

광원을 내장한 펜의 출력광과 광 도파로의 광 결합을 이용하는 터치 패널 장치의 내부 광 결합 구조 설계

박대서 · 김대중 · 오범환 · 박세근 · 이일항 · 이승걸[†]

인하대학교 정보통신공학부
☎ 402-751 인천광역시 남구 용현동 253

(2009년 3월 10일 받음, 2009년 4월 14일 게재 확정)

본 연구에서는 광원을 내장하고 있는 포인팅 펜(pointing pen)의 출력광과 광 도파로 배열 사이의 광 결합을 이용하여 펜의 접촉 여부와 접촉 위치를 검출하는 광학식 터치 패널 장치를 제안한다. 펜의 출력광과 광 도파로 배열 간의 광 결합을 최대화하고, 동시에 특정 광 도파로로 결합된 광속이 적은 손실로 전파할 수 있도록 하기 위해 광 도파로의 교차점 마다 부가적인 피라미드 구조를 삽입하였다. 광 도파로 단면의 크기가 $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ 인 경우 광선 추적법을 통해 결정된 피라미드의 최적 구조는 밑변의 폭, 높이, 경사각이 각각 $50 \mu\text{m}$, $22.5 \mu\text{m}$, 42° 이었다. 이때 광 결합 효율은 97.8%이었으며, 전파손실은 평균적으로 0.3 dB/mm 이었다. 그리고 펜의 기울어짐에 대한 허용 각도는 $\pm 12^\circ$ 임을 확인하였다.

주제어: Touch screen, Touch panel, Light pen, Optical coupling, Optical waveguide

I. 서 론

터치 스크린(touch screen)은 키보드, 마우스와 같은 입력 장치 대신에 손, 스타일러스 펜 등을 이용하는 입력장치이다. 원하는 작업을 수행하기 위해 사용자가 손이나 스타일러스 펜으로 터치 스크린에 접촉을 하면, 접촉된 위치를 파악하고 이에 대응하는 명령을 소프트웨어적으로 처리하게 된다. 과거 군사용으로 개발되었던 터치 스크린은 직관적으로 쉽게 이용할 수 있다는 장점으로 인해 각종 키오스크(kiosk, 무인 정보단말기)에서부터 PDA, 네비게이션, 휴대폰 등에 이르기 까지 활용 범위가 급격히 확대되고 있는 추세이다.^[1]

터치 스크린의 주요 구성 요소인 터치 패널(touch panel)은 손 또는 스타일러스 펜의 접촉 여부를 인식하고, 접촉 위치를 검출하는 기능을 수행한다. 상용화된 터치 패널은 구현 방식에 따라 저항막(resistive) 방식, 정전용량(capacitive) 방식, 초음파(surface acoustic wave) 방식, 적외선(infrared) 방식 등으로 구분되며,^[2] 광 도파로를 활용하는 방식들도 제안된 바 있다.^[3,4]

광 도파로(optical waveguide)를 이용하여 터치 패널을 구현한 예로, 1984년 Leonard R. Kasday에 의해 제안된 방법은 음극선관(Cathode-Ray Tube; CRT) 표면에 평판 도파로(planar waveguide)를 위치시키고, CRT로부터 방출된 광속이 손가락 등에 의해 반사되어 평판 도파로로 결합되면 평판 도파로의 측면에 위치한 포토다이오드(photodiode)에서 광속을 검출하는 방식이다.^[3] 즉, CRT 래스터 위치와 광속이 검출된 시각과의 관계로부터 화면의 접촉 부분 위치를 검출하는 방식이다. 상기 방법과 달리 최근 벨기에의 IMEC 사에 의해 제안된 방법은 두 층으로 분리되어 서로 수직하게 배치된 도파로

배열을 이용하는 것이다.^[4] 분리된 두 층의 도파로 배열 사이에는 공기 층이 존재하여 압력이 가해질 경우, 도파로의 간격이 좁아져 한 쪽 도파로의 광속이 다른 쪽 도파로로 전이됨을 이용한다. 광 도파로를 활용하여 터치 패널을 구현하는 두 가지 방법이 있어서 전자는 CRT를 기반으로 하는 디스플레이 장치에만 적용할 수 있다는 한계가 있고, 후자의 경우 광속의 전이 효율이 매우 낮은 문제점이 있다.

