی فوتون فیلم نازک هیدرید سیلیسیم ۱۰۵
- شکل (۸۲-۵): نمودار ضخامت فیلم نازک هیدرید سیلیسیم ۱۰۶
- شکل (۸۳-۵): طیف ضریب خاموشی فیلم نازک هیدرید سیلیسیم ۱۰۶
- شکل (۸۴-۵): طیف قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک فیلم نازک هیدرید سیلیسیم ۱۰۷
- شکل (۸۵-۵): طیف قسمت موهومی ثابت دی الکتریک فیلم نازک هیدرید سیلیسیم ۱۰۷
- شکل (۸۶-۵): طیف قسمت حقیقی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک هیدرید سیلیسیم ۱۰۸
- شکل (۸۷-۵): طیف قسمت موهومی رسانندگی اپتیکی فیلم نازک هیدرید سیلیسیم ۱۰۸

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱-۵): محاسبه ثوابت اپتیکی فیلم فرضی	۴۶
جدول (۲-۵): محاسبه ثوابت اپتیکی فیلم نازک سولفید آرسنیک	۵۶
جدول (۳-۵): محاسبه ثوابت اپتیکی فیلم نازک ($\text{Ge}_{33}\text{Se}_{67}$)	۶۲
جدول (۴-۵): محاسبه ثوابت اپتیکی فیلم نازک (nc-Si)	۶۹
جدول (۵-۵): محاسبه ثوابت اپتیکی فیلم نازک ($a - \text{Ge}_{19}\text{As}_{21}\text{S}_{60}$)	۷۴
جدول (۶-۵): محاسبه ثوابت اپتیکی فیلم نازک ($a - \text{SiN}_x : H$)	۸۰
جدول (۷-۵): محاسبه ثوابت اپتیکی فیلم نازک (GeSe_2)	۸۶
جدول (۸-۵): محاسبه ثوابت اپتیکی فیلم نازک نیتريد گاليم	۹۱
جدول (۹-۵): محاسبه ثوابت اپتیکی فیلم نازک سولفید آرسنیک	۹۸
جدول (۱۰-۵): محاسبه ثوابت اپتیکی فیلم نازک هیدرید سیلیسیم	۱۰۴

عنوان: محاسبه ثابت های اپتیکی فیلم های نیمه شفاف با استفاده از طیف بازتاب

معصومه مرادی خمس

در این تحقیق ثابت های اپتیکی فیلم های نازک، با استفاده از یک روش اپتیکی که توسط مینکوو پیشنهاد شده است به دقت محاسبه شد. روش مینکوو بر اساس پوش های ماکزیمم و مینیمم طیف بازتاب می باشد که هم قسمت حقیقی و هم قسمت موهومی ضریب شکست مختلط را بدست می دهد. سپس سایر خواص اپتیکی فیلم های نازک از قبیل: ضریب خاموشی، ضخامت، تابع دی الکتریک مختلط، رسانندگی اپتیکی و پارامترهای پاشندگی محاسبه و طیفشان رسم شد. پاشندگی ضریب شکست نیز بر اساس مدل تک نوسانگر ومپل دی دو منیکو بحث شد.

کلید واژه ها: ثابت های اپتیکی، فیلم های نازک، خواص اپتیکی، طیف بازتاب.

فصل اول

مقدمه

به دنبال توسعه یافتن تکنولوژی خلا، پیشرفت در دانش و تهیه فیلم های نازک شتاب گرفته است. امروزه فیلم های نازک، در زمینه های زیادی مورد توجه مهندسی سطح قرار گرفته است. مهندسی سطح، شامل تغییر یک سطح با استفاده از فیلم نازک، افزایش پلاσμα، بمباران یونی، رفتار گرمایی و دیگر فرآیندها می باشد. تکنیک های مهندسی سطح برای بهتر کردن خواص فیزیکی، شیمیایی، الکتریکی، مغناطیسی، مکانیکی و بالا بردن مقاومت در برابر خوردگی و فرسایش، در بسیاری از زمینه های تکنولوژی، شامل اتومبیل، موشک، فضاپیما، الکترونیک، پارچه، پتروشیمی، فولاد و سیمان استفاده می شود. لایه نشانی فیلم نازک برای اصلاح خواص فیزیکی و شیمیایی سطح به کار می رود. روش های انباشت یک فیلم نازک می تواند روی این خواص تأثیر بگذارد.

