

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه شهیدمدنی آذربایجان
دانشکده علوم پایه
گروه فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد
رشته فیزیک (اتمی مولکولی - لیزر - اپتیک)

مطالعه‌ی جابجایی گوس-هانچن و ایمبرت فدروف در انعکاس باریکه نوری

استاد راهنما:

دکتر کاظم جمشیدی قلعه

استاد مشاور:

دکتر آرش فیروزنیا

پژوهشگر:

سمیه اسدی

اسفند ۱۳۹۲

تبریز/ایران

تقدیم بابوسہ بردستان پدرم :

به او که نمی دانم از بزرگی اش بگویم یا مردانگی سخاوت، سکوت، مهربانی و.....

پدرم راه تمام زندگیست.

پدرم دنجوشی همیشگیست.

تقدیم به مادر عزیزتر از جانم :

مادرم، هستی من ز، هستی توست تا، هستم و هستی دارمست دوست.

گلزار جاودانی مادر است.

چشم سار مهربانی مادر است.

تقدیر و تشکر

سپاس بی‌کران پروردگاریکتار که هستی‌مان بخشد و به طریق علم و دانش را بنمونان شد و به بهمنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه‌چینی از علم و معرفت را روزی‌مان ساخت.

بی‌شک، انجام این پروژه و تدوین این پایان‌نامه بدون پیکیری‌ها، حمایت‌ها و راهنمایی‌های ارزشمند استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر کاظم جمشیدی قلعه‌یسرنمی‌شد. بدین وسیله لازم می‌دانم کمال تشکر و قدردانی خود را از ایشان به عمل بیاورم و با سپاس بی‌دریغ خدمت استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر آرش فیروزنیا که زحمت مشاوره این پروژه را متقبل شدند و مراد تمام این پایان‌نامه صمیمانه و مشفقانه یاری دادند، همچنین از همه کسانی که در شکل‌گیری این پایان‌نامه کوچکترین نقش انسانی، علمی، اخلاقی و مالی را ایفا نموده‌اند تشکر و قدردانی می‌کنم.

در نهایت سپاس بی‌شائبه دارم از خانواده عزیزم که همواره مشوق اصلی من در تمام دوران تحصیل بودند و موفقیت خود را از آغاز دوران تحصیلی تا کنون مرهون زحمات بی‌دریغ آنها، بسم.

سمیه اسدی

اسفند ۱۳۹۲

تبریز، ایران

چکیده

وقتی باریکه نوری از یک سطح مسطحی انعکاس می‌یابد، رفتار آن از پیشگویی‌های اپتیک هندسی (قوانین بازتابش) متفاوت خواهد بود. این اختلاف به جابجایی فضایی گوس هانچن و جابجایی زاویه‌ای ایمبرت فدروف معروف است. جابجایی گوس هانچن می‌تواند مقادیر مثبت یا منفی باشد. معمولاً این جابجایی کمتر از پهنای پرتو فرودی و همواره در امتداد مؤلفه موازی سطح بردار موج، اتفاق می‌افتد. هر دو نوع جابجایی به عوامل مختلفی از جمله به زاویه تابش و قطبش باریکه تابشی و نوع محیط انعکاس دهنده بستگی دارند. در این پایان نامه جابجایی گوس هانچن را برای دو محیط چپگرد و تک منفی بررسی کرده و نشان می‌دهیم که جابجایی عرضی برای محیط چپگرد و عادی به ازای زوایای تابشی بزرگتر از زاویه حد رخ می‌دهد درحالیکه هیچ محدودیتی برای زاویه تابش در محیط تک منفی وجود ندارد. با مطالعه امواج اسپینی نشان می‌دهیم که با تغییر پهنای پرتو تابشی و میدان مغناطیسی اعمالی مقدار و جهت جابجایی گوس هانچن تغییر خواهد کرد.

با بررسی روش‌های کنترل جابجایی گوس هانچن در محیط‌های مختلف نشان دادیم که در محیط کامپوزیت با تنظیم دما می‌توان مقدار جابجایی گوس هانچن را کنترل کرد. همچنین در ساختار فلز-عایق-نیمه‌هادی، نحوه‌ی کنترل جابجایی گوس هانچن با اعمال ولتاژ معکوس مناسب و تغییر عرض ناحیه تهی‌گاه، مورد بررسی قرار می‌دهیم.

