الخلاصة

أثبتت الدراسات السابقة ان معامل الانكسار السالب يمكن ان نحصل عليه باستخدام مواد ذات سماحية كهربائية ونفاذية مغناطيسية سالبة. لكن هذه المواد غير متوفرة في الطبيعة مما تطلب العمل الجاد للحصول عليها، و قد تمكن العلماء من ذلك من خلال عدة طرق صناعية. اصبحت هذه المواد هي الحل الأمثل للحصول على معامل الانكسار السالب، وقد سميت بالمواد الفوقية. المواد الفوقية هي مواد مصممة بخصائص غير مالوفة تتفوق فيها على المواد الاعتيادية. الجرافين عبارة عن طبقة رقيقة جدا من ذرات الكاربون، له خصائص مميزة مثل التوصيلية العالية. يؤدي دمج الجرافين والمواد الفوقية في الدليل الموجي الى أنشاء دليل موجي عالي الأداء.

في هذه الدراسة، أقترحت ثلاثة انواع من الدليل الموجي بحيث كل نوع منها يحتوي على مواد فوقية لولبية . هناك طبقتين من الجرافين، تتكون كل طبقة من ثلاث طبقات احادية ليكون بذلك السمك الكلي للجرافين هو 1.02nm حيث يعمل الجرافين كفاصل بيني بين طبقات الدليل الموجي .

النوع الاول يكون دليل موجي بلازمونك هجين يتألف من عدة مواد منها السليكون والفضة التي تقع في مركز دليل الموجة ويحاط بها بالجرافين من كلا الجانبين .في هذا النوع ، تم استخدام العوامل الفيزيائية (معامل الانكسار الفعال، مساحة النمط الفعالة، طول الانتشار وعامل الجودة FOM) لوصف خواص الدليل الموجي البلازمونك الهجين . هذه العوامل تم دراستها كدالة لمعاملات الدليل الموجي كالجهد الكيميائي للجرافين، معامل كيرل، سمك الفضة، و نصف القطر. الغاية من هذا النوع هو الحصول على حصر عالي للقدرة وبالتالي خسارة انتشار واطئة وطول انتشار كبير ومساحة نمط فعالة صغيرة . في هذا النوع، تبين ان معامل كيرل ونصف قطر المادة الفوقية اللولبية لا يعطي أفضل النتائج على خواص الدليل الموجي المقترح حيث أفضل اداء لهذا التركيب كان عندما نصف القطر ومعامل كيرل اقل ما يمكن بينما تكون المعاملات الاخرى اعلى ما يمكن. بشكل عام وجود الجرافين اظهر تأثير واضح على خواص النمط عند زيادة الجهد الكيميائي. وجود الجرافين في الدليل الموجي البلازمونك الهجين يؤدي الى حصر كبير للموجات. لذلك الجرافين يقلل من خسارة الانتشار الذي يحسن كفاءة الدليل الموجي. خواص الدليل الموجي في حالة انعدام خاصية كيرل تكون أفضل قياسا بوجود خاصية كيرل.

اما النوعين الاخرين فيكون كلاهما عبارة عن دليل موجي منتظم شريحة مكون من ثلاث طبقات مع وجود الجرافين كفاصل بيني. يحتوي النوع الثاني على المواد الفوقية اللولبية في مركزه فقط بينما الطبقات الثلاثة تكون مملوءة جميعها بمواد فوقية لولبية في النوع الثالث. يمكن القول ان النوع الثاني هو حالة خاصة من الدليل الموجي الثالث وهي حالة انعدام خاصية كيرل في الطبقات المحيطة في الدليل

الموجي الثاني . نتيجة لاستخدام المواد اللولبية في الدليل الموجي فان الانماط التي تظهر انماط هجينة بخلاف الحالة التي يكون فيها معامل كيرل صفر حيث تكون الانماط هي TM وTE. في هذين النوعين، ظهر ان وجود الجرافين لا يدعم النمط الاساسي من الانماط الفردية. خواص الجرافين تؤثر على خواص انتشار الضوء في دليل موجي شريحة، الذي بدوره يسبب عدم ظهور النمط الاساسي للانماط الفردية . ان الخاصية اللولبية للمواد الفوقية تجعل منحنيات التشتت للأنماط تزاح نحو اليسار. عندما تزاح منحنيات التشتت نحو اليسار فهذا يعني ان التردد المعاير واطى و بذلك تكون سرعة الموجة كبيرة. هذا يعني بأن وجود المواد الفوقية اللولبية في الدليل الموجي الشريحة هو الأفضل لأنه يوفر امكانيات جديدة للتحكم بأنتشار الموجة. هذه المميزات تستخدم لتحسين أداء الأجهزة في العديد من المجالات مثل الاتصالات و غيرها.