تعیین خواص اپتیکی فیلم های نازک در نوع کاربردی که می توانند داشته باشند از اهمیت ویژه ای برخوردار است. دو تا از مهم ترین ویژگی های اپتیکی فیلم های نازک، ضریب شکست و ضریب خاموشی می باشد که بطور کلی به آنها ثابت اپتیکی گویند. ثابت اپتیکی را می توان با استفاده از روش های مختلفی از روی طیف بازتاب و تراگسیل فیلم های نازک تعیین کرد. روشی که در این پایان نامه برای تعیین ثابت اپتیکی به کار برده شده، استفاده از روش مینکوو است که بر اساس پوش های ماکزیمم و مینیمم طیف بازتاب می باشد. در اثر وجود اثرات تداخلی در داخل فیلم، طیف بازتاب دارای نقاط اکسترمم می باشد که برای تعیین ثابت اپتیکی از این نقاط اکسترمم استفاده شده است. با تعیین ضریب شکست و ضریب خاموشی، طیف آنها بر حسب طول موج رسم شده است. با تعیین ثابت اپتیکی، سایر مشخصه های اپتیکی نیز بدست آمد و طیفشان هم رسم شد. در فصل دوم این پایان نامه روش های تهیه فیلم های نازک مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل سوم در مورد مفاهیم کلی اپتیک و امواج الکترومغناطیسی بحث شده است. در فصل چهارم روش های مختلف تعیین ثابت اپتیکی بیان شده است. و در فصل پنجم به تعیین ثابت اپتیکی انواع فیلم های نازک با استفاده از روش مینکوو پرداخته شده است.

فصل دوم

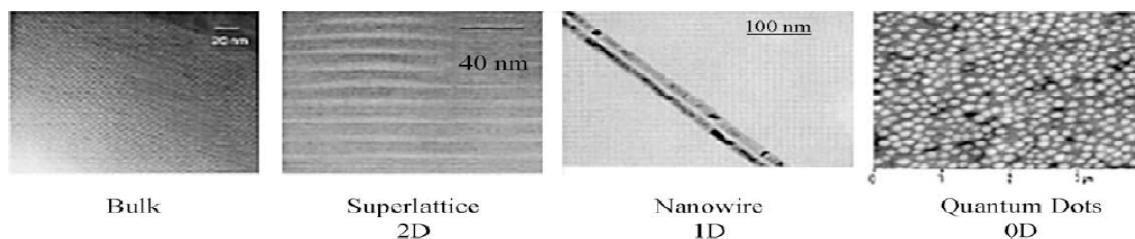
روش های تهیه فیلم نازک

۱-۲- فیلم نازک^۱ :

فیلم نازک، لایه ای از یک ماده است که روی یک بستر^۲، نهشته می شود و به خاطر ضخامت خیلی کمی که دارد، به آن فیلم نازک گفته می شود. فیلم های نازکی که ضخامتشان زیر ۱۰۰ نانومتر است، نانو فیلم نام دارند و اگر ضخامتشان بزرگتر از میکرومتر باشد به آنها فیلم ضخیم اطلاق می شود [۱].

۲-۲- مشخصه های فیلم نازک :

فیلم های نازک، متفاوت از حالت حجیمشان هستند زیرا بطور کامل چگال نمی باشند و بطور شدیدی تحت تأثیر اثرات سطحی و فصل مشترکی قرار دارند. همچنین نواقص ساختاری متفاوتی از حالت حجیم دارند و تحت تنش می باشند. همه این عوامل باعث تغییر خواص الکتریکی، مغناطیسی، اپتیکی، حرارتی و مکانیکی ماده می شود. یک فیلم نازک می تواند از یک ترکیب همگن، کریستالی و میکروساختار تشکیل شود یا یک ترکیب ناهمگن و چند لایه داشته باشد. ساختار چند لایه می تواند بصورت دوره ای، با یک الگوی منظم یا کاتوره ای باشد. ساختارهای دوره ای مانند پوشش های چند لایه اپتیکی، فیلترهای پیچشی، سوپر شبکه ها و نانو لایه ها هستند.