کلمات کلیدی: جابجایی گوس هانچن، جابجایی ایمبرت فدروف، کنترل جابجایی گوس هانچن.

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|------|---|
| آ | چکیده..... |
| ب | پیشگفتار..... |
| ۱ | ۱- مقدمهای بر اثر گوس هانچن و ایمبرت فدروف..... |
| ۲ | ۱-۱- مقدمه..... |
| ۳ | ۱-۲- تعاریف و مفاهیم اولیه گوس هانچن..... |
| ۸ | ۱-۳- انواع جابجایی گوس هانچن..... |
| ۸ | ۱-۳-۱- جابجایی گوس هانچن مثبت..... |
| ۹ | ۱-۳-۲- جابجایی گوس هانچن منفی..... |
| ۱۰ | ۱-۴- فرمول محاسبه جابجایی گوس هانچن..... |
| ۱۰ | ۱-۴-۱- تئوری عمومی..... |
| ۱۶ | ۱-۴-۲- توصیف پرتوهای تابشی و بازتابشی..... |

- ۱-۴-۳- معادلات جابجایی گوس هانچن..... ۱۹
- ۱-۴-۳-۱- جابجایی گوس هانچن در بازتابش کلی..... ۲۱
- ۱-۴-۳-۲- جابجایی گوس هانچن تعمیم یافته در بازتابش جزئی..... ۲۲
- ۱-۴-۴- اثر ایمبرت فدروف و تعیین مقدار آن..... ۲۲
- ۲- بررسی عوامل موثر در جابجایی گوس هانچن..... ۲۷
- ۱-۲- مقدمه ۲۸
- ۲-۲- بررسی اثر محیط در جابجایی گوس هانچن..... ۲۸
- ۲-۳- جابجایی گوس هانچن برای امواج اسپینی..... ۳۱
- ۲-۳-۱- تأثیر زاویه تابش در جابجایی گوس هانچن ۳۶
- ۲-۳-۲- اثر میدان مغناطیسی بر جابجایی گوس هانچن..... ۴۰
- ۲-۳-۳- اثر ثابت تبدیل بین لایه ای در جابجایی گوس هانچن..... ۴۱
- ۳- روش‌های کنترل جابجایی گوس هانچن..... ۴۵
- ۱-۳- مقدمه..... ۴۶
- ۲-۳- کنترل جابجایی گوس هانچن در محیطی با ساختار هندسی ثابت..... ۴۷
- ۱-۲-۳- کنترل جابجایی گوس هانچن با اعمال میدان خارجی..... ۴۹
- ۳-۳- کنترل جابجایی گوس هانچن با تغییرات دمایی..... ۵۴

- ۳-۴- کنترل جابجایی گوس هانچن در یک ساختار فلز- عایق- نیمه هادی..... ۶۰
- ۳-۴-۱- کنترل جابجایی گوس هانچن با ولتاژ اعمالی ۶۲
- ۳-۴-۲- اثر طول موج و زاویه تابش بر کنترل جابجایی گوس هانچن..... ۶۳
- ۳-۴-۳- اثر پارامترهای ساختاری در کنترل جابجایی گوس هانچن..... ۶۴
- نتایج و پیشنهادات..... ۶۷
- فهرست منابع ۶۸

