

---

# 连续区束缚态的声光调制

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/8072.html>

**本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！**

近日，香港中文大学孙贤开课题组利用连续区束缚态的原理，在无需刻蚀铌酸锂的条件下成功获得片上高品质因子的铌酸锂光子微腔。进一步利用铌酸锂的压电特性，激发出高强度的表面声波，实现了对连续区束缚态的声光相干调制，并观测到电声光诱导透明和吸收。这项工作不仅能够有效解决各种集成光学芯片上单晶材料的刻蚀难题，而且实现了高效的声光调制，在量子信号处理、光学放大、非互易传输等领域有广泛的应用。相关成果于1月在线发表在国际顶级光学期刊《Light: Science Applications》上。

## 研究背景

在芯片上开发功能齐全、性能优良的集成光路需要利用一些光学功能材料的独特的光电性质，以及对这些功能材料刻蚀工艺的掌控。然而，很多传统的光学功能材料至今都缺乏可控的高质量的刻蚀工艺，而且不同的功能材料往往需要完全不同的刻蚀工艺。开发各式各样的功能材料的刻蚀工艺势必会耗费大量的人力及财力资源。所以，光学功能材料的刻蚀工艺成为集成光学芯片发展长期以来的一个制约因素。人们期待着一种简单、易行、通用的解决方案来实现功能多样的集成光路。

## 研究创新

这项工作利用连续区束缚态的原理，提出一种新型的光波导结构，其制备工艺可以规避对光学功能材料的刻蚀。该结构采用一种易加工的低折射率材料做光波导，来控制 and 引导光子在高折射率的光学功能材料里进行传输。传统的波导光学理论认为，要想得到无损耗传输的束缚态，必须利用全内反射的原理，光波导由高折射率的芯层和低折射率的包覆层构成。研究人员突破传统认识，通过理论设计低折射率光波导的几何结构，获得了一种连续区束缚态，让光子有效地束缚在低折射率波导正下方的高折射率功能材料里，从而进行无损耗传输，进一步将该波导做成闭合回路实现了片上高品质的光子微腔。实验中，低折射率波导使用有机聚合物来制备，因为该材料已有非常成熟的加工工艺。由于这种光波导结构无需对高折射率的光学功能材料进行刻蚀，避开了长期以来难以解决的刻蚀问题，所以采用该光波导结构原则上可以开发基于任意光学功能材料的集成光学芯片。

铌酸锂具有诸多优异的光电特性，是光学功能材料的典型代表。它有着极宽的光学透明波长范围、较强的光学非线性以及压电特性。利用闭合波导回路的光学共振，可实现腔共振的连续区束缚态。与此同时，利用铌酸锂的压电特性，可以在其表面激发起高强度的表面声波，从而实现连续区束缚态的声光调制。在这种新型的集成平台上，由于铌酸锂未经选择区域刻蚀，该层薄膜厚度均匀，声波可以在其表面畅行无阻，从而相比传统方式可获得更强的声光调制。实验观测到多

个声光调制信号，其最高频率高于4 GHz。由于在同一器件里获得了高品质光子微腔和高频率声光调制，于是实现了微波光子和光频光子之间的相干耦合，并观察到电声光诱导透明和吸收。