본 연구에서는 라이트 펜(light pen)과 함께 동작하는 광 도파로 기반의 광학식 터치 패널 장치를 제안하였다.^[5,6] 제안된 터치 패널 장치는 서로 수직으로 교차하는 두 가지 광 도파로 배열(optical waveguide arrays)로 구성된 평판이다. 광원(light source) 역할을 하는 라이트 펜을 터치 패널 장치 표면에 접촉시키면 라이트 펜으로부터 방출된 광속의 일부가 광 도파로 내로 결합된다. 결합된 광속은 광 도파로의 양쪽 끝에 위치한 검출기 배열(receiver arrays A, B, C, D)에서 검출되며, 이때 검출기 배열 중에서 광속을 검출한 검출기 위치를 파악함으로써 라이트 펜의 접촉 위치를 결정할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서 제안하는 방식은 CRT 외에 다른 종류의 디스플레이 장치에도 적용이 가능하고, 압력을 통한 위치 검출 방식이 아니므로 내구성이 우수한 장치의 구현이 가능하다.

그런데 광 도파로 외부에서 입사된 광속은 광 도파로 코어 내로 결합될 수 없으므로, 제안된 장치를 구현하기 위해서는 다음 두 가지 기술적 과제를 해결해야 한다. 첫째 라이트 펜과 광 도파로의 광 결합(optical coupling)을 가능하게 하는 수단과 둘째 광 도파로에 결합된 광속이 적은 전파 손실을 가지고 검출기까지 전파되도록 하는 수단을 찾아야 한다.

본 논문에서는 우선 제안된 터치 패널 장치의 원리를 설명하고 두 가지 주요한 기술적 과제를 해결하기 위한 방안을 제시한다. 그리고 광선 추적법^[7,8]에 기초하여 제안된 터치

[†]E-mail: sglee@inha.ac.kr

패널 장치의 최적 구조 및 동작 가능성을 확인하고 결론을 제시한다.

II. 제안하는 터치 패널 장치의 동작 원리 및 구성

터치 패널 장치의 주요 기능은 손 또는 스타일러스 펜의 접촉 여부를 인식하고, 그 접촉 위치를 검출하는 것이다. 본 연구에서 제안하는 광학식 터치 패널 장치는 그림 1과 같이 서로 수직으로 교차하는 두 가지 광 도파로 배열, 광 도파로 배열의 양끝에 위치한 총 4가지 검출기 배열, 그리고 라이트 펜으로 구성된다. 여기서 라이트 펜은 자체 광원을 내장하고 있는 펜 모양의 광원을 의미하며, 펜 끝을 통해 광속을 방출한다.

일반적인 터치 패널 장치와는 달리, 본 연구에서 제안하는 광학식 터치 패널 장치는 라이트 펜과 터치 패널 장치의 광 결합을 통해 라이트 펜의 접촉 여부와 접촉 위치를 검출한다. 이를 위해 라이트 펜으로부터 방출된 광속은 광 도파로 배열 중에서 접촉 부분 근방에 존재하는 하나 이상의 광 도파로 속으로 광 결합 되어야 하며, 결합된 광속은 광 도파로를 따라 도파되어야 한다. 이러한 장치에서 라이트 펜의 접촉 여부는 검출기에서 검출되는 광속의 파워 변화를 통해 파악할 수 있고, 라이트 펜의 접촉 위치는 광속을 검출한 검출기의 위치로부터 파악할 수 있다. 또한 두 가지 광 도파로 배열을 서로 수직하게 배치하고 4가지 검출기 배열을 활용함으로써 접촉 위치를 2차원적으로 좌표화할 수 있다. 즉, 광 도파로 배열로 결합된 광속이 광 도파로 배열의 양끝에 위치한 검출기까지 전파되면 식 (1)과 (2)를 이용하여 라이트 펜이 접촉한 위치의 좌표(x, y)를 결정할 수 있게 된다.

$$x \text{ 좌표} = \text{AVG}\{\text{PeakPos} (A), \text{PeakPos} (B)\} \quad (1)$$

$$y \text{ 좌표} = \text{AVG}\{\text{PeakPos} (C), \text{PeakPos} (D)\} \quad (2)$$