چکیده لاتین

فهرست اشکال

| صفحه | عنوان |
|------|--|
| ۴ | شکل ۱-۲-۱- جابجایی گوس هانچن..... |
| ۴ | شکل ۱-۲-۲- جابجایی- ایمبرت -فدروف..... |
| ۷ | شکل ۱-۲-۳- امواج اسپینی پیش رو..... |
| ۷ | شکل ۱-۲-۴- امواج اسپینی پس رو |
| ۹ | شکل ۱-۳-۱- a: جابجایی گوس هانچن مثبت b: جابجایی گوس هانچن منفی..... |
| ۱۳ | شکل ۱-۴-۱- نمودار دوران دامنه بردار A |
| ۱۵ | شکل ۱-۴-۲- قطبش p بردار موج در راستای شعاعی و عمود بر بردار s |
| ۲۴ | شکل ۱-۴-۳- توزیع تابع شدت پرتو قطبی چپگرد (خط) راستگرد(خط چین) $\Delta\theta = 10^{-3}$ و $\theta = 10^\circ$.. |
| ۲۹ | شکل ۱-۲-۲- جابجایی گوس هانچن در محیط (خط) TE (نقطه چین) a: راستگرد b: چپگرد قطبش..... |
| | شکل ۲-۲-۲- مودار جابجایی در ماده تک منفی قطبش (خط) TE (نقطه چین) TM a: نفوذپذیری منفی |
| ۳۰ | b: گذردهی الکتریکی منفی..... |
| | شکل ۱-۳-۲- انتقال کلاسیک و بازتابی امواج در سطح بین دو محیط فرو مغناطیس b: جابجایی گوس |
| ۳۲ | هانچن در $\theta \approx \theta_c$ |
| ۳۷ | شکل ۲-۳-۲- نمودار ضریب بازتاب برحسب زاویه تابشی و فرکانس..... |

شکل ۲-۳-۳- نمودار جابجایی گوس هانچن برحسب زاویه تابشی و فرکانس ۳۷

شکل ۲-۳-۴- نمودار جابجایی گوس هانچن برای زوایای نزدیک $\theta_c \approx \theta$ ۳۸

شکل ۲-۳-۵- نمودار جابجایی گوس هانچن برای ناحیه grazing ۳۹

شکل ۲-۳-۶- نمودار تغییرات جابجایی برای محیط $n_{12} < 1$ ۴۱

شکل ۲-۳-۷- نمودار تغییرات جابجایی برای میدان‌های مغناطیسی متفاوت ۴۱

شکل ۲-۳-۸- نمودار جابجایی گوس هانچن به ازای ثابت تبادل متفاوت ۴۲

شکل ۲-۳-۹- نمودار جابجایی گوس هانچن برحسب ثابت تبادل به ازای زوایای متفاوت ۴۳

شکل ۳-۲-۱- a: کاواک با محیط درونی گازهای اتمی ۲ ترازی b: ترازهای انرژی اتم دو ترازی ۴۸

شکل ۳-۲-۲- جابجایی پرتو عبوری (سیاه) و جابجایی پرتو بازتابشی (قرمز) برحسب زاویه تابشی $a: \Omega_c = 0$ و

..... $b: \Omega_b = 3MHz$ و $c: \Omega_c = 4.95MHz$ و $d: \Omega_d = 5.5MHz$ ۵۰

شکل ۳-۲-۳- جابجایی پرتو عبوری (سیاه) و جابجایی پرتو بازتابشی (قرمز) برحسب فرکانس میدان اعمالی

..... $a: \theta = 30^\circ$, $b: \theta = 60$ ۵۱

شکل ۳-۲-۴- جابجایی پرتو عبوری (سیاه) و جابجایی پرتو بازتابشی (قرمز) در $\theta = 60^\circ$

و $a: \omega = 100\lambda_p$ و $\Omega_c = 8MHz$ $b: \omega = 600\lambda_p$ و $\Omega_c = 8MHz$

..... $d: \omega = 600\lambda_p$ و $\Omega_c = 8.45MHz$ و $c: \omega = 100\lambda_p$ و $\Omega_c = 8.45MHz$ ۵۳

شکل ۳-۳-۱- محیط شامل هوا و کامپوزیت (دی الکتریک و فلز) ۵۴

شکل ۳-۳-۲- جابجایی برحسب زاویه تابشی در کامپوزیت a, b : دی الکتریک غالب c : فلز غالب ۵۷

شکل ۳-۳-۳- جابجایی گوس هانچن برای پرتو تابشی گوسی:

۵۸ $b:\lambda = 143nm, \theta = 50$, $a:\lambda = 248nm, \theta = 54^\circ$

شکل ۳-۳-۴- جابجایی برحسب دما در کامپوزیت a, b : دی الکتریک غالب c : فلز غالب..... ۵۹

شکل ۳-۴-۱- طرح واره ای از سیستم فلز-عایق-نیمه رسانا..... ۶۰

شکل ۳-۴-۲- جابجایی گوس هانچن برای ولتاژهای بایاس v_g متفاوت:

۶۳..... $a:-12\text{ v}, b:-10\text{ v}, c:-8\text{ v}, d:-4\text{ v}, e:-1\text{ v}, f:0\text{ v}$

شکل ۳-۴-۳- جابجایی گوس هانچن برحسب طول موج در $a: 75$ و $b: 75.2$ ۶۴

شکل ۳-۴-۴- جابجایی گوس هانچن وابسته به ضخامت لایه عایق در $a: 75$ و $b: 75.2$ ۶۶

شکل ۳-۴-۵- جابجایی گوس هانچن وابسته به چگالی الکترون n دوپ آرایش $a: 75$ و $b: 75.2$ ۶۶

پیشگفتار

در سال ۱۹۴۷، گوس و هانچن با انجام آزمایش‌هایی نشان دادند که موقع انعکاس کلی در فصل مشترک بین دو محیط، پرتو نوری انعکاس یافته از سطح یک محیط دی الکتریک، دچار یک جابجایی جانبی از موقعیت پیش‌بینی شده توسط اپتیک هندسی می‌شود. این نتایج تجربی، بعدها با اثبات تئوری ارتمن، به عنوان یک پدیده‌ی اپتیکی مورد تأیید گرفت. هم اکنون این اثر اپتیکی به نام پدیده گوس-هانچن شناخته می‌شود. هدف این پایان‌نامه بررسی پدیده‌ی اپتیکی گوس-هانچن و ایمبرت فدروف است. در فصل اول ضمن بیان مفاهیم و تعاریف اولیه، به اثبات فرمول جابجایی گوس-هانچن و ایمبرت-فدروف، با استفاده از روش فاز ثابت پرداخته‌ایم. در فصل دوم، اثر پارامترهای مختلف از جمله زاویه تابش و میدان مغناطیسی را بر روند تغییرات جابجایی گوس-هانچن، مورد بررسی قرار داده‌ایم.

در فصل سوم، انواع روش‌های کنترل جابجایی گوس-هانچن بویژه کنترل با اعمال ولتاژهای معکوس و تغییرات دمایی را مورد بررسی قرار داده و نتایج بدست آمده را در قالب نمودارهایی گزارش کرده‌ایم.

فصل اول:

مقدمه ای بر اثرکوس-هانچن و ایمبرت-فدروف

۱-۱. مقدمه

وقتی پرتو نوری از محیطی با ضریب شکست بیشتر به محیطی با ضریب شکست کمتر فرود می‌آید، در یک زاویه خاص بازتابش کلی رخ می‌دهد؛ $\sin \theta_c = \sqrt{\frac{n_2}{n_1}}$ که (θ_c) را زاویه حد می‌نامند. در بازتابش کلی، پرتوهایی که به محیطی با ضریب شکست کمتر وارد می‌شوند، سریعاً میرا شده و دقیقاً از همان نقطه فرود بازتابش نمی‌کنند بلکه با اندکی جابجایی جانبی نسبت به نقطه تابش بازتابیده خواهند شد [۱]. وجود یک تغییر جانبی در بازتاب داخلی کلی، اغلب به نیوتن^۱ بر اساس طرح پیشنهادی در کتاب اصول و یا به تفسیری در کتاب اپتیک نیوتن، نسبت داده است. در سال ۱۹۴۷ گوس و هانچن^۲ با آزمایش‌هایی توانستند درستی نظریه‌ی قبلی نیوتن را اثبات کنند ولی این فقط یک نتیجه تجربی بدون اندازه‌گیری مقدار دقیق آن بود. یک سال بعد، آرتمن^۳ توانست فرمول‌هایی برای این جابجایی با استدلال فاز ثابت به دست آورد [۲-۳]. در سال ۱۹۵۵ فدروف یک جابجایی عرضی برای پرتو کاملاً منعکس شده پیش‌بینی کرد که این جابجایی برای پرتو تابش فرودی با قطبش دایروی یا بیضوی رخ می‌دهد و شار انرژی در راستای عرضی موج انتقال یافته ناپایدار نخواهد بود [۴]. ایمبرت^۴ محاسبه این جابجایی عرضی با استفاده از استدلال شار انرژی توسط رینارد^۵، اندازه‌گیری کرد و این پدیده اثر ایمبرت-فدروف^۶ نامیده شد [۵].