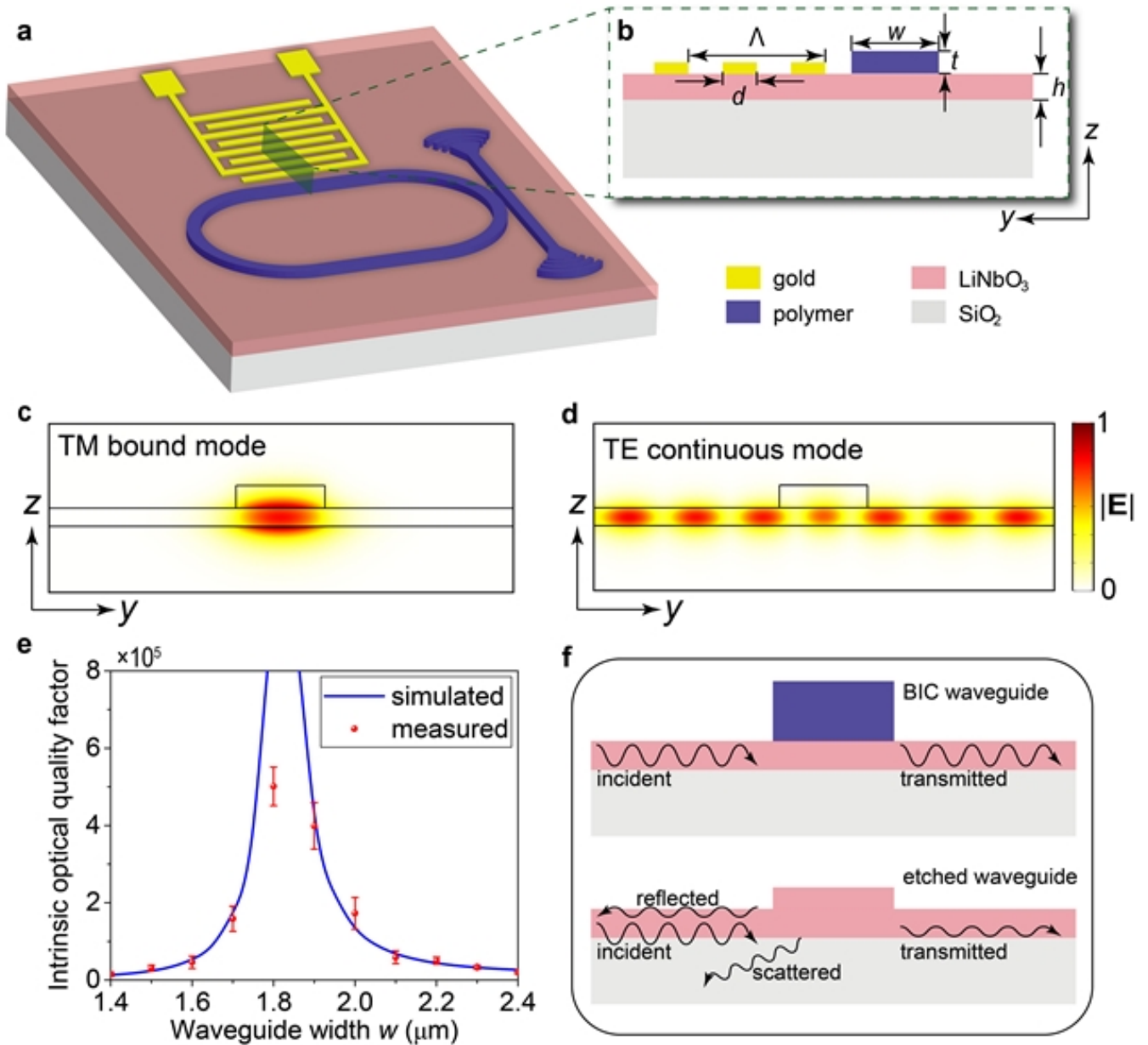


图1. 设计和实验验证连续区束缚态

(a) 器件立体结构示意图。该器件制备于绝缘体上铌酸锂晶片上。利用低折射率聚合物做波导（蓝色），叉指电极（黄色）激发表面声波。器件制备全过程中无需对铌酸锂进行刻蚀。

(b) 波导横截面结构示意图。在适当的几何参数下，该波导可以支持无损耗传输的连续区束缚态。

(c,d) 束缚态和连续态的模场图。连续区束缚态指的是一种特殊的束缚态（c），其在适当条件

---

下不与连续态 (d) 相互作用，从而在波导中实现零损耗传输。

(e) 光子微腔的品质因子和波导宽度的关系。光子微腔的品质因子高度依赖于波导的传输损耗，进而依赖于波导的几何尺寸。当波导中获得连续区束缚态时，对应的光子微腔的品质因子达到最大值。

(f) 不同波导结构对表面声波传输的影响。传统刻蚀的波导由于薄膜厚度不均，会对表面声波造成较大的散射和反射，从而引入损耗。基于连续区束缚态的波导无需刻蚀，所以薄膜厚度均匀，且由于聚合物和铌酸锂的杨氏模量差别大，该波导结构对表面声波传输的影响可忽略不计。