여기서 PeakPos(A)는 그림 1에서 receiver array A로 표시된 검출기 배열 중에서 최대 파워가 검출된 검출기의 위치를

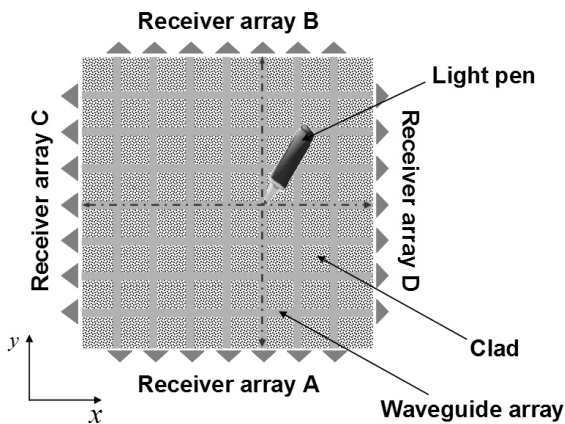


Fig. 1. Schematic diagram of the proposed optical touch panel device which is composed of light pen, perpendicularly crossed optical waveguide arrays, and four receiver arrays.

의미하며, AVG{}는 검출기 위치의 평균값을 의미한다.

예를 들어, 세로 방향으로 배열된 광 도파로 배열 중에서 왼쪽으로부터 5번째 광 도파로에 라이트 펜의 광속이 결합되었다면, 검출기 배열 A의 5번째 검출기뿐만 아니라 반대편에 배치된 검출기 배열 B의 5번째 검출기에서도 광속이 검출될 것이다. 따라서 위치 인식의 정확성을 높이기 위해서 PeakPos(A)와 PeakPos(B)의 결과를 평균화하는 것이 유리할 것이다. 한편, 같은 원리에 의해 y 축 좌표는 가로 방향으로 배열된 광 도파로 및 그 양단의 검출기 배열 C, D로부터 결정할 수 있다. 이러한 원리로부터 제안하는 터치 패널 장치의 공간 분해능은 광 도파로 사이의 간격에 의해 주어짐을 알 수 있다.

본 연구에서 제안하는 광학식 터치 패널 장치를 구현하기 위해서는 라이트 펜과 광 도파로 배열 간의 광 결합 효율을 최대화하고, 동시에 특정 광 도파로로 결합된 광속이 검출기까지 전파할 수 있도록 해야 한다. 도파 이론에 따르면 도파로의 클래드(clad) 영역으로부터 입사된 광속은 도파로 코어(core) 속으로 결합될 수 없다.^[9] 그러나, LCD 장치의 back light unit(BLU)와 같이 도파로 내를 전파하고 있는 광속을 도파로 바깥으로 산란하는 구조를 원용하면 클래드 영역으로부터 입사되는 광속을 도파로 코어로 결합하는 방안을 찾을 수 있다.

그림 2는 라이트 펜에서 방출된 광속과 광 도파로의 광 결합 여부를 보여주는 일 예이다. 그림 2의 왼쪽처럼 특수 산란 구조가 코어 내부에 존재하지 않는 경우에는 라이트 펜에서 방출된 광속이 광 도파로 내로 결합되지 못하지만, 오른쪽 그림처럼 특수한 산란 구조가 코어 내에 있는 경우는 산란 구조에 의해 산란된 광속이 부분적으로 광 도파로 코어 내로 결합됨을 보여준다. 본 연구에서는 특수 산란 구조로서 내부가 공기로 되어 있는 피라미드 구조를 제안한다. 피라미드 구조의 내부가 공기로 채워진 경우, 코어와의 굴절률 차이가 커지므로 입사된 광속이 더 많이 산란되어 광 도파로 코어로 결합되는 비율이 높아질 것이다. 수직하게 교차하는 두 가지 광 도파로 배열의 교차점 각각에 이러한 산란 구조를 배치함으로써 입사된 광속의 일부가 가로 방향 및 세로 방향의 광 도파로 코어 속으로 광 결합될 수 있도록 하였다.

그림 3은 제안하는 터치 패널 장치의 내부 단면도이며, 코어 영역 중에서 짙게 표시된 부분은 수직한 두 광 도파로의

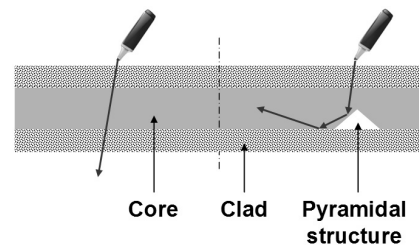


Fig. 2. Efficient optical coupling of the external light with a waveguide by the help of an internal coupling structure (right), and passing of the light through a waveguide without any internal structures (left).