^۱-Newton

^۲-shift Goos -Hanchen

^۳-Artmann

^۴-Imbert

^۵-Renard

^۶- Federof

۲-۱. تعاریف و مفاهیم اولیه گوس هانچن

جابجایی گوس هانچن:

در پدیده انعکاس کلی، پرتو نور تابیده شده به مرز مشترک دو محیط با یک جابجایی جانبی نسبت به محل برخورد باز تابیده می‌شود به این جابجایی پرتو بازتابش از محل تابش، اثر جابجایی گوس هانچن می‌گویند شکل (۱-۲-۱).

جابجایی ایمرت - فدروف:

پدیده‌ی ایمرت - فدروف، پدیده‌ی جابجایی عرضی وابسته به قطبش نورتابشی، برای باریکه‌ی موج بازتابیده یا عبوری از سطح صاف دی الکتریک است. در حالتی که اختلاف بسیار جزئی بین ضریب شکست دو محیط وجود داشته باشد، تغییرات در مسیر پرتو بسیار ضعیف بوده و عبارات جابجایی ایمرت - فدروف و اثر هال اسپینی، معادل خواهند بود شکل (۲-۲-۱).

مواد راستگرد^۱:

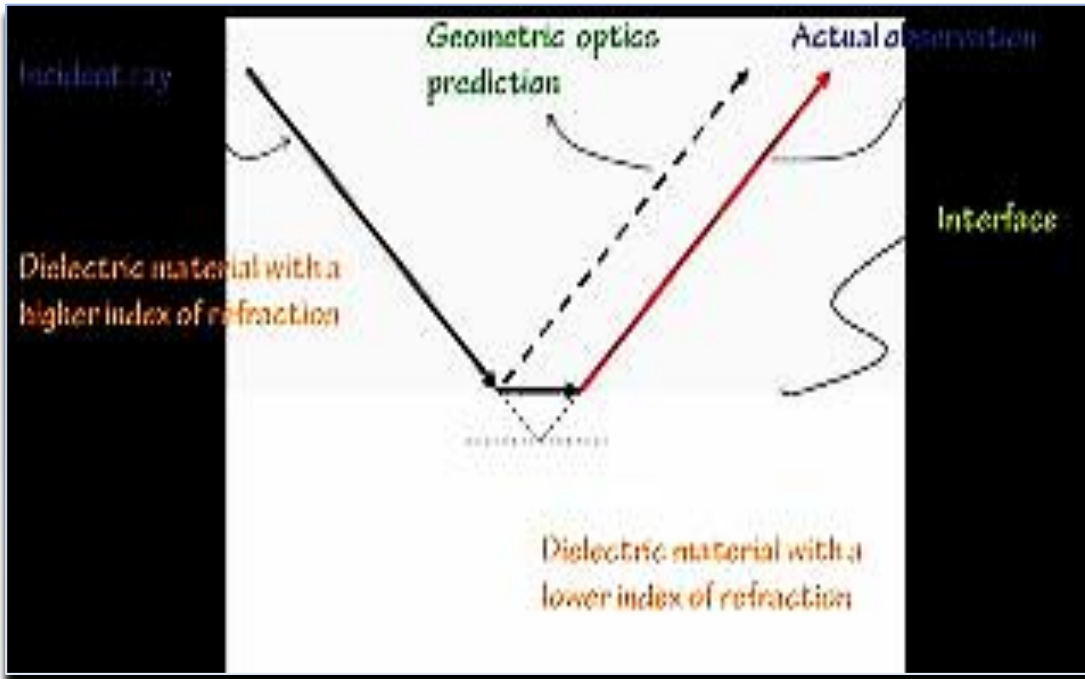
معمولاً مواد در طبیعت از نوع مواد راستگرد بشمار می‌روند. این مواد دارای ضریب گذردهی الکتریکی و مغناطیسی مثبت می‌باشند و همچنین به دلیل مثبت بودن ضریب شکست، سرعت فاز و سرعت گروه در جهت یکسانی منتشر می‌شوند [۷].