شکل (۱-۲). پیشروی ابعاد فیلم نازک به صفر [۴]

شکل بالا، پیشروی ابعاد فیلم نازک را به صفر نشان می دهد. فیلمی با یک ساختار کریستالی و ترکیب همگن، فیلمی سه بعدی می باشد ۳D. سوپر شبکه ها، چاه های کوانتومی و نانو لایه ها، فیلم های دو بعدی هستند ۲D، که از صدها تا هزارها ترکیبات دوره ای با ضخامت هر لایه در حدود ۱۰-۱ nm تشکیل شده اند. ضخامت کلی

^۱Thin film

^۲Substrate

این ساختارها می تواند به بزرگی $20 \mu\text{m}$ باشد. سیم کوانتومی یک ساختار یک بعدی 1D است با طول دلخواه و ضخامت بین $10 - 1 \text{ nm}$ ، نانو تیوب ها در این طبقه قرار دارند. نقطه کوانتومی یک چاه کوانتومی 0D است با پهنا و ضخامت بین $3 - 1$ نانومتر [۴].

۲-۳- مراحل ساخت فیلم نازک :

✓ گسیل ذرات از چشمه

✓ انتقال ذرات به سمت بستر

✓ چگالش ذرات روی بستر

اولین مرحله، گسیل ذرات از چشمه است که بسته به نوع روش لایه نشانی می تواند بوسیله حرارت، ولتاژ بالا یا فرآیندهای فیزیکی این گسیل صورت گیرد. سپس این ذرات گسیل شده به سمت بستر هدایت می شوند تا روی آن چگالیده شوند. انتخاب یک بستر مناسب برای تهیه فیلم نازک خیلی مهم می باشد. بسترها بستگی به نوع کاربرد فیلم نازک، می توانند از نوع فلز، نیمه رسانا و عایق انتخاب شوند [۱، ۴].

۲-۴- کاربردهای فیلم نازک :

فیلم های نازک برای بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی سطوح، که بستگی به نوع کاربرد آنها دارد استفاده می شود. بطور کلی فیلم های نازک در زمینه های مختلف تکنولوژی و صنعت به کار می روند مانند :

✓ میکروالکترونیک

✓ رساناهای الکتریکی

✓ سدهای نفوذی

✓ حائل های الکتریکی

✓ سنسورهای گازی و مغناطیسی

✓ پوشش های مقاوم در برابر سایش و خوردگی [۱].

۲-۵- روش های انباشت فیلم نازک :

فیلم های نازک در خواص الکتریکی، اپتیکی و فیزیکی مواد انتخاب شده شدیداً تأثیر دارد. که این خواص، بستگی به روش های انباشت و فرآیندهای تشکیل فیلم دارد. معمولاً انباشت فیلم نازک را می توان از طریق فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی انجام داد. دو روش اصلی انباشت شامل : ۱- انباشت بخار فیزیکی و ۲- انباشت بخار شیمیایی می باشد.

۲-۵-۱- فرآیندهای انباشت بخار فیزیکی (PVD)^۱ :

یک فرآیند انباشت اتمی می باشد که در آن مواد از یک چشمه که به حالت جامد یا مایع است تبخیر شده و به شکل اتم ها یا مولکول ها، از میان یک محیط خلا یا گازهای فشار پایین عبور کرده تا به بستر، رسیده و روی آن چگالیده شوند. فرآیندهای PVD برای انباشت فیلم هایی در محدوده چند نانومتر تا هزار نانومتر استفاده می شود. همچنین می توان در انباشت های خیلی ضخیم و چند لایه ای نیز از آنها در این روش استفاده کرد. نرخ انباشت ۱۰۰-۱۰ آنگستروم در ثانیه می باشد. یکی از پارامترهای فیزیکی که کیفیت فیلم های نازک را کنترل می کند، فشار است. بنابراین در روش انباشت PVD برای داشتن یک فیلم با کیفیت خوب و خلوص بالا باید فشار زمینه را کاهش داد. نرخ انباشت در این روش به فشار سیستم، فاصله چشمه تا بستر و دمای بستر بستگی دارد. فرآیندهای PVD به دو دسته اصلی روش تبخیر و روش کندوپاش تقسیم می شوند که هر کدام از اینها شامل فرآیندهای مختلفی هستند [۱, ۲, ۳].

✓ روش تبخیر :

۱- روش حرارتی

۲- باریکه الکترونی

۳- آبرکاری یونی

^۱Physical vapour deposition