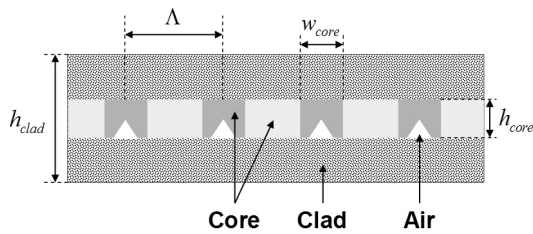


Fig. 3. Cross-section of the proposed optical touch panel device.

코어 교차 영역에 해당하며, 이러한 교차 영역에는 내부가 공기인 피라미드 구조가 배치되어 있다. 그림 3에서 h_{core} , h_{clad} 는 각각 코어, 클래드의 두께이고, w_{core} 는 코어의 폭, Λ 는 광도파로의 주기 즉, 광도파로의 배치 간격이다. 그림 3에 표시하지는 않았지만, 코어의 끝부분에는 검출기 배열이 위치하며 아래 클래드의 하층부는 디스플레이 패널 바로 위에 놓인다.

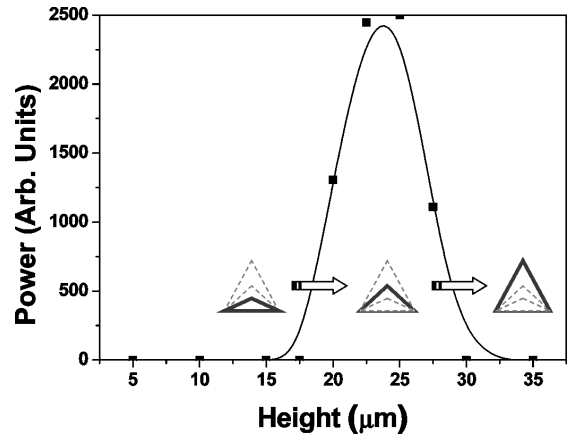
그림 3에서처럼 광도파로의 모든 교차점에 피라미드 구조를 배치함으로써, 라이트 펜의 접촉 위치에 관계없이 입사광속을 효율적으로 광도파로 코어로 광결합시킬 수 있다. 그러나, 광결합된 광속이 광도파로를 따라 전파하는 상황에서는 교차점에 배치된 피라미드 구조들은 전파 손실을 일으키는 요인으로 작용하게 된다. 따라서 광결합을 효과적으로 이루면서 동시에 전파 손실을 크게 증가시키지 않는 최적 형태의 피라미드 구조가 설계되어야 한다.

III. 터치 패널 장치의 최적 구조 설계

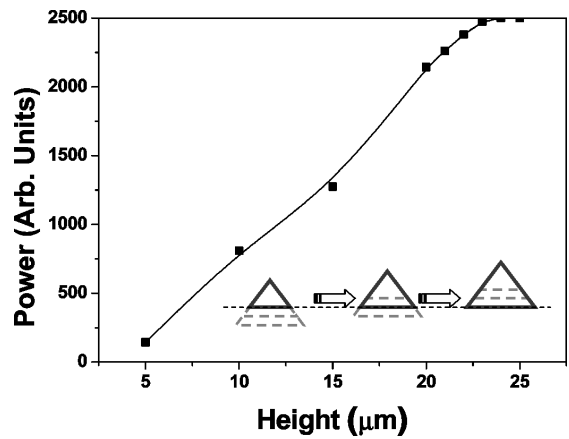
전술한 바와 같이, 제안하는 터치 패널 장치를 구현하기 위해서는 광결합 효율을 높이고, 전파 손실을 낮추어야 한다. 따라서 라이트 펜과 광도파로 간의 광결합 효율을 높이고, 동시에 광도파로의 전파 손실을 최소화시킬 수 있는 피라미드의 최적 구조를 결정해야 한다.

그림 3과 같은 광도파로 구조에서 코어와 클래드의 굴절률이 각각 1.47, 1.45이고, 클래드의 두께(h_{clad})와 코어 단면의 크기($w_{core} \times h_{core}$)를 각각 $200 \mu\text{m}$, $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ 로 설정하였다. 광도파로 배열이 수직 교차하는 코어 영역의 교차점에 삽입된 피라미드 구조 내부는 공기이므로 코어와의 굴절률 차로 인해 피라미드 구조의 경사면에서 반사율은 높아질 수 있다. 라이트 펜은 피라미드 구조 위쪽 클래드 영역 밖에 위치하며, 클래드 윗면과 라이트 펜의 간격은 $50 \mu\text{m}$ 이고, 라이트 펜에서 출력되는 광속의 발산각은 10° 라고 가정하였다.

