

平成 25 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所 属	電気電子工学専攻
研究者 (ふりがな)	廣川 二郎 (ひろかわじろう)
タイトル	シリコン加工技術を用いた 300GHz 帯導波管型平面アンテナの研究
助 成 名	創成的研究賞
採択金額	2,000,000 円
<p>研究の背景</p> <p>非常に弱い電波を利用する 100GHz 以上のテラヘルツ帯無線では、高効率で高利得の小型アンテナ技術が必要であるが、これまでほとんど研究例がない。100GHz 程度以下のミリ波帯でのアンテナ設計技術がテラヘルツ帯まで適用できるか、すなわち、ミリ波帯で開発した導波管平面アンテナ技術をテラヘルツ帯にスケールダウンし実用的なアンテナが実現できるかどうかを実験的に明らかにすることに挑戦した。</p>	
<p>結果と考察</p> <p>図 1 に示す 300GHz 帯積層薄板 2 層構造中空導波管スロットアレーアンテナをシリコン加工技術を用いて製作し、比帯域 10%程度かつ、材料損失と大きさから決まる限界値から 1dB 低下以内の効率で実現することを目指した。シリコンウェハの①パターンエッチング、②メッキ、③接合、④ダイシングを行うことを計画したが、製作法の立ち上げのため多くの失敗が発生し、現時点までには①パターンエッチング、②メッキしか行っていない。</p> <p>①のパターンエッチングに関して、以下の手順で 5 枚のシリコンウェハ(厚さ 0.2mm, 直径 4 インチ)にエッチングを行った。(1)電子線蒸着装置で Cr を蒸着した。(2)厚膜フォトレジスト用スピンコーティング装置で HMDS を塗布した。(3)マニュアルスピンコーターでレジストを塗布した。(4)ホットプレートでプレバイクした。(5)レーザー直接描画装置で露光した。(6)ホットプレートで PEB 工程を行った。(7)レジスト現像装置で現像した。(8-1)Si トレイにエレクトロンワックスを塗布した。(8-2)Si トレイにパターンニングしたウェハを張り合わせた。(8-3)深堀ドライエッチング装置でエッチングした。(8-4)Si トレイからウェハを取り外し、エレクトロンワックスと Cr 膜を除去した。図 2 にエッチング後のシリコンウェハ(レイヤ 3)の写真を示す。上部の直線導波路および下部のアンテナの結合スロット部がおおむね正しく形成できている。しかし、最も長い約 80mm の直線導波路に関しては、溝が長く最初の試作では破損したため、現時点では作成していない。また、右下のアンテナのパターンの一部にシリコンが変性しているところが見られるが、結合スロットにはかかっていないので問題にはならないと思われる。なお、エッチング断面の傾斜角度は 0.9-1.7 度の範囲である。</p> <p>一方、②のメッキに関して、アンテナならびに導波路のパターンをエッチングした 5 枚のシリコンウェハ(厚さ 0.2mm, 直径 4 インチ)に、前処理のあと下地として無電解ニッケルメッキを施した。その後、電気めっきで金メッキを厚さ 0.6μm 形成した。その際の浴温は 65 度、5mA/cm² の電流を 10 分間流した。図 3 に、1 枚の金メッキ後のシリコンウェハの写真を示す。おおむね金メッキは形成されたが、写真の左下部のようにアンテナ導波路の幅が 0.6mm 程度と細くなっているところの強度が非常に弱く、メッキ形成中に破損が生じた。次回以降は破損が生じないようなメッキ形成条件を割り出す必要がある。また、既存のホルダーへの装着ができなかったため、直接クリップでウェハとの導通を試みた。外周部に大きな破損あるいははがれが生じたウェハがあった。今後は専用の治具を試作してメッキを行う予定である。</p> <p>まだ、アンテナとしては完成していないので電気特性の測定には至っていない。</p>	