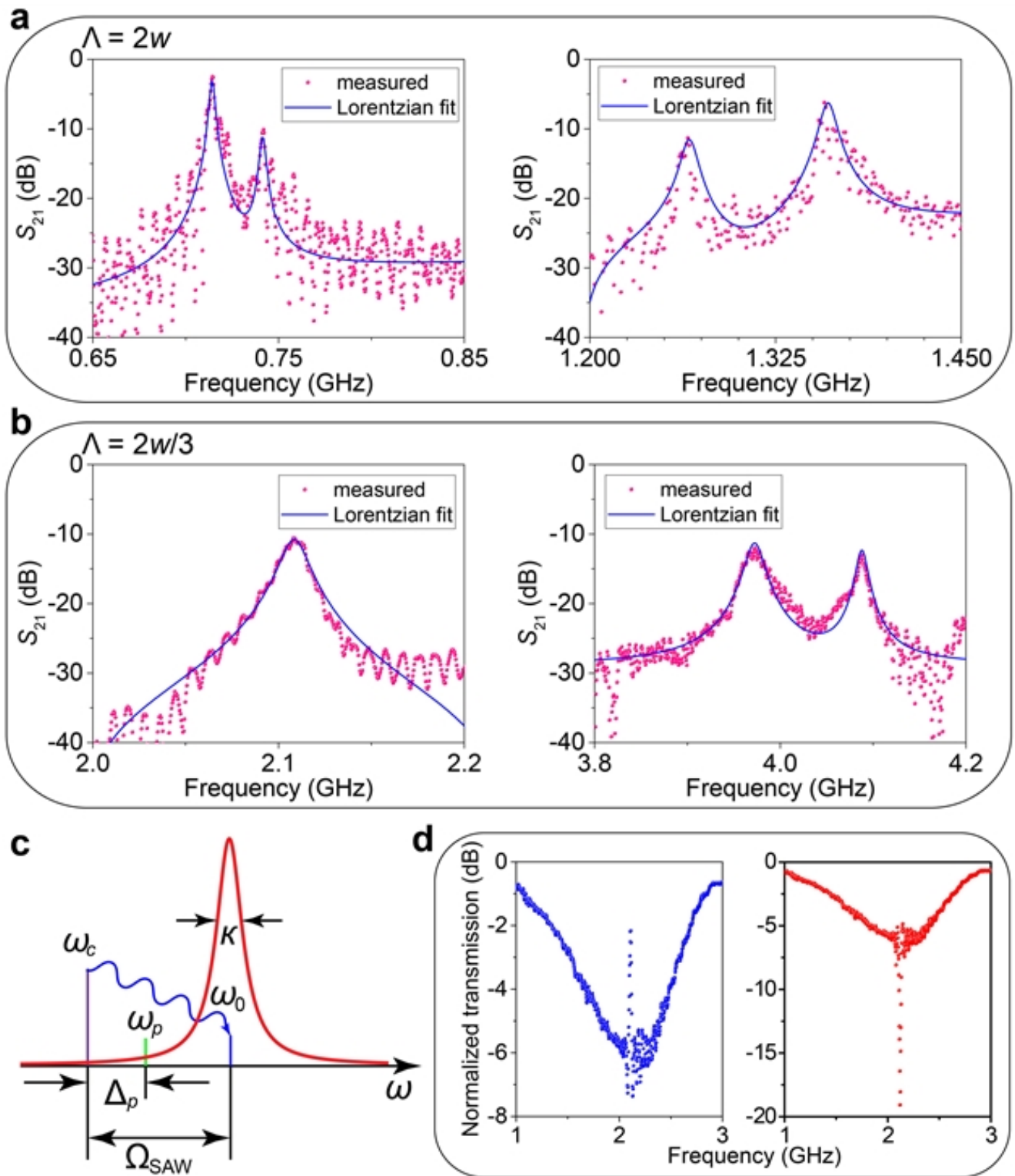


图2. 连续区束缚态的声光调制测量结果

(a,b) 实验测得的声光调制信号。分别从叉指电极周期为波导宽度 $w$ 的2倍(a)和2/3倍(b)的器件测得。叉指电极周期越小，激发的表面声波的频率就越高，从而声光调制信号的频率也就越高。

---

(c) 微腔内三波混频过程示意图。利用控制光、探测光和表面声波在微腔内相互作用，可实现微波光子和光频光子之间的相干耦合。

(d) 实验测得的电声光诱导透明和吸收。

(来源：科学网)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-019-0231-1>

作者：孙贤开等 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发