먼저 광결합 효율을 높이기 위한 피라미드 구조를 결정하기 위해, 그림 4(a)에 삽입된 그림처럼 피라미드 밑변의 폭을 $50 \mu\text{m}$ 으로 고정시킨 상태에서 높이를 증가시키며 광도파로로 결합된 광속의 파워를 광선 추적법으로 조사하였다. 그림 4(a)로부터 피라미드 구조의 높이가 $20 \sim 27.5 \mu\text{m}$ 일 때, 높은 광결합 효율을 얻을 수 있었다. 피라미드의 높이가 $25 \mu\text{m}$ 인 경우 경사면의 경사각은 45° 에 해당된다. 다음으로 피라미드의 경사각을 45° 로 고정할 채, 그림 4(b)에 삽입된 그림처럼 밑변과 높이를 동시에 증가시키면서 광도파로로 결합



(a)



(b)

Fig. 4. Variation of coupling power to the height of an internal pyramidal structure with (a) the fixed bottom side and (b) the fixed slop angle.

된 광속의 파워를 조사하였다. 그림 4(b)에서 피라미드 높이가 높아짐에 따라 광결합 효율이 높아짐을 알 수 있다. 따라서 라이트 펜의 광속을 광도파로로 광결합시키기 위한 최적의 피라미드 구조는 밑변의 폭이 $50 \mu\text{m}$ 이고, 높이가 $20 \sim 27.5 \mu\text{m}$ 임을 알 수 있었다.

두 번째로 전파 손실을 최소화하는 피라미드 구조를 결정하기 위해 앞서 결정된 광결합 효율이 높은 피라미드 구조를 모든 교차 영역에 배치하였다. 그림 5는 피라미드 구조 10개를 $500 \mu\text{m}$ 간격의 광도파로 교차점에 각각 배치하고, 각 교차점을 통과함에 따른 광속 파워의 변화를 정리한 것이다. 그림 5에서 내부 전파 길이가 1일 때의 파워는 라이트 펜에서 방출된 광속이 해당 피라미드 구조에 의해 얼마나 잘 광결합되었는지를 의미한다. 그림 5에 표시된 여러 구조에 대한 결과로부터 라이트 펜과 광도파로의 광결합 효율이 가장 우수했던 피라미드 구조(높이가 $25 \mu\text{m}$)의 경우, 최대로 결합되었던 광속이 광도파로를 따라 배치된 동일 피라미드 구조에 의해 가장 급격하게 감소함을 알 수 있다. 반면 높이가 $22.5 \mu\text{m}$ 인 경우에는 광결합 효율도 우수하며 전파 손실이 최소가 됨을 알 수 있다. 따라서 최적의 피라미드 구조는

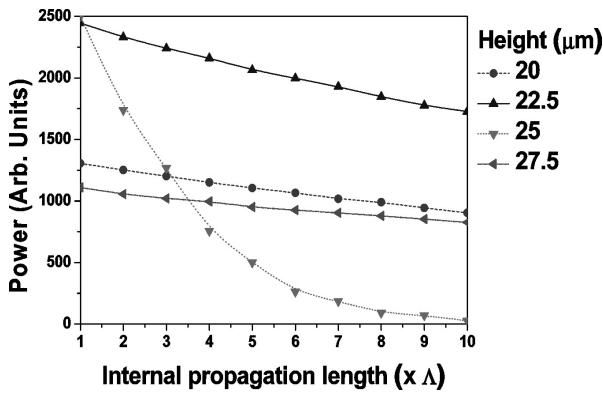


Fig. 5. Decrease of the power coupled to a waveguide with passing intersecting points, when the internal coupling structures are periodically located at every intersecting point of the waveguide. Δ is the period of the intersecting point.

밀변의 폭, 높이, 경사각이 각각 50 μm , 22.5 μm , 42°인 구조로 결정하였다. 이때 광 결합 효율은 약 97.8%이며, 평균 전파손실은 0.3 dB/mm이었다.

IV. 전산모사 결과 및 논의

11개의 광 도파로들이 서로 수직으로 교차하고, 교차 영역에는 3장에서 결정된 최적의 피라미드 구조가 포함된 터치 패널 장치를 설계하였으며, 그 형태를 그림 6에 나타내었다. 디스플레이 패널에서 여러 가지 아이콘이 표시되고 있으며, 라이트 펜으로 (2,7)의 위치에 있는 아이콘을 접촉하는 상황을 가정해 보자. 라이트 펜으로부터 출력된 광속이 해당하는 교차점에 배치된 피라미드 구조에 의해 광 도파로에 광 결합될 것이며, 이때 4가지 검출기 배열에 있는 검출기들이 검출한 광속의 파워 분포는 그림 7과 같다. 그림 7(a)는 receiver arrays A와 B에서 검출된 광속의 파워 분포를 나타내며, PeakPos

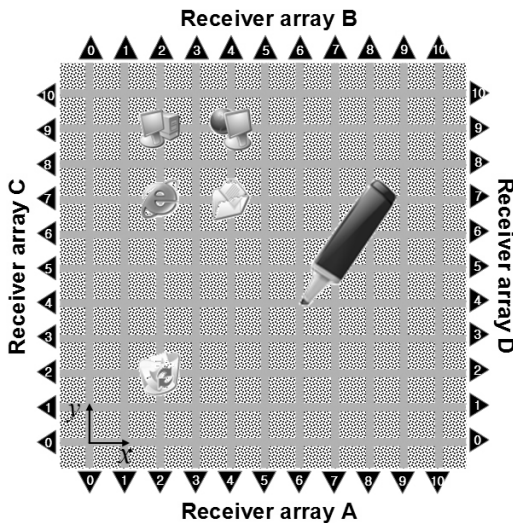


Fig. 6. Schematic diagram of the optical touch panel device with 11×11 optical waveguides.

(A)와 PeakPos(B)는 모두 2가 되므로 x 좌표는 식 (1)로부터 2임을 알 수 있다. 같은 방식으로 그림 7(b)의 receiver arrays C와 D에서 검출된 광속의 파워 분포로부터 y 좌표는 7임을 알 수 있다. 따라서 라이트 펜이 접촉한 위치는 (2, 7)이라고 결정할 수 있다.

터치 패널의 해상도 측면에서 광 도파로 배열의 배치 간격을 좁히는 것이 유리하지만, 동일 길이의 광 도파로 내에 교차 영역이 많아져 전파 손실이 크게 증가할 것이다. 즉, 검출기의 검출 신호가 약화되므로, 라이트 펜의 출력 파워를 높이거나 위치 검출 알고리즘의 개선이 필요하게 될 것이다.

한편, 라이트 펜을 잡는 자세는 사용자마다 다를 수 있다. 따라서, 라이트 펜의 기울어짐에 따른 광 결합 효율 변화를 분석하여 그 허용 범위를 파악할 필요가 있다. 그림 8과 같이 라이트 펜이 터치 패널 장치에 수직인 경우, 즉 z 축과 나란한 경우를 기준으로 라이트 펜의 기울어짐 각도 θ 를 정의하였다. 그림 9(a)는 라이트 펜이 (2, 7)의 위치에서 +y축으로 기울어짐에 따라 각 검출기에 도달하는 광속의 파워를 의

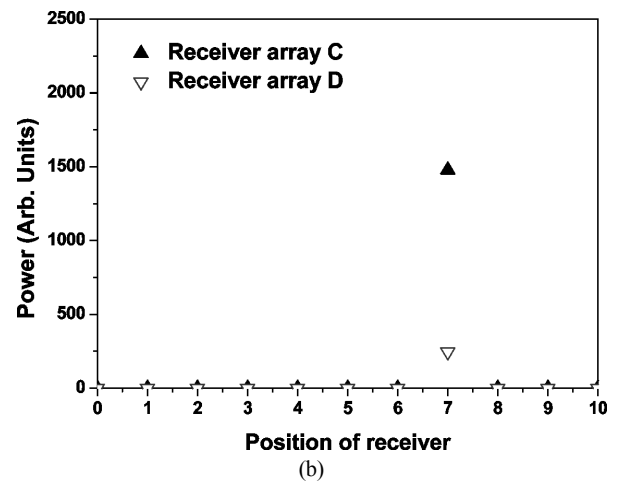
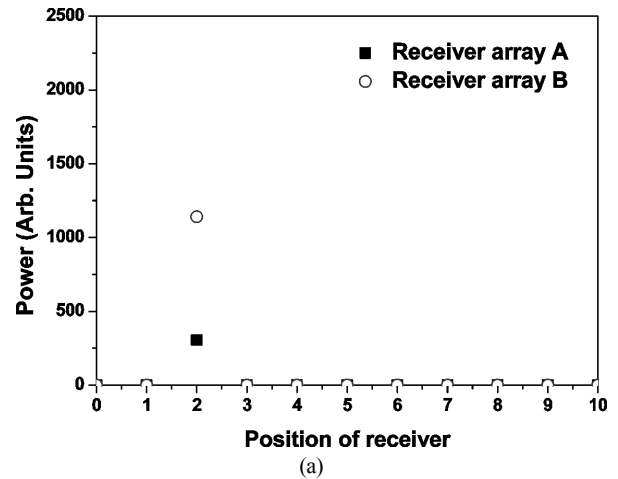


Fig. 7. Distribution of optical power detected by (a) receiver arrays A and B, and (b) receiver arrays C and D, when the light pen is contacted with the position (2, 7) of the touch panel device.

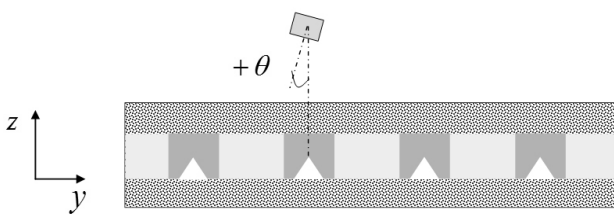
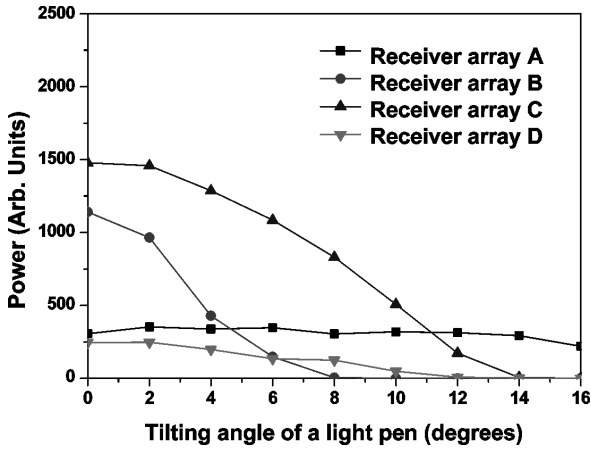
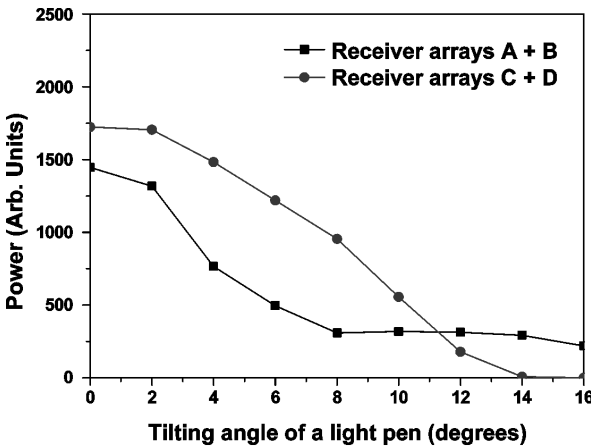


Fig. 8. Defining the tilting angle θ of the light pen tilted with respect to z axis (the surface normal) of an optical touch panel device.



(a)



(b)

Fig. 9. Variation of optical powers detected by 4 receiver arrays to the tilting angle (a), and variation of the total power detected by two vertical receiver arrays A and B, and two horizontal receiver arrays C and D, respectively.

미한다. 라이트 펜이 +y축으로 기울어짐에 따라 +y축 쪽에 위치한 receiver array B에서 검출되는 광속의 파워가 급격히 감소함을 알 수 있고, 기울어짐 각도가 8° 이상이 되면 광속이 전혀 검출되지 않음을 알 수 있다. 그림 9(b)는 receiver arrays A와 B 그리고 receiver arrays C와 D에서 검출된 광속의 파워를 각각 더한 결과이다. 라이트 펜이 기울어짐에 따라 기울어진 쪽에 위치한 검출기로 광속이 도달하지 못하는 경우가 발생하지만, 반대편에 위치한 검출기에서는 광속을

검출하므로 기울어짐에 따른 검출 신호의 약화 문제를 보완할 수 있다. 즉, 서로 마주 보는 검출기 배열에서 검출된 광속의 파워를 더하고, 최대값을 갖는 검출기의 위치를 결정함으로써 라이트 펜이 터치 패널 장치에 접촉한 위치를 결정할 수 있다. 이렇게 함으로써 라이트 펜의 기울어짐에 대한 허용치를 $\pm 12^\circ$ 까지 확장할 수 있을 것이다.