مواد تک منفی^۲:

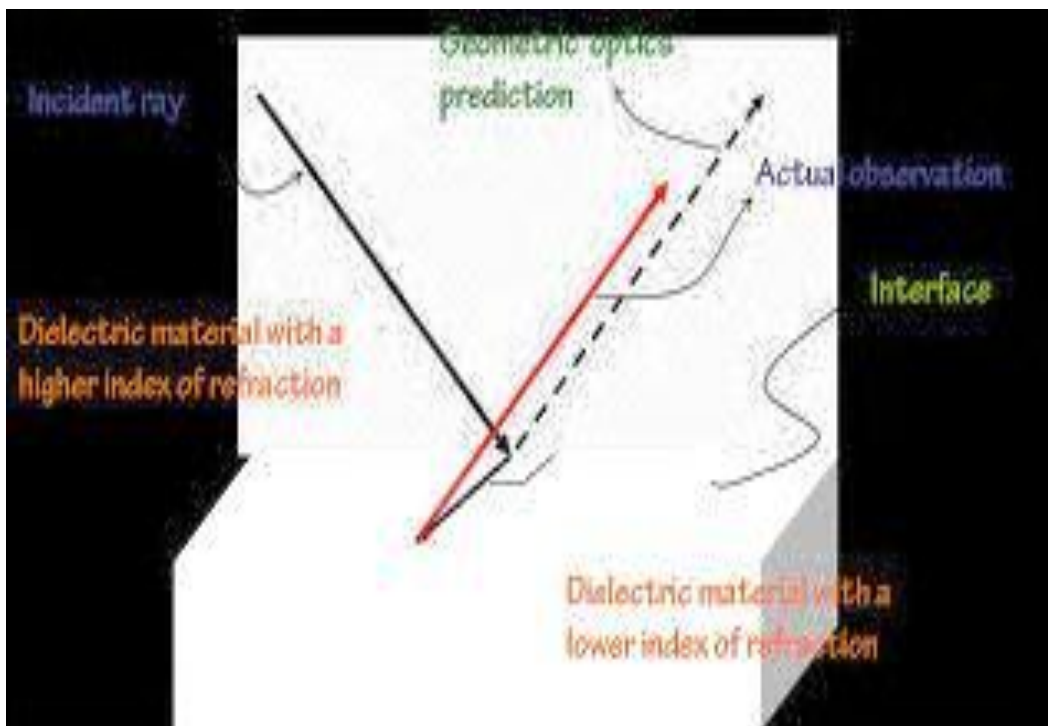
موادی که یکی از ضرایب گذردهی الکتریکی یا ضریب نفوذپذیری مغناطیسی آنها منفی باشد مواد تک منفی می‌گویند.

۱-Right-Handed Material

۲-Single metamaterial



شکل ۱-۲-۱ جابجایی گوس-هانچن



شکل ۲-۲-۱ جابجایی ایمبرت-فدروف

مواد چپگرد^۱:

در اپتیک، ضریب شکست یک ماده به طور معمول به صورت زیر تعریف می‌شود: $n = \frac{c}{v}$ در این رابطه c سرعت نور در خلاء و v سرعت موج تحت الکترومغناطیسی در محیط است. با استفاده از معادلات ماکسول می‌توان نشان داد که ضریب شکست یک محیط با رابطه $n = \sqrt{\mu\epsilon}$ به گذردهی الکتریکی و مغناطیسی نسبی، آن ماده مربوط می‌شود. همانطور که می‌دانیم گذردهی الکتریکی و مغناطیسی، نشان‌دهندهی پاسخ ماکروسکوپی یک محیط همگن به میدان الکتریکی و مغناطیسی اعمالی است [۶]. ساختارهایی از مواد که دارای ضریب گذردهی الکتریکی و مغناطیسی منفی باشند مواد چپگرد می‌نامیم. در این مواد بدلیل منفی بودن ضریب شکست، سرعت فاز و سرعت گروه امواج در جهت مخالف هم منتشر می‌شوند [۷].

قطبش خطی:

در این نوع قطبش، میدان الکتریکی یا میدان مغناطیسی موج، در امتداد یک خط راست نوسان می‌کند، لذا باید اختلاف فاز بین مولفه‌های ارتعاش میدان 0 یا 180 درجه باشد؛ یعنی در این نوع قطبش، موقعیت بردار میدان الکتریکی موج، زمانی که دامنه موج از یک مقدار بیشینه در یک جهت به یک بیشینه در جهت دیگر نوسان می‌کند، تغییر نمی‌یابد؛ به عبارت دیگر، در موج پلاریزه خطی راستای میدان تغییر نمی‌کند. کمیت متغیر اندازه میدان الکتریکی است که با فرکانس زاویه‌ای موج حول مقدار صفر نوسان می‌کند.