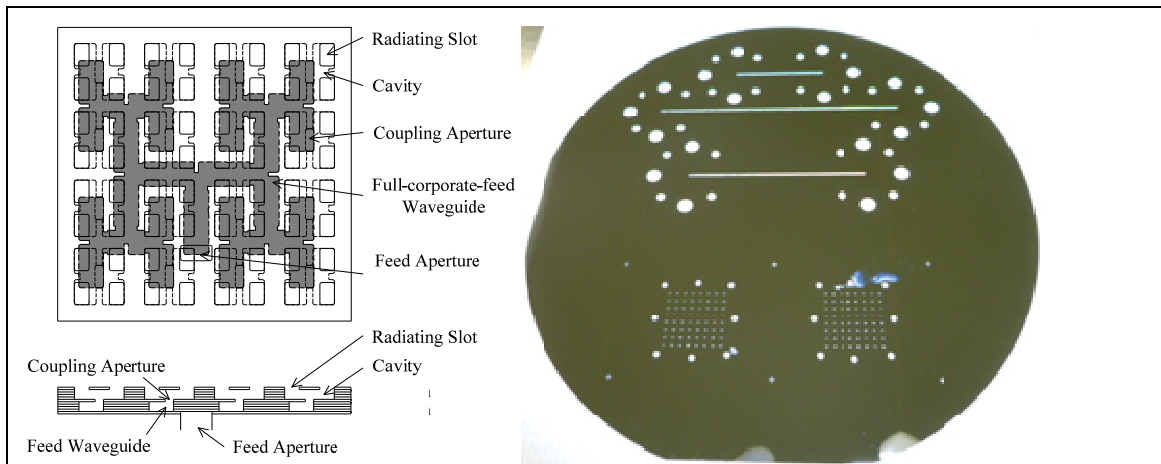


図1 アンテナ構造

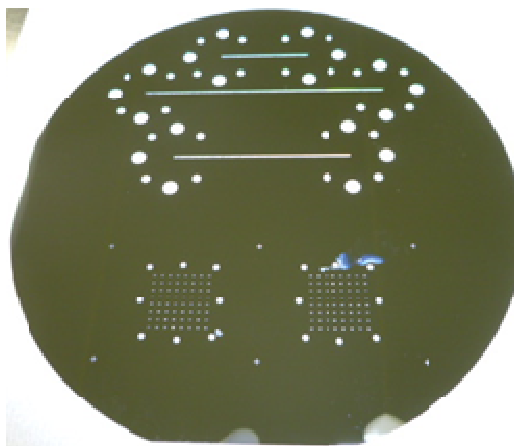


図2 エッチングされたシリコンウエハ

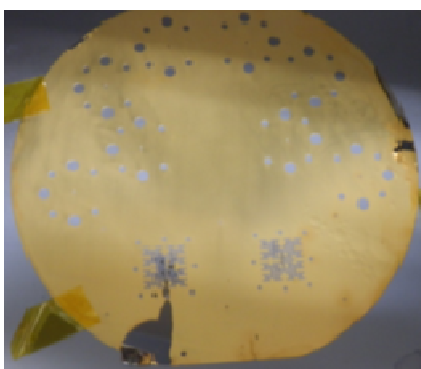


図3 金メッキされたシリコンウエハ

結論と今後の課題

300GHz 帯積層薄板 2 層構造中空導波管スロットアレーアンテナをシリコン加工技術を用いて製作することを試みた。製作法の立ち上げのため多くの失敗が発生し、現時点までにはパターンエッチング、メッキしか行えていない。しかし、本助成の成果により科研費挑戦的萌芽研究(H26,27 年度)に採択され、引き続き接合、ダイシング、測定を行う予定ある。試作にあたりご協力をいただいた本学、京大、早大のナノテクノロジーハブ拠点の関係各位に感謝する。

使用内訳書

費目	内訳	金額
備品 1		
備品 2		
消耗品		485,632
旅費	京大での打ち合わせ(5回)	184,800
その他	試作技術代行	1,329,568
合計		2,000,000

記入上の注意：

備品は、品名ごとに記入。

差額が生じた場合は、消耗品で調整。

消耗品を購入しなかった場合は、経費の差額と補填した予算科目名を合計額の内訳欄に記入。