V. 결 론

본 연구에서는 광원 역할을 하는 라이트 펜과 함께 동작하는 광 도파로 기반의 광학식 터치 패널 장치를 제안하였으며, 라이트 펜과 터치 패널 장치의 광 결합을 통해 라이트 펜의 접촉 여부와 접촉 위치를 검출하게 된다. 라이트 펜과 광 도파로 배열 간의 광 결합 효율을 최대화하고, 광 도파로로 결합된 광속이 검출기까지 적은 손실을 갖고 전파할 수 있도록 광 도파로의 교차점에 피라미드 구조를 삽입하는 방식을 적용하였다.

광 도파로 단면의 크기가 $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ 인 경우 광선 추적법을 이용하여 결정된 최적의 피라미드 구조는 밑변의 폭, 높이, 경사각이 각각 $50 \mu\text{m}$, $22.5 \mu\text{m}$, 42° 인 구조이었으며, 이때 광 결합 효율은 약 97.8%, 전파손실은 평균적으로 0.3 dB/mm이었다. 그리고 라이트 펜의 기울어짐에 대한 영향을 분석하여 그 허용치가 $\pm 12^\circ$ 임을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 집적형 광자기술 연구센터(R11-2003-022)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] 최재호, “터치스크린 산업동향,” 전자정보센터, 2008.
- [2] 권지인, 임순옥, “터치스크린 패널 시장 현황 및 국내 업체에 대한 시사점,” *정보통신정책*, 제20권, 13호, pp. 1-16, 2008.
- [3] L. R. Kasday, “Touch position sensitive surface,” U. S. Patent 4484179, 1984.
- [4] IMEC News, “IMEC paves the way towards optical sensing foils,” 2008.10.07, <http://www.imec.be/>.
- [5] 박대서, 김대중, 오범환, 박세근, 이일항, 이승걸, “사각뿔 구조를 이용한 light pen 터치스크린 패널의 설계,” *Photonics Conference 2008*, Paper no. T2C-4, 2008.
- [6] 이승걸, 박대서, 김대중, “터치 스크린 장치{Touch Screen Device},” 대한민국, 10-2009-0019397, 2009.
- [7] LightTools[®], Optical Research Associates (ORA[®]), <http://www.opticalres.com/>.
- [8] 염준철, 박대서, 김영석, 김대찬, 박세근, 오범환, 이일항, 이승걸, “제작 공정 오차를 고려한 연성 광 PCB용 Optical Wire의 손실특성 분석,” *한국광학회지*, 제19권, 4호, pp. 255-261, 2008.
- [9] 김창민, *도파 및 집적광학* (Ohm사, 서울, 1999), pp. 341-427.

Design of Internal Coupling Structure for Touch Panel Devices Using Optical Coupling of a Pen-Shaped Light Source with Optical Waveguides

Dae-Seo Park, Dae-Jong Kim, Beom-Hoan O, Se-Geun Park, El-Hang Lee, and Seung Gol Lee[†]

School of Information and Communication Engineering, Inha University, 253 Yonghyun-Dong, Nam-Gu, Incheon 402-751, Korea

[†]*E-mail: sglee@inha.ac.kr*

(Received March 10, 2009; Accepted April 14, 2009)

In this paper, an optical touch panel device is newly proposed, with operating principle based on the optical coupling between a pointing pen having a built-in light source and perpendicularly crossed optical waveguide arrays. In order to enable an external light to couple into a waveguide core, the auxiliary pyramidal structures are introduced into all intersecting points located periodically along optical waveguides. The shape is optimized for minimizing the unwanted propagation loss due to the same structure by a ray tracing method. For the optical waveguide with the size of $50 \times 50 \mu\text{m}^2$, the bottom width, height, and slope angle of the optimized pyramidal structure are $50 \mu\text{m}$, $22.5 \mu\text{m}$, and 42° , respectively. The optical coupling efficiency of about 97.8% and the average propagation loss of 0.3 dB/mm were achieved for the optimized touch panel. Finally, it is found from the tolerance analysis that tilting of the pen up to $\pm 12^\circ$ can be allowed.

OCIS codes: (230.0230) Optical devices; (230.7370) Waveguides; (250.5460) Polymer waveguides-fibers; (260.6970) Total internal reflection.