قطبش دایروی:

نوعی از قطبش که مؤلفه‌های ارتعاش آن عمود بر هم هستند و دامنه‌های ارتعاشات باهم برابرند و اختلاف فاز بین آنها (90 یا 270 درجه) می‌باشند، به دو دسته قطبش دایروی راستگرد و قطبش دایروی چپگرد تقسیم می‌شوند. از ترکیب مناسب قطبشهای دایروی راستگرد و چپگرد، قطبش بیضوی بوجود می‌آید که مؤلفه‌های ارتعاشی آن عمود بر هم بوده و برخلاف قطبش دایروی دامنه ارتعاشات آنها برابر

۱- Left-Handed Material

نیست و باتوجه به اختلاف فازی که دارند به دو دسته قطبش بیضوی راستگرد و قطبش بیضوی چپ گرد تقسیم می شوند.

زاویه بروستر:

در زاویه‌ای بروستر پرتو تابشی قطبیده بدون هیچ بازتابشی از سطح دی الکتریک عبور می کند و برای تابش غیر قطبی، نور بازتابی از سطح به طور کامل قطبیده می شود.

امواج اسپینی^۱ (SW):

امواجی هستند که با کمترین انرژی باعث برانگیختگی‌هایی در سطح تماس می شوند و جهت انتشار این امواج به شدت میدان مغناطیسی بستگی دارد [۲۳].

امواج سطحی^۲:

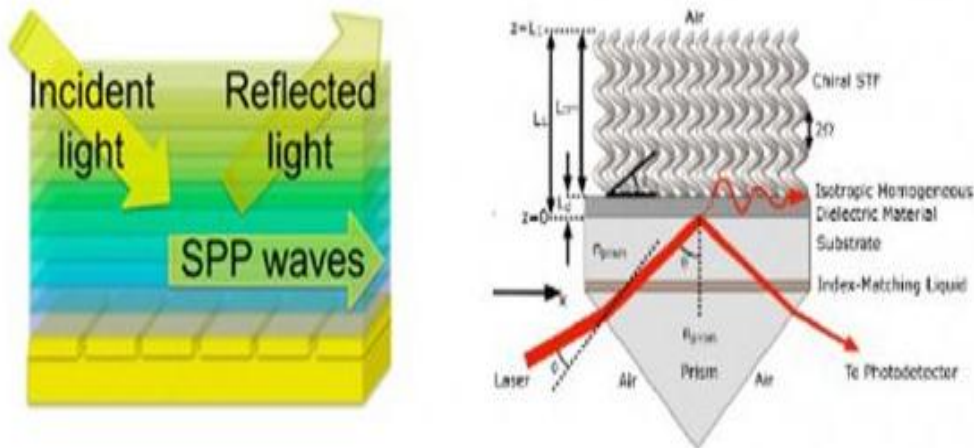
در سطح مشترک بین محیط های همدوس راستگرد و متامواد، امواجی سطحی تولید می شود که این امواج، انرژی پرتو را در راستای سطح مشترک دو محیط جابجا می کنند به این امواج، امواج سطحی می گویند [۸-۹]. امواج سطحی به دو نوع، امواج سطحی پیش رو^۳ و امواج سطحی پس رو^۴ تقسیم می شوند شکل های (۳-۲-۱) و (۴-۲-۱).

فرکانس رابی:

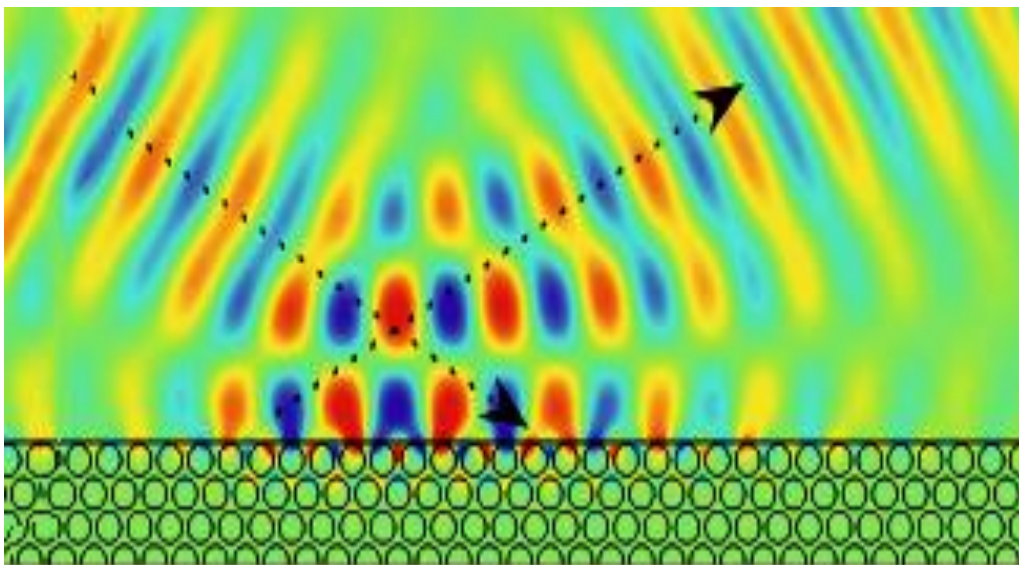
وقتی به اتمی که در حالت برانگیخته قرار دارد نوری می تابد، فوتون تابشی باعث گسیل القایی میشود و اتم به حالت پایه برمیگردد به مرور زمان اتم دوباره برانگیخته شده و دوباره با جذب فوتون

۱- spin -wave
۲- Surface-waves
۳- Forward-waves
۴- Backward -waves

گسیل القایی انجام میدهد. نسبت زمانی یا تعداد دفعات در واحد زمان که اتم برانگیخته میشود و فوتون گسیل میکند فرکانس رابی می‌گویند. این فرکانس به ممان دوقطبی گذار، قدرت میدان (نور) تابشی و زاویه قطبش نور بستگی دارد.



شکل ۲۰-۳ امواج اسپینی پیش‌رو



شکل ۱-۰۱-۴ امواج اسپینی پس‌رو

نیمرسانا:

نیمرساناها به دو نوع تقسیم‌بندی می‌شوند: نیمرسانای ذاتی و نیمرسانای غیرذاتی. نیمرسانای ذاتی فاقد ناخالصی بوده و تعداد حفره‌های نوار ظرفیت و تعداد الکترون‌های نوار رسانش برابر است، در صورتی که در نیمرسانای غیرذاتی چنین نیست. نیمرسانای غیر ذاتی با آلائیون نیمرسانای چهار ظرفیتی با یک عنصر سه یا پنج ظرفیتی پدید می‌آید. ممکن است عمده حاملان بار در این نیمرسانا الکترون‌های نوار رسانش باشند چنین نیمرسانایی، نیمرسانای غیرذاتی نوع n^1 نامیده میشود و اگر عمده حاملان بار، حفره های نوار ظرفیت باشند به این نیمرسانا، نیمرسانای غیرذاتی نوع P^2 می‌نامند.

۱-۲. انواع جابجایی گوس هانچن

در سال ۱۹۴۷ گوس و هانچن توانستند برای اولین بار پدیده‌ی جابجایی پرتو بازتابی را مشاهده کنند. این جابجایی همواره در امتداد مؤلفه موازی سطح بردار موج اتفاق می‌افتد. از دیدگاه انرژی می‌توان گفت: امواج سطحی تولید شده در مرز مشترک دو محیط، باعث انتقال انرژی پرتو در راستای سطح مشترک دو محیط می‌شوند بنابراین مرکز پرتو تابشی و بازتابشی بر هم منطبق نبوده و مقداری فاصله خواهند داشت که بنا به جهت این جابجایی، گوس هانچن به دو نوع مثبت و منفی تقسیم می‌شود [۱].

۱-۳-۱. جابجایی گوس هانچن مثبت^۳

اگر نور فرودی به محیط‌هایی که دارای ضریب شکست مثبت هستند؛ برخورد کند با توجه به اینکه در

۱- negative

۲-Positive

۳-possitive Goos-